

S4

**INGENIERIA GEOTECNICA
PARA EL ANALISIS DE TERREMOTO**

*“Plan básico de prevención de desastres en Caracas, –
base para las medidas de prevención.”*

Michael Schmitz

ESTUDIO SOBRE
EL PLAN BASICO DE PREVENCION DE DESASTRES
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S4

INGENIERIA GEOTECNICA PARA EL ANALISIS DE TERREMOTO

CONTENIDO

CAPITULO 1. RECOPIACION DE DATOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

1. 1 Información Geológica y Geomorfológica -----S4-1
1. 2 Datos Geotécnicos -----S4-1
1. 3 Datos de Investigación Geofísica -----S4-1

CAPITULO 2. DESARROLLO DEL MODELO DE SUELO

2. 1 Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de la Amplificación de la
Fuerza Sísmica -----S4-6
2. 2 Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de Licuación -----S4-10

CAPITULO 3. SUSCEPTIBILIDAD DE LICUACION ESTIMADA

S4

LISTA DE TABLAS

Tabla S4-1.1.1	Recolección de Información Geológica y Geomorfológica-----	S4-1
Tabla S4-1.2.1	Recolección de Datos de Perforación-----	S4-2
Tabla S4-1.2.2	Recolección de Datos de Suelo para Pruebas de Laboratorio -----	S4-2
Tabla S4-1.2.3	Recolección de Datos de Agua Subterránea -----	S4-3
Tabla S4-1.3.1	Recopilación de los Datos del Estudio de Refracción Sísmica -----	S4-3
Tabla S4-1.3.2	Recolección de Datos del Estudio Gravimétrico -----	S4-3
Tabla S4-1.3.3	Recolección de Datos del Estudio de Períodos Predominantes -----	S4-4
Tabla S4-1.3.4	Recolección de Datos del Estudio del Registro PS -----	S4-4
Tabla S4-1.3.5	Recolección de Estudios Existentes sobre Simulación de la Amplificación-----	S4-5
Tabla S4-1.3.6	Recolección de Datos de Fenómenos de Licuación y de la Relación Empírica entre el Sitio Licuado más Lejano y los Datos de la Magnitud del Terremoto -----	S4-5
Tabla S4-2.1.1	Densidades del Suelo y Rocas -----	S4-11
Tabla S4-3.1.1	Susceptibilidad a la Licuación por el Método PL -----	S4-19

LISTA DE FIGURAS

Figura S4-2.1.1	Bosquejo del Desarrollo del Modelo de Suelo para Amplificación de Fuerzas Sísmicas-----	S4-12
Figura S4-2.1.2	Diagrama de Flujo del Desarrollo del Modelo de Suelo para Amplificación de Fuerzas Sísmicas-----	S4-13
Figura S4-2.1.3	Grado de Compactación de Rellenos -----	S4-14
Figura S4-2.1.4	Relación entre Vs y Número de Golpes de SPT-----	S4-14
Figura S4-2.1.5	Módulo de Corte Normalizado -----	S4-15
Figura S4-2.1.6	Factores de Descarga -----	S4-15
Figura S4-2.2.1	Diagrama de Flujo para el Cálculo de la Susceptibilidad a la Licuación -----	S4-16
Figura S4-3.1.1	Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de 1967 -----	S4-20
Figura S4-3.1.2	Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de 1812 -----	S4-20
Figura S4-3.1.3	Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de 1878 -----	S4-21
Figura S4-3.1.4	Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de Hipotético de la Falla del Ávila -----	S4-21

S-4 INGENIERÍA GEOTÉCNICA PARA EL ANÁLISIS DE TERREMOTOS

CAPÍTULO 1. RECOPIACIÓN DE DATOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

1.1 Información Geológica y Geomorfológica

Se recopiló la información geológica y geomorfológica que se muestra en la Tabla S4-1.1.1.

1.2 Datos Geotécnicos

La información geotécnica recopilada se muestra de la Tabla S4-1.2.1 a la Tabla S4-1.2.3.

1.3 Datos de Investigación Geofísica

Se recopilaron los datos de investigación geofísica que se muestran de la Tabla S-4.1.3.1 a la Tabla S4-1.3.6.

Tabla S4-1.1.1 Recolección de Información Geológica y Geomorfológica

Actividad A	Recolectar la información geológica y geomorfológica
A-1	Recolectar los mapas geológicos y geomorfológicos
<u>Objetivo:</u> Entender con facilidad la distribución y estructura del suelo y rocas sub-superficiales. Distinguir el área susceptible de licuación.	
<u>Resultados:</u> Dos contribuciones principales sobre la geomorfología en el valle de Caracas. El trabajo del Dr. Singer (1977) ¹⁾ implementado especialmente en la parte nordeste del valle. El trabajo del Dr. Matsuda (2001) ²⁾ implementado en el área urbanizada del valle de Caracas. Asimismo, el mapa elaborado por López V. (1948) que muestra la dirección del movimiento del sedimento y su distribución en el depósito aluvial del valle de Caracas.	

Tabla S4-1.2.1 Recolección de Datos de Perforación

Actividad B	Recolectar Datos Geotécnicos
B-1	Recolectar datos de perforación
<p><u>Objetivo:</u> Conocer el perfil del suelo y las propiedades del área de estudio para estudiar las amenazas sísmicas. Características de la amplificación de la fuerza sísmica y del fenómeno de licuación.</p>	
<p><u>Resultados:</u> Proyecto para construir la base de datos de perforación. El proyecto comenzó en el 2002, bajo el auspicio del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. (FONACIT). Aún no se ha terminado. Sin embargo, se seleccionaron cerca de 287 datos de perforación de la base de datos del área urbanizada del valle de Caracas. (Se dividió el área de estudio en cuadrículas con superficies de 500m x 500m para evaluar peligros sísmicos. FUNVISIS ha recogido información de pozos para precisar la profundidad de la roca base.)</p> <p>Perfiles del suelo publicados como resultado de la investigación del suelo para la construcción del Metro. A petición del Equipo de Estudio el Metro ha proporcionado informes de investigación referentes al suelo.</p>	

Tabla S4-1.2.2 Recolección de Datos de Suelo para Pruebas de Laboratorio

Actividad B	Recolectar Datos Geotécnicos
B-2	Recolectar datos del suelo para pruebas de laboratorio
<p><u>Objetivo:</u> Construir un modelo geotécnico del depósito sedimentario del área de estudio para simular la amplificación de la fuerza sísmica. Cuantificar la susceptibilidad de licuación. Se necesitan datos estadísticos y pruebas dinámicas del suelo según se indica a continuación: * Para simular la amplificación de la fuerza sísmica Densidad del suelo mojado (Densidad Mojada), el Módulo de Corte (curva dependiente de la deformación), el Factor de Descarga (curva dependiente de la deformación) para cada capa del sedimento y de las rocas meteorizadas. * Para evaluar en detalle la susceptibilidad de licuación Diámetro medio del grano, 10 % del diámetro del grano y contenido fino en las curvas de la distribución de tamaño del grano, Índice Plástico.</p>	
<p><u>Resultados:</u> Los datos que fueron recopilados se muestran a continuación: * Simulación de la amplificación de la fuerza sísmica: Se recopilaron datos de las pruebas de laboratorio de los informes correspondientes a las investigaciones de suelo del Metro. Sin embargo, no encontramos suficiente información referente a la Densidad del suelo mojado, Módulo de corte y Factor de descarga. * Evaluación detallada de la susceptibilidad de licuación: Se recopilaron datos de las pruebas de laboratorio y los datos de las perforaciones de pozos de los informes correspondientes a la investigación del suelo para el diseño y construcción del Metro. Asimismo, se obtuvo el trabajo de A. C. Alicia et al (1984)⁴⁾ que aclara las propiedades mecánicas del suelo de la parte superior del depósito sedimentario en el Valle de Caracas.</p>	

Tabla S4-1.2.3 Recolección de Datos de Agua Subterránea

Actividad B	Recolección de Datos Geotécnicos
B-3	Recolectar el mapa de contorno del nivel freático
<p><u>Objetivo:</u> Conocer la susceptibilidad a la licuación del depósito sedimentario en el área de estudio</p>	
<p><u>Resultados:</u> Se elaboraron varios mapas de contorno del nivel freático alrededor del año 1950. En aquella época, el nivel del agua subterránea había comenzado a declinar en algunas partes del valle de Caracas.</p> <p>El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) instaló 80 pozos para la observación del nivel freático en el valle de Caracas para el año 1996, y los datos de la observación, incluyendo información de Hidrocapital. Los datos se encuentran guardados en formato digital y se utiliza en la aplicación MOD-FLOW. Sin embargo, este trabajo de observación ha estado inactivo durante los últimos años, como consecuencia de la racionalización de fondos.</p> <p>Se obtuvo un mapa de contorno de aguas subterráneas, elaborado el 1 de octubre de 2001, por el MARN</p>	

Tabla S4-1.3.1 Recopilación de los Datos del Estudio de Refracción Sísmica

Actividad C	Recolección de los Datos de Investigación Geofísica
C-1	Recolectar datos del estudio de refracción sísmica
<p><u>Objetivo:</u> 1) Conocer la distribución del nivel de la roca base 2) Conocer el perfil simplificado de la velocidad de la Onda-S de las capas de sedimento sobre la roca base</p>	
<p><u>Resultados:</u> Un estudio sobre la refracción sísmica en el valle de Caracas fue implementado por Weston Geographical Engineers International, Inc. (1969)⁵⁾ para conocer el grosor del depósito sedimentario del valle y para obtener un mapa generalizado de contornos del lecho de roca.</p> <p>El esfuerzo por mejorar el mapa de contornos del lecho de roca ha continuado, y el mapa está siendo mejorado por FUNVISIS (Kantak, (2001), Sanchez et.al, (2002), and Schmitz etal, (2003)) año tras año.</p>	

Tabla S4-1.3.2 Recolección de Datos del Estudio Gravimétrico

Actividad C	Recolección de los Datos de la Investigación Geofísica
C-2	Recolectar datos del estudio gravimétrico
<p><u>Objetivo:</u> Conocer la distribución del nivel de la roca base</p>	
<p><u>Resultados:</u> Un estudio gravimétrico en Los Palos Grandes fue implementado y forma parte del proyecto de micro zonificación sísmica de la ciudad de Caracas, apoyado por FUNVISIS. El resultado del estudio fue divulgado por Sánchez et. al. (2001)</p>	

Tabla S4-1.3.3 Recolección de Datos del Estudio de Períodos Predominantes

Actividad C	Recolección de los Datos de la Investigación Geofísica
C-3	Recolección de datos del estudio de períodos predominantes (Mediciones de Micro Temblores)
<p><u>Objetivo:</u> Conocer los períodos predominantes y la amplificación relativa de los depósitos sedimentarios</p>	
<p><u>Resultados:</u></p> <p>En el valle de Caracas, las mediciones de micro temblores fueron conducidas sistemáticamente⁷⁾. En la primera etapa, la medición fue realizada en un intervalo de 500m. FUNVISIS está realizando la medición a un intervalo de 250m</p> <p>Los datos fueron analizados utilizando el cociente del espectro H/V o el método de Nakamura: Una relación aproximada fue obtenida para el grosor sedimentario y el período predominante asociado, como se evidencia en los dos basamentos más importantes, en San Bernardino y Los Palos Grandes. Los períodos obtenidos varían entre 0,1 y 2,1 segundos, mientras que la amplificación relativa presentó un factor entre 4 y 6 veces como valor medio para Caracas.</p> <p>Se han obtenido resultados básicos de las mediciones de micro-temblores realizadas por FUNVISIS con formato de SIG y de datos del espectro H/V del profesor Enomoto con formato de texto digital.</p>	

Tabla S4-1.3.4 Recolección de Datos del Estudio del Registro PS

Actividad C	Recolección de los Datos de la Investigación Geofísica
C-5	Recolectar datos de la velocidad de la Onda-S
<p><u>Objetivo:</u> Conocer la velocidad de la Onda-S para depósitos sedimentarios y rocas.</p>	
<p><u>Resultados:</u></p> <p>Las velocidades promedio de la Onda-S para las capas superficiales fueron publicadas en el informe escrito por Weston Geophysical Engineers International, Inc. mencionado previamente. El método de medición utilizado fue el de refracción</p> <p>Estudios sobre el Registro PS han sido implementados por FUNVISIS (Campos et al., 2004) a lo largo de la línea del Metro. Sin embargo, el número de estudios es actualmente limitado.</p>	

Tabla S4-1.3.5 Recolección de Estudios Existentes sobre Simulación de la Amplificación

Actividad D	Recolección de Estudios Existentes sobre Simulación de la Amplificación
D-1	Recolectar estudios existentes sobre simulación de la amplificación
<p><u>Objetivo:</u> Estudiar el resultado de la simulación Conocer qué clase de propiedades dinámicas del suelo se utilizaron como referencia para la construcción del modelo de simulación</p>	
<p><u>Resultados:</u></p> <p>Seed, Idriss y Dezfulian estudiaron las relaciones entre el suelo y el daño a edificios en el terremoto de Caracas del 29 de julio de 1967. En este trabajo⁸⁾, se realizaron simulaciones del movimiento del suelo en una y dos dimensiones</p> <p>Actualmente, FUNVISIS está estudiando la simulación del movimiento del suelo en dos dimensiones</p>	

Tabla S4-1.3.6 Recolección de Datos de Fenómenos de Licuación y de la Relación Empírica entre el Sitio Licuado más Lejano y los Datos de la Magnitud del Terremoto

Actividad E	Recolección de la información sobre fenómenos de licuación y de la relación empírica entre el sitio licuado más lejano y la magnitud del terremoto
E-1	Recolectar información sobre fenómenos de licuación y de la relación empírica entre el sitio licuado más lejano y la magnitud del terremoto
<p><u>Objetivo:</u> Tener conocimiento sobre el hecho histórico de licuación en el valle de Caracas Conocer la relación empírica entre el sitio licuado más lejano y la magnitud del terremoto</p>	
<p><u>Resultados:</u></p> <p>Fenómenos de licuación existentes El estudio realizado por Acosta Luis y De Santis Feliziani⁹⁾, sobre los terremotos históricos ocurridos a partir desde 1530 hasta 1997, resume las ocurrencias de los fenómenos de licuación. Según este documento, no existe reporte que demuestre la ocurrencia de licuación en el valle de Caracas.</p> <p>Relación empírica entre el sitio licuado más lejano y la magnitud del terremoto Un trabajo realizado por Luz M. Rodríguez y otros¹⁰⁾ estudia los terremotos históricos y la licuación que han ocurrido o pudieron haber sucedido, del cual se obtiene una ecuación que demuestra la relación empírica entre el sitio licuado más lejano y la magnitud del terremoto. $M = 1,0739\ln(D) + 1,5722$ Donde, M: magnitud del terremoto D: distancia al sitio licuado más lejano del epicentro (en kilómetros)</p>	

CAPÍTULO 2. DESARROLLO DEL MODELO DE SUELO

En el Capítulo 1 se describieron los resultados de la recolección de datos. En esta sección, primero se describen los puntos claves de la condición existente, clarificados por los datos recopilados, y luego se explica el método para desarrollar el modelo de suelo a partir de estos datos.

2.1 Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de la Amplificación de la Fuerza Sísmica

- 1) Resumen de la información para desarrollar el 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” para el análisis de la amplificación de la fuerza sísmica. El análisis requiere datos geotécnicos como los de las velocidades de la onda-S y su distribución en las capas, las densidades y el módulo de corte y los factores de descarga para cada capa.

Se resumen los puntos claves de las condiciones existentes sobre los datos geotécnicos necesarios para áreas planas y áreas de colinas/montañas respectivamente, como se indica a continuación.

a) Área Plana (área de depósito sedimentario)

- La mayor profundidad de los datos recogidos de la perforación con información geotécnica es cerca de 30m, y la mayor parte tiene menos de 20m de profundidad.
- El grosor del depósito sedimentario en el valle de Caracas está descrito como un mapa de contrastes en el SIG de FUNVISIS.
- Las mediciones de micro temblores fueron realizadas a cada 500m de distancia por FUNVISIS y universidades Japonesas, y el mapa de sus velocidades promedio de la Onda-S se muestra en Schmitz et al, 2003. Estos datos cubren extensas áreas planas del valle de Caracas.

b) Área de Colinas/Montañosa

- Apenas existen algunos datos geotécnicos.
- Se obtuvo un pequeño número de medidas de micro temblores que cubren parte del área de estudio.

- 2) Método de Desarrollo del Modelo de Suelo

a) Área Plana (área de depósito sedimentario)

Se desarrolló el modelo de suelo utilizando lo más posible los datos de las curvas del espectro H/V y del grosor de las capas del depósito sedimentario para cada acoplamiento con espaciamiento de 500m. Después, se estimó por el método de prueba y error, usando el algoritmo de inversión genética, la estructura de velocidad de la onda S para cada malla que puede reproducir el espectro H/V obtenido por medidas de micro temblores.

En las primeras etapas de desarrollo del modelo de suelo se compararon modelos de una capa, dos capas y de múltiples capas entre sí.

El modelo de dos capas significa que éste divide el depósito sedimentario en una capa superior con velocidades de onda-S (V_s) menores de 400m/s y una capa inferior con V_s mayores de 400m/s. En el modelo se usa el valor de 400 m/s para diferenciar una capa superior de una capa inferior. Este valor es adaptado de estudios en Japón, el valor correspondiente en la norma COVENIN 1756-2001 es 500 m/s.

El modelo de múltiples capas significa que, en adición al modelo de dos capas, éste divide su capa inferior en múltiples capas.

Como resultado de haber comparado que tan bien se ajustaba cada modelo con los datos del espectro H/V, no se encontró diferencia entre el modelo de dos capas y el de múltiples capas, por lo cual el modelo de dos capas fue adoptado debido a su simplicidad

El diagrama de desarrollo del modelo de suelo para el análisis de la fuerza sísmica descrito arriba se presenta en la Figura S4-2.1.1 y la Figura S4-2-1.2.

Respecto al método para determinar las propiedades geotécnicas tales como la densidad, el módulo de corte y los factores de descarga, favor de referirse al punto 3) de esta sección.

b) Área de Colinas/Montañosa

El modelo de suelo fue estimado a partir de la información geológica sobre el estado de meteorización de las rocas y los datos del espectro H/V, por cuanto no existía información útil de perforación.

No se hizo distinción entre los suelos hechos por el hombre mediante corte y relleno y los suelos naturales, debido a la carencia de información geotécnica concreta. Este será uno de los aspectos importantes para la cuantificación de riesgo y peligro, por lo que esta

información deberá ser clarificada e incluida en futuros análisis por la contraparte venezolana.

La Figura S4-2.1.3 muestra la relación entre el espesor del relleno y el grado de compactación. Esta figura se elaboró a partir de la recolección de datos de la perforación, y sugiere que los rellenos menores de 10m tienen la tendencia de los suelos rellenos con densidades relativamente sueltas.

3) Método para determinar cada elemento del modelo de suelo

a) Densidad del Suelo y de las Rocas

Se dispone de información importante que se deriva del estudio de gravimetría¹ realizado en los Palos Grandes. El resultado del estudio demuestra que las densidades en el depósito sedimentario, en un espesor de alrededor de 340m, variaron de 1,8 g/cm³ a 2,4 g/cm³. Estos valores son similares o un poco mayores que los de los depósitos sedimentarios comunes en Japón. Por esta razón, adoptamos los valores presentados en la Tabla S4-3.1.7.(Japan Road Association, 2002). (Sanchez et al., 2001)

b) Velocidades (Vs) de Onda-S de la Capa Superior

Se determinaron las velocidades de onda-S de las capas superiores, aplicando los datos de perforación en cada celda del mallado y se aplicó una relación entre las velocidades de onda-S y el número de golpes de la prueba de penetración estándar. En el caso de la falta de datos de perforación en la celda de interés, básicamente se aplicaron los datos de perforación más cercanos en el mallado.

La relación aplicada es la siguiente;

$$V_s = 97 * N^{0.314}$$

Donde Vs: Velocidad de Onda de Corte (m/segundo)

N: Número de Golpes de la Prueba de Penetración Estándar

¹ 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.

Esta relación fue obtenida a partir de los datos de registro Penetración Estándar (PS) (Imai et al., 1977), en Japón. El número de datos usados es más de mil. Esperamos que en un futuro cercano, este tipo de relación se desarrolle y se analice para Venezuela.

La Figura S4-2.1.4 muestra la validez de aplicar esta relación al suelo de Caracas. Las velocidades de onda-S para los suelos subterráneos fueron obtenidas del estudio de refracción de Weston ENC. y el correspondiente promedio de los números de Golpes de SPT para suelos subterráneos son obtenidos de los datos de perforación existente, localizados cerca del sitio donde el estudio de refracción fue llevado a cabo.

c) Módulo de Corte y los Factores de Descarga

Se aplicaron relaciones no lineales del módulo de corte y los factores de descarga a las capas superiores ($V_s < 400\text{m/s}$) y una relación lineal a las capas inferiores ($V_s > 400\text{m/s}$) para simular comportamientos reales del movimiento del suelo durante terremotos.

Las relaciones² aplicadas se muestran en la Figura S4-2.1.5 y la Figura S4-2.1.6, y fueron desarrolladas en Japón (Imazu et al., 1986, Iwasaki et al., 1977a, Iwasaki et al., 1977b, Iwasaki et al., 1978), debido a que no pudimos encontrar tales relaciones en Venezuela. G_0 en la Figura S4-2.1.4 que quiere decir módulo de corte a un nivel de deformación g de 10^{-6} se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$G_0 = r/g \cdot V_s^2$$

Donde, r : densidad (g/cm^3)

g : constante gravitacional (m/seg^2)

V_s : velocidad de onda S (m/seg.)

Es bien sabido que la dependencia con respecto a la deformación del módulo de corte y del factor de descarga de materiales arenosos cambia de acuerdo a la presión de la sobrecarga. Por lo tanto, se prepararon diferentes relaciones de acuerdo a cada presión de sobrecarga, a cada 5m de profundidad, como se muestra en las Figuras S4-2.1.4 y S4-2.1.5.

² a) Strain dependency of deformation modulus and dumping of sand materials, por Iwasaki, Tatsuoka, Takagi, Conferencia Geotécnica (1977); b) Deformation modulus of undisturbed sampled clay, por Iwasaki, Tatsuoka, Yokota, Conferencia Geotécnica (1977); c) Dynamic deformation characteristics of gravel por Imazu and Fukutake Conferencia Geotécnica (1986)

2.2 Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de Licuación

No existe información acerca de la ocurrencia del fenómeno de licuación en el valle de Caracas. Sin embargo, no podemos negar la absoluta posibilidad de ocurrencia de este fenómeno, aunque el depósito sedimentario del valle de Caracas es bastante más duro que el de las áreas costeras. Por lo tanto, se decidió estimar como medida preventiva la susceptibilidad de licuación en el valle de Caracas.

- 1) Resumen de la información sobre las condiciones existentes para desarrollar el modelo de suelo para estimar la susceptibilidad de licuación.

Existen varios métodos para la cuantificación de la susceptibilidad de licuación en el mundo. Por ejemplo, se usan varios índices para el cálculo tales como el Número de Golpes de la Prueba de Penetración Estándar (N), el rango de la distribución del tamaño de partículas, contenido de partículas finas, índice de plasticidad, contenido de arcilla y nivel freático del agua. En el caso de Caracas, los valores de N de los depósitos sedimentario son generalmente altos desde la superficie. Por lo tanto, es mejor considerar la distribución del tamaño de la partícula para un cálculo más exacto.

A continuación se resumen los puntos claves en cuanto a las condiciones actuales de los datos geotécnicos necesarios.

- La base de datos de FONACIT (Feliziani, 2003) tiene la descripción geológica, los valores de N y la textura de la grava, la arena y el contenido de finos. No contiene la curva de distribución del tamaño de partículas correspondientes a cada valor de N.
- El informe acerca de la investigación del suelo de la construcción del Metro puede compensar parte de la deficiencia de información. Sin embargo, la localización de los datos está limitada a la cercanía de las líneas del Metro, y el número de pruebas de laboratorio por perforación es pequeño.
- Existe un trabajo que diferencia la distribución del tamaño de partícula de la sub-superficie del suelo y la tipifica por grupo regional.

- 2) Método de desarrollo del modelo de suelos para el cálculo de licuación basado en las condiciones existentes

Investigaciones existentes sobre el fenómeno de licuación en el mundo confirman la distribución de suelo licuable limitado a más o menos 20m de profundidad, y el nivel freático del agua está a menos de 10m de la superficie.

Tomando en cuenta los resultados de este estudio, hemos limitado nuestra área de estudio al cálculo de licuación a los acoplamientos, donde el nivel freático del agua se encuentra a menos de 10m de la superficie, usando los resultados de observación del MARN.

Además se utilizaron los datos de perforación y la curva de distribución de tamaño de partícula del informe de investigación de suelos del Metro, si estos están localizados en una celda del mallado. Cuando la celda del mallado no tiene ningún dato del Metro y hay otros datos localizados cerca en el mallado, se utilizan estos datos. Cuando no tenemos datos relacionados al Metro, se utiliza la base de datos de perforación del FONACIT y se aplican las curvas de distribución de tamaño de partícula tipificadas.

Los datos concretos aplicados en cada perforación son: Tipo de Suelo, Valor de N, Diámetro del Tamaño Promedio de los Granos, Tamaño del 10% de Granos, Contenido de Partículas Finas, Contenido de Arcilla, e Índice de Plasticidad.

El diagrama de flujo para el cálculo de la susceptibilidad a la licuación se muestra en la Figura S4-2.2.1.

Tabla S4-2.1.1 Densidades del Suelo y Rocas

Tipo de Suelo/Roca	Densidad (g/cm ³)
Arcilla	1,8
Arena	2,0
Gravilla	2,1
Depósito Duro	2,1
Roca Base	2,6

Source: Japan Road Association, 2002

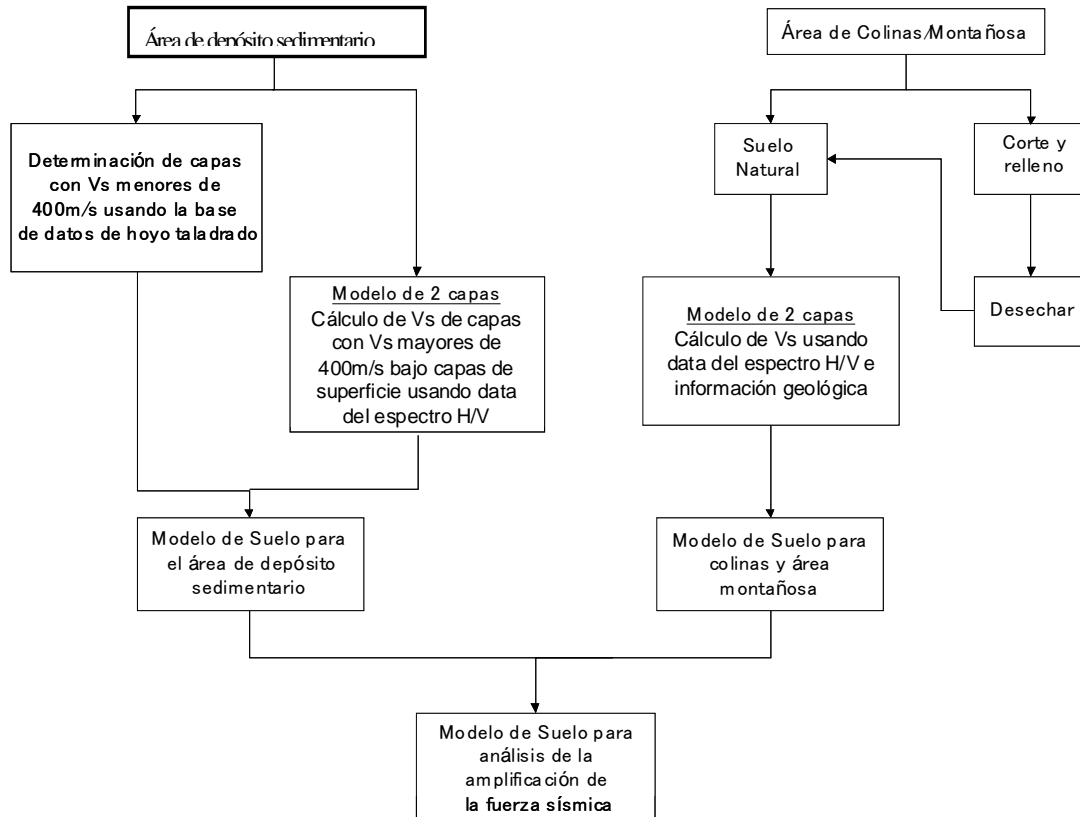


Figura S4-2.1.1 Bosquejo del Desarrollo del Modelo de Suelo para Amplificación de Fuerzas Sísmicas

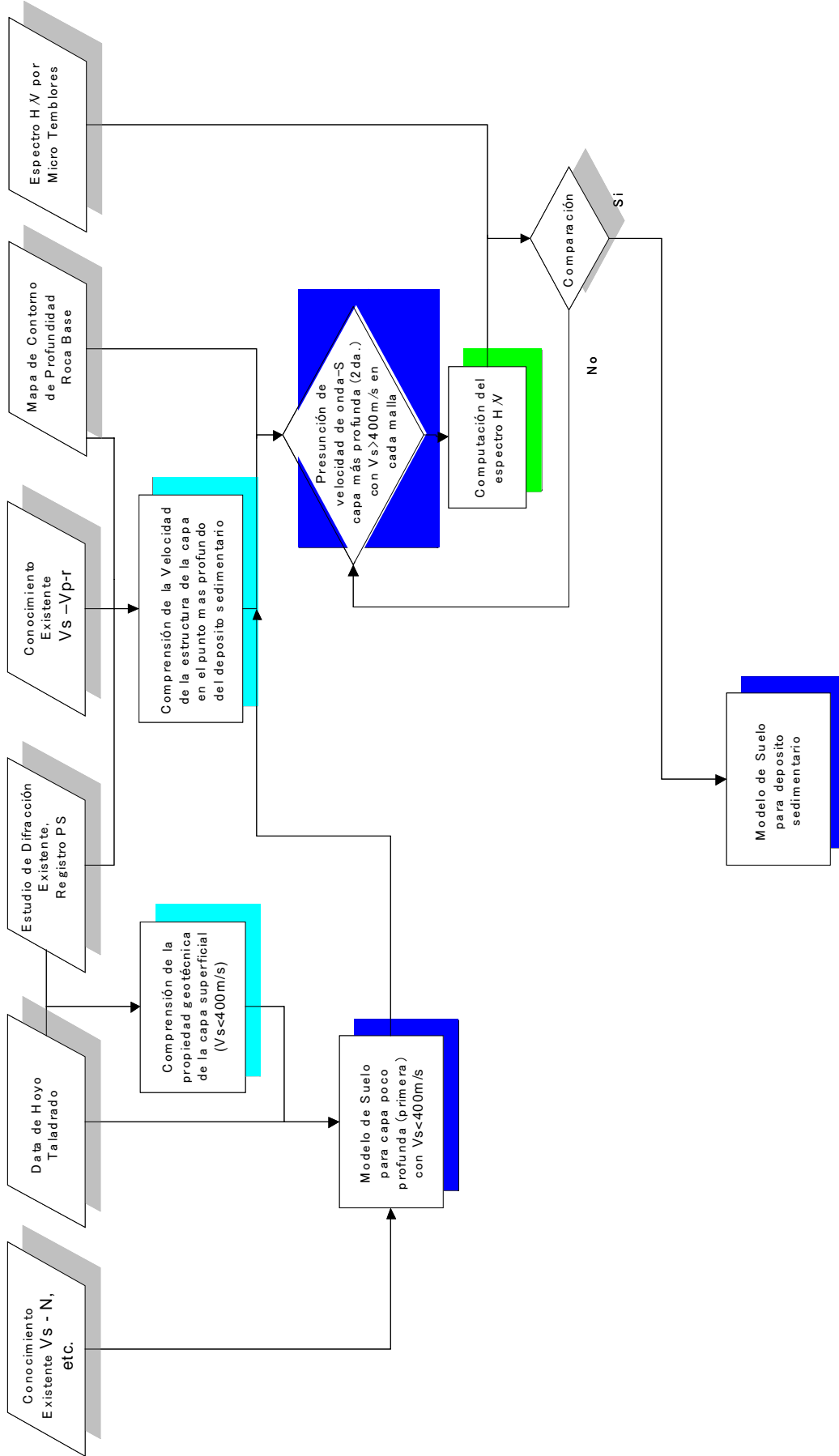


Figura S4-2.1.2 Diagrama de Flujo del Desarrollo del Modelo de Suelo para Amplificación de Fuerzas Sísmicas

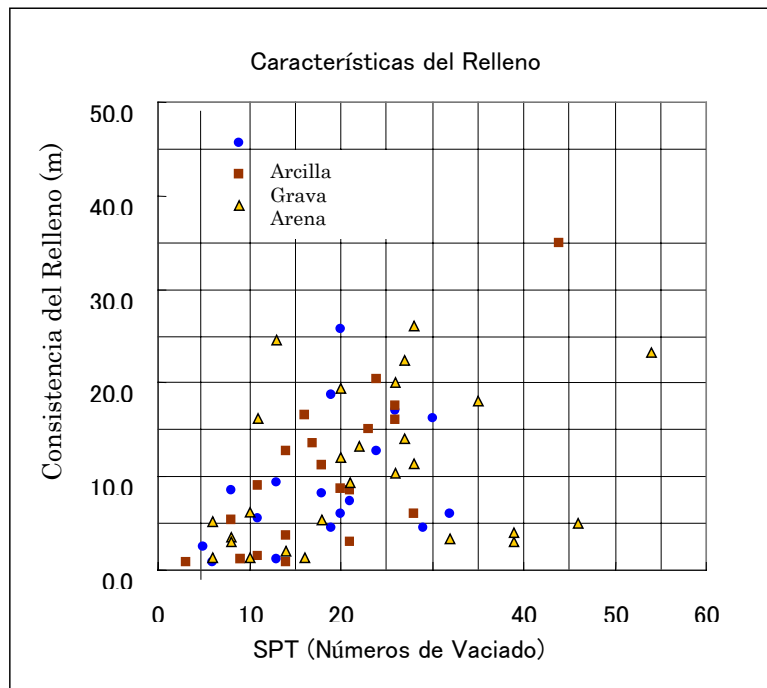


Figura S4-2.1.3 Grado de Compactación de Relleno

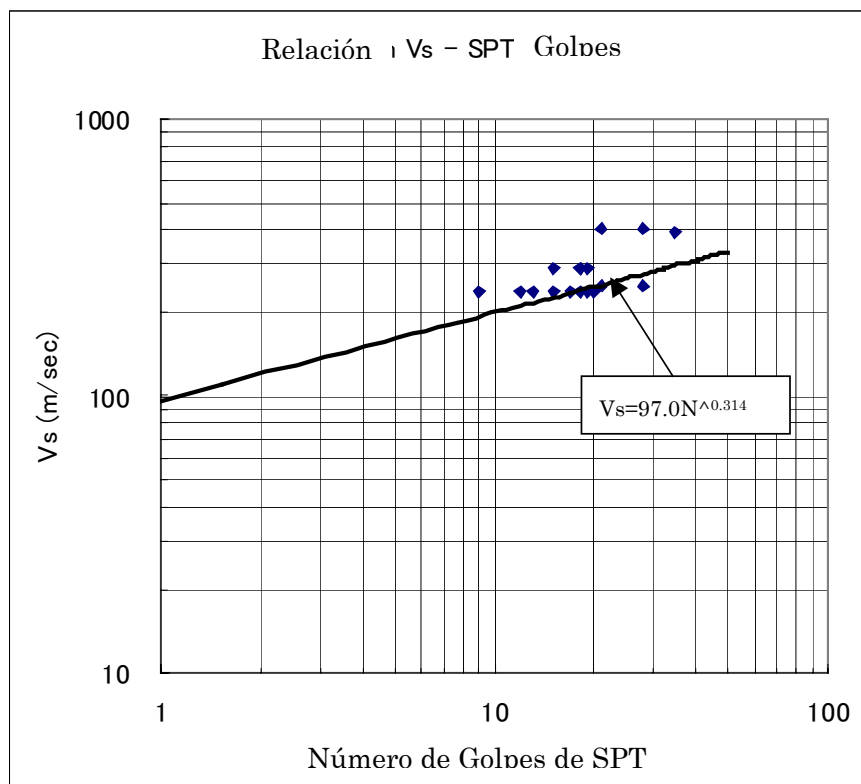


Figura S4-2.1.4 Relación entre Vs y Número de Golpes de SPT

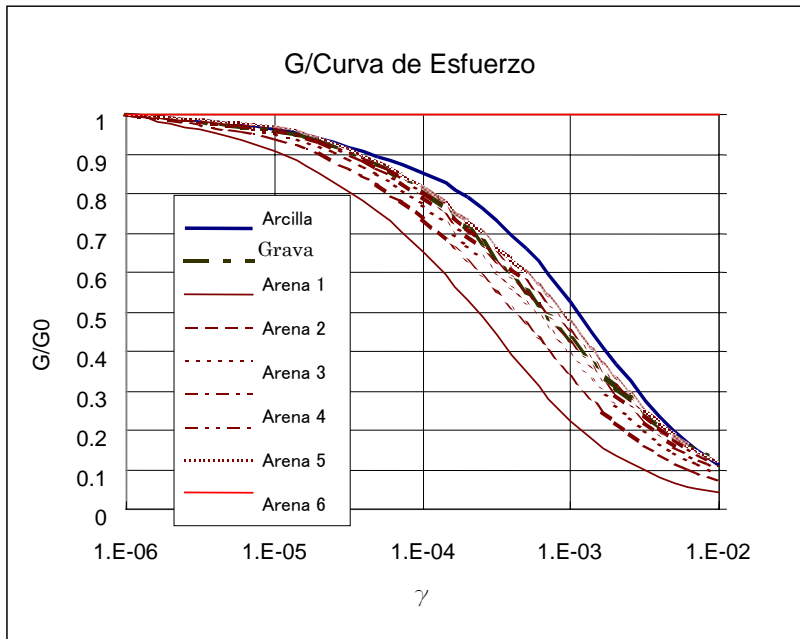


Figura S4-2.1.5 Módulo de Corte Normalizado

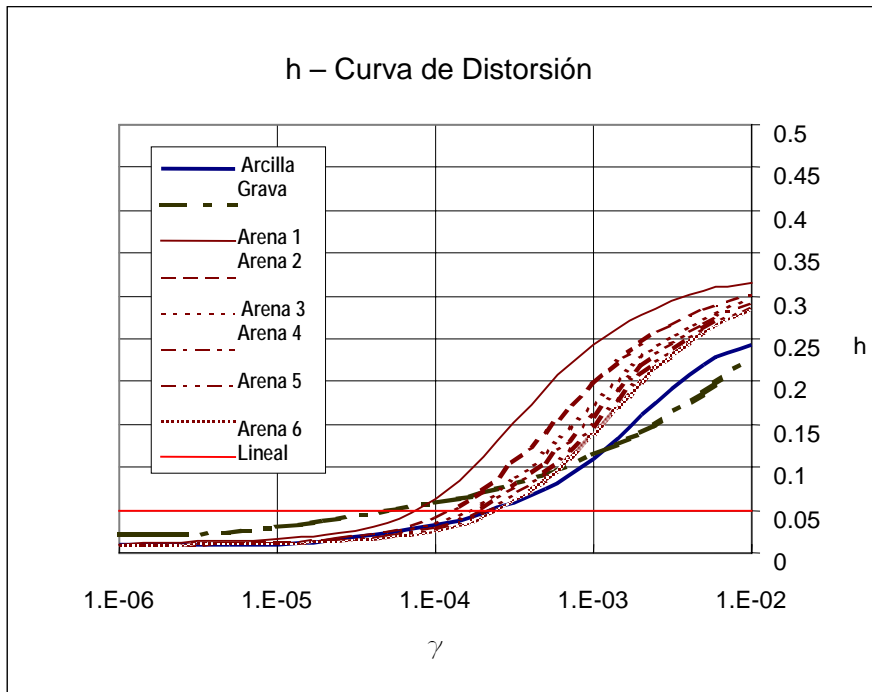


Figura S4-2.1.6 Factores de Descarga

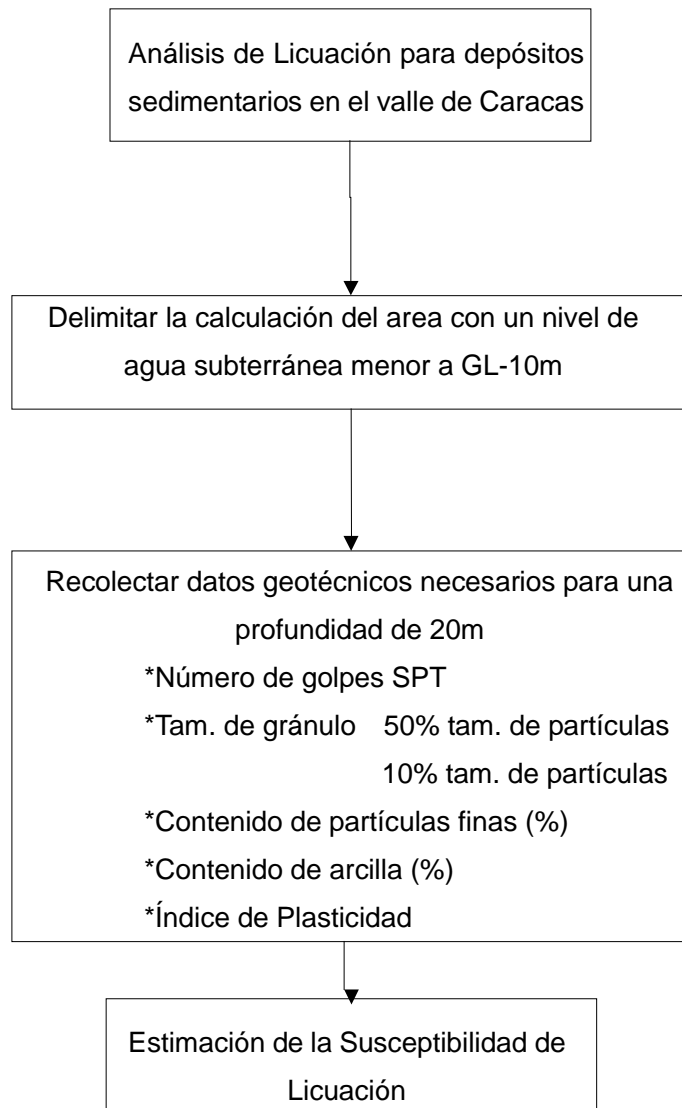


Figura S4-2.2.1 Diagrama de Flujo para el Cálculo de la Susceptibilidad a la Licuación

CAPÍTULO 3. SUSCEPTIBILIDAD DE LICUACIÓN ESTIMADA

La susceptibilidad de licuación para estratos individuales es analizada por el método F_L . La susceptibilidad completa de licuación en los puntos analizados se evalúa por el método PL basado en los resultados del método $F F_L$

Método F_L (Especificación del diseño japonés de puente de autopista, revisado en 1966)

Condiciones del suelo a ser evaluado

- Suelo arenoso del cuaternario desde la superficie hasta una profundidad de 20 m
- Nivel freático del agua a menos de 10 m de la superficie

$$F_L = R/L$$

F_L : factor de resistencia de licuación

$F_L \leq 1.0$: Se considera licuado

$F_L > 1.0$: Se considera no licuado

R: resistencia cíclica al corte a la presión de sobrecarga efectiva

$$R = C_w \times R_L$$

C_w : coeficiente de correlación para tipo de terremoto

Tipo 1 terremoto (tipo de límites de placa, escala grande)

$$C_w = 1.0$$

Tipo 2 terremoto (tipo tierra adentro)

$$C_w = 1.0 \quad (R_L \leq 1.0)$$

$$= 3.3R_L + 0.67 \quad (0.1 < R_L \leq 0.4)$$

$$= 2.0 \quad (0.4 < R_L)$$

R_L : relación de resistencia cíclica obtenida por pruebas de laboratorio

$$R_L = 0.0882 (Na/1.7)^{0.5} \quad (Na < 14)$$

$$= 0.0882 (Na/1.7)^{0.5} + 1.6 \times 10^{-6} (Na-14)^{4.5} \quad (14 \leq Na)$$

Suelo arenoso

$$Na = c_1 N + c_2$$

$$c_1 = 1 \quad (0\% \leq Fc < 10\%),$$

$$= (Fc + 40) / 50 \quad (10\% \leq Fc < 60\%)$$

$$= Fc/20 - 1 \quad (60\% \leq Fc)$$

$$c_2 = 0 \quad (0\% \leq Fc < 10\%)$$

$$= (F-10)/18 \quad (10\% \leq Fc)$$

Fc : contenido de finos

Suelo de grava

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2.0)\} N_1$$

N: número de golpes del SPT

N_a: N valor correlacionado por tamaño de grano

$$N_1: 1.7N/(\sigma_v' + 0.7)$$

D₅₀: diámetro de grano de 50% pasante (mm)

L: esfuerzo de corte a la presión de sobrecarga efectiva

$$L = \alpha / g \times \sigma_v / \sigma_v' \times r_d$$

r_d: factor de reducción de esfuerzo

$$r_d = 1.0 - 0.015x$$

x: profundidad en metros debajo de la superficie

α: aceleración máxima de terreno (gal)

g: aceleración máxima de terreno (= 980 gal)

σ_v: presión de sobrecarga total

σ_v' : presión de sobrecarga efectiva

Método PL (Iwasaki et al. 1980)

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot w(z) dz$$

15 < P_L Potencial muy alto

5 < P_L ≤ 15 Potencial relativamente alto

0 < P_L ≤ 5 Potencial relativamente bajo

P_L = 0 Potencial muy bajo

$$F = 1 - F_L \quad (F_L < 1.0)$$

$$= 0 \quad (F_L \geq 1.0)$$

$$w(z) = 10 - 0.5z$$

P_L: Índice de potencial de licuación

F_L: Factor de resistencia a la licuación

w(z): función de peso para profundidad

z: profundidad en metros debajo de la superficie

Los resultados se resumen en la Tabla 4-3.1.1. Los mapas de la susceptibilidad estimada de licuación para los escenarios de terremoto se muestran en las Figura S4-3.1.1 a la Figura S4-3.1.4.

Los resultados del análisis de licuación se describen a continuación:

- En general, los depósitos sedimentarios en el valle de Caracas son suficientemente fuertes para resistir fuerzas sísmicas y mantener un estado estable en cuanto al fenómeno de licuación.
- Las áreas donde existe una susceptibilidad alta a la licuación están limitadas a varias celdas en el mallado, aun en caso de terremotos fuertes como el 1812 y de la falla del Ávila.

Tabla S4-3.1.1 Susceptibilidad a la Licuación por el Método P_L

Terremoto Tipo de Terremoto Coord. de Celda	Valor P_L			
	1967 Tipo II	1812 Tipo II	1878 Tipo II	Ávila Tipo II
C48R20	0,0	0,0	0,0	0,0
C49R20	0,0	1,4	0,0	1,7
C50R12	0,0	0,4	0,0	3,4
C51R12	0,0	0,0	0,0	0,0
C52R17	5,4	15,9	3,0	12,1
C53R16	0,0	0,5	0,0	0,0
C53R17	12,6	31,3	11,2	22,7
C54R16	0,0	1,2	0,0	0,0
C54R17	0,0	9,8	0,0	6,0
C55R16	0,0	0,1	0,0	0,0
C55R26	0,0	0,0	0,0	0,0
C55R27	0,0	6,7	0,0	3,6
C55R28	0,0	6,3	0,0	2,9
C55R29	0,0	5,8	0,0	2,2
C56R17	2,8	20,2	1,0	15,0
C56R27	0,0	6,4	0,0	3,9
C56R28	0,0	6,0	0,0	3,2
C57R24	0,0	1,4	0,0	1,1
C58R24	0,0	1,3	0,0	1,2
C58R25	0,0	1,3	0,0	1,1
C58R26	0,0	1,2	0,0	1,0
C59R24	0,0	1,3	0,0	1,2
C60R23	0,0	3,2	0,0	4,2
C78R19	0,0	0,0	0,0	4,0

Potencial de Licuefacción	Criterio
Muy Alto	$15 < PL$
Relativamente Alto	$5 < PL \leq 15$
Relativamente Bajo	$0 < PL \leq 5$
Muy Bajo	$PL=0$

Tipo Límite de Placa	Tipo I
Tipo en Tierra	Tipo II

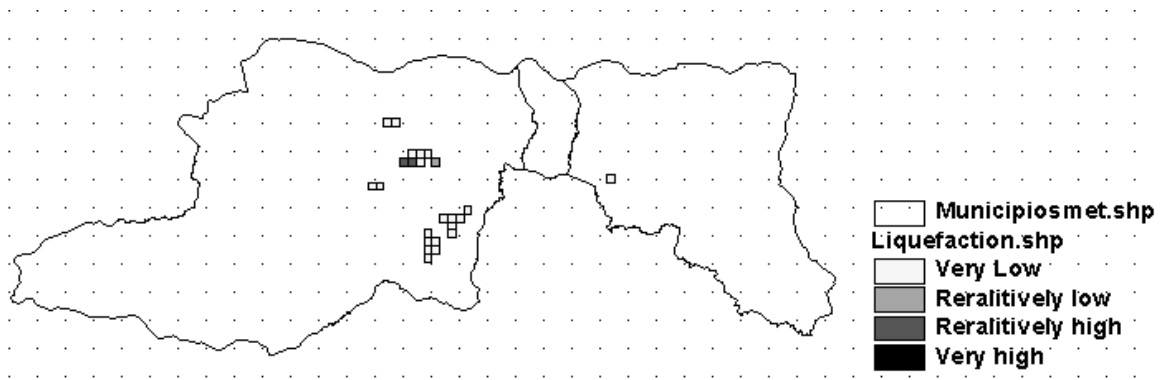


Figura S4-3.1.1 Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de 1967

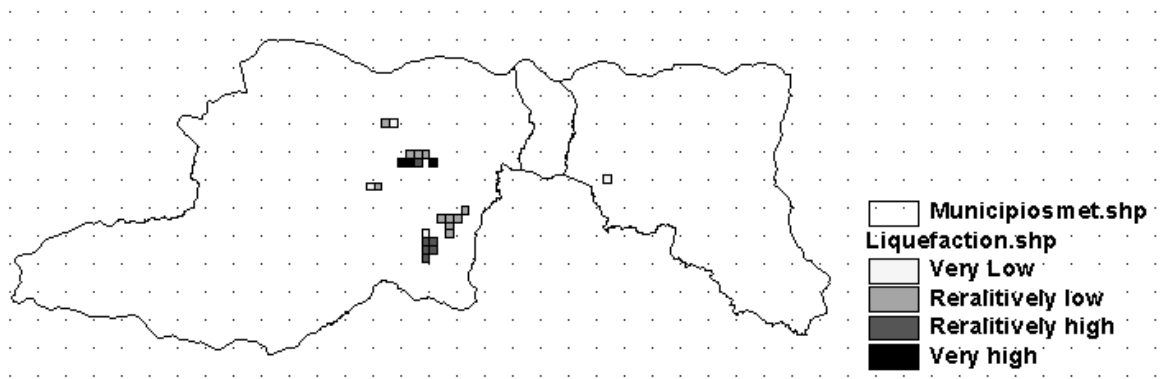


Figura S4-3.1.2 Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de 1812

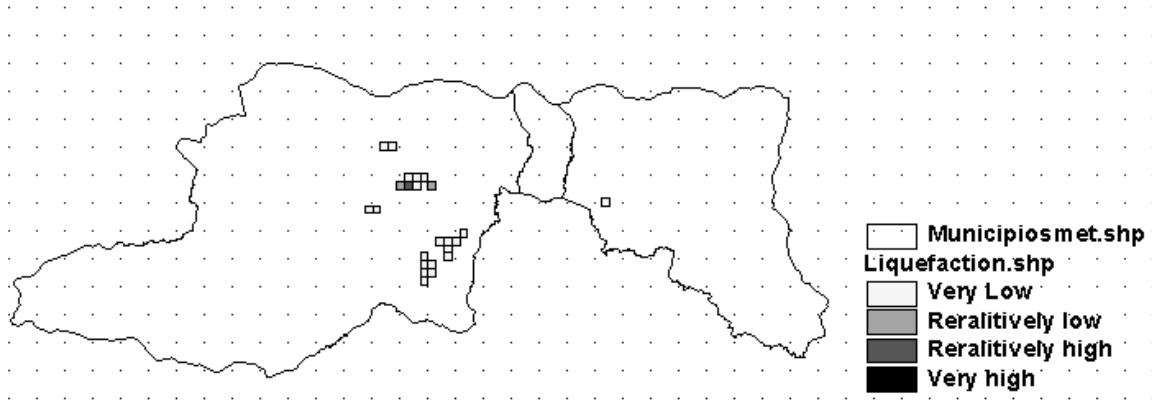


Figura S4-3.1.3 Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de 1878

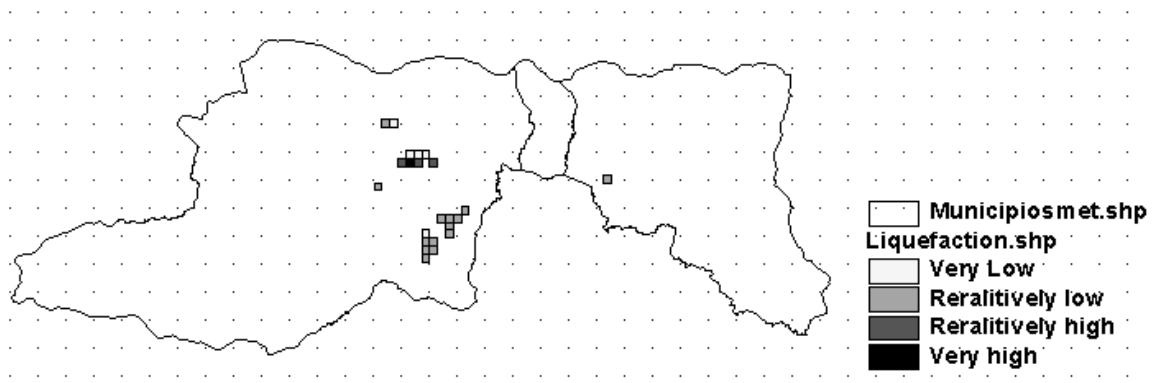


Figura S4-3.1.4 Susceptibilidad a la Licuación Estimada para el Terremoto de Hipotético de la Falla del Ávila

S5

BASE DE DATOS DE EDIFICACIONES

*“La participación comunitaria,
es el mejor antídoto ante la ocurrencia de desastres.”*

Marielba Guillén

ESTUDIO SOBRE
EL PLAN BASICO DE PREVENCION DE DESASTRES
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S5

BASE DE DATOS DE EDIFICACIONES

CONTENIDO

CAPITULO 1. REVISION DE LOS DATOS RECOLECTADOS

CAPITULO 2. DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS DE EDIFICACIONES

2. 1 Concepto Básico -----S5-3

2. 2 Área Urbanizada -----S5-4

2. 3 Área de Barrios y Rural -----S5-5

2. 4 Información para la Estimación de Daños Humanos -----S5-5

CAPITULO 3. METODO DE ESTIMACION DE DAÑOS

3. 1 Daños a Edificaciones -----S5-20

3. 2 Pérdidas Humanas -----S5-22

3. 3 Resultados de la Estimación de Daños -----S5-25

S5

LISTA DE TABLAS

Tabla S5-1.1.1	Resumen de Datos Recopilados -----	S5-2
Tabla S5-2.1.1	Características del Área Urbanizada y del Área de Barrios y Rural -	S5-6
Tabla S5-2.1.2	Categorías del Inventario de Edificaciones y la Función de Daños para el Área de Barrios y Rural-----	S5-6
Tabla S5-2.2.1	Resultado del Estudio de la Muestra de Campo (Resumida por Tipo, Pisos y Año de Construcción) -----	S5-7
Tabla S5-2.2.2	Resultado del Estudio de la Muestra de Campo (Resumida por las Categorías Propuestas de la Función de Daño) -	S5-7
Tabla S5-2.2.3	Número de Edificaciones Contadas por Unidad de Vulnerabilidad Analizada. -----	S5-8
Tabla S5-2.2.4	Resultados de Inspección de Muestra en Campo (Resumido por Categoría de Estimación de Daños y UVA, Número de Muestra)---	S5-9
Tabla S5-2.2.5	Resultados de Inspección de Muestra en Campo (Resumido por Categoría de Estimación de Daños y UVA, Proporción %) -----	S5-9
Tabla S5-2.3.1	Número de Edificaciones en el Área de Barrios y Rural Cubierta por el Mapa de Trabajo de 1/5.000-----	S5-10
Tabla S5-2.3.2	Número de Edificaciones en el Área de Barrios y Rural No Cubierta por el Mapa de Trabajo de 1/5.000-----	S5-10
Tabla S5-2.4.1	Resumen de la Información Requerida para Estimar Daños Humanos-----	S5-10
Tabla S5-2.4.2	Número de Casas y Personas que las Habitan -----	S5-10
Tabla S5-3.1.1	Categorías de Edificaciones de la Función de Daños Usadas en este Estudio -----	S5-26
Tabla S5-3.1.2	Factor de Peso de la Clase de la Vulnerabilidad por Tipología Estructural-----	S5-26
Tabla S5-3.2.1	Estadísticas de Daños a Humanos y a Edificaciones por el Terremoto de Cariaco-----	S5-27
Tabla S5-3.2.2	Número de Muertos y Número de Edificaciones Severamente Dañadas por el Terremoto de Quindío, Colombia 1999-----	S5-28
Tabla S5-3.2.3	Número de Muertos y Heridos Durante el Terremoto de Quindío 1999, Colombia-----	S5-28
Tabla S5-3.3.1	Resumen del Número de Edificaciones -----	S5-29

Tabla S5-3.3.2	Resumen del Estimado de Daños -----	S5-30
Tabla S5-3.3.3	Resultado Estimado de Daños Caso 1967-----	S5-31
Tabla S5-3.3.4	Resultado Estimado de Daños Caso 1812-----	S5-32
Tabla S5-3.3.5	Resultado Estimado de Daños Caso 1878-----	S5-33
Tabla S5-3.3.6	Resultado Estimado de Daños Caso Ávila-----	S5-34

LISTA DE FIGURAS

Figura S5-2.1.1	Concepto del Establecimiento del Inventario-----	S5-11
Figura S5-2.2.1	Diagrama de Flujo del Inventario de Edificaciones para el Área Urbanizada -----	S5-12
Figura S5-2.2.2	Formato de Inspección de Edificaciones -----	S5-13
Figura S5-2.2.3	Unidad de Vulnerabilidad Física Analizada (UVA) -----	S5-14
Figura S5-2.2.4	Resultado del Estudio de Campo (Resumido por Tipo Estructura y UVA) -----	S5-15
Figura S5-2.2.5	Resultado del Estudio de Campo (Resumido por Pisos y UVA)-----	S5-15
Figura S5-2.2.6	Resultado del Estudio de Campo (Resumido por Año de Construcción y UVA)-----	S5-15
Figura S5-2.3.1	Diagrama de Flujo del Inventario de Edificaciones del Área de Barrios y Rural.-----	S5-16
Figura S5-2.3.2	Área de Mapa de Trabajo (escala 1/5000) -----	S5-17
Figura S5-2.3.3	Área de Pendiente > 20 grados -----	S5-18
Figura S5-2.4.1	Datos del Censo de Personas / Familias -----	S5-19
Figura S5-3.1.1	Función de Daños del Grado 4/EMS-98 -----	S5-35
Figura S5-3.1.2	Clases de Vulnerabilidad de Estructuras Utilizadas en el EMS-98 --	S5-35
Figura S5-3.1.3	Clasificación de Daños Propuesta por la Escala Macrosísmica Europea -----	S5-36
Figura S5-3.1.4	Funciones de Daño Usadas en este Estudio-----	S5-37
Figura S5-3.2.1	Diagrama de Flujo de la Estimación de Pérdidas Humanas -----	S5-37
Figura S5-3.2.2	Relación entre el Número de Edificios Severamente Dañados y el Número de Muertes del Terremoto de Cariaco (1997) -----	S5-38
Figura S5-3.2.3	Relación entre el Número de Edificaciones Severamente Dañadas y el Número de Muertes del Terremoto de Quindío (1999, Colombia) -----	S5-38
Figura S5-3.2.4	Resumen de los Datos Mundiales -----	S5-39
Figura S5-3.2.5	Relación entre Muertes y Heridos en el Terremoto de Quindío (1999, Colombia)-----	S5-40

S-5 BASE DE DATOS DE EDIFICACIONES

CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LOS DATOS RECOLECTADOS

La Tabla S5-1.1.1 muestra el resumen de los documentos y los datos referidos en el análisis de riesgo sísmico de edificaciones.

Tabla S5-1.1.1 Resumen de Datos Recopilados

Título	Propósito		Tipo	Año	Fuente
	General	Cantidad de Edificaciones			
Mapa Base			Datos GIS	2000	HIDROCAPITAL
Area de manzana	Unidad analizada para áreas urbanizaciones		Datos GIS	2000	Dept. de Planificación, Alcaldía
Area de barrios	Base de las áreas de barrios		Datos GIS	2000	
DTM	Grado de pendiente		Datos GIS	2000	Equipo de Estudio JICA
Fotografías Aéreas	Áreas de barrios y áreas rurales		Fotos aéreas	2002	IGSB
	Cantidad de edificaciones				
Censo 2001	Población		Base de datos	2003	INA
	Cantidad de personas/familias				
Premio Nacional de Investigación en la Vivienda 1993	Cantidad de personas /edificios en las áreas de barrio.		Documento	1993	CONAVI
Densificación y Vivienda en los Barrios Caraqueños					
Un Plan para los Barrios de Caracas	Cantidad de personas / edificios en las áreas de barrio		Documento	1995	CONAVI
Premio Nacional de Investigación en Vivienda	Áreas de barrios				
Crónicas de Desastres de Terremoto de Cariaco, Venezuela	Cantidad de muertos y heridos en el Terremoto de Cariaco en 1997		Documento	1997	OPS, Org. Panamericana de la Salud
Dimensiones Sociales y Económicas de los Efectos de Terremoto en el Eje Cafetero, Diagnóstico de la Reconstrucción	Cantidad de muertos y heridos en el terremoto de Quindío en 1999		Documento	1999	DANE, Dept. Administrativo Nacional de Estadísticas, Colombia
Reporte Ingenieril del Terremoto de Caracas el 29 de Julio de 1967	Cantidad de muertos en el Terremoto de Caracas en 1967		Documento	1968	Matthiesen R. B., Housner G. W., Newmark N. M., Academia Nacional de Ciencias, Washington, D.C., EUA

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS DE EDIFICACIONES

2.1 Concepto Básico

El Equipo de Estudio realizó un inventario de edificaciones para clarificar su distribución en el área de estudio. El concepto del desarrollo de la base de datos de edificaciones se muestra en la Figura S5-2.1.1.

El área de estudio se divide en dos áreas. La primera es el área urbanizada y la otra es el área de barrios y rural. En este estudio, la información de las edificaciones en estas dos áreas es analizada siguiendo la metodología que se muestra en la Tabla S5-2.1.1.

Con respecto al área urbanizada, el área de unidad es la “manzana”. Los datos del SIG de las “manzanas” fueron proporcionados por la Secretaría de Planificación Urbana del Distrito Metropolitano de Caracas (ADMC). En una “manzana” existen varios tipos de edificaciones. Por ende, se debe estimar el número de edificaciones de cada categoría en una “manzana”. Para conocer el número de categorías de edificios, se realizó un estudio de campo en una muestra.

El resultado del estudio se resume para calcular la proporción de edificaciones de cada categoría en una “manzana”. El mapa de trabajo SIG de escala 1/5.000 cubre completamente el área urbanizada. El número total de edificaciones se estableció basándose en los datos del mapa de trabajo a escala 1/5.000. El número de edificaciones pertenecientes a una categoría dentro de una “manzana” es calculado multiplicando el número total de edificios de la “manzana” por la proporción de ese tipo de edificación.

Con respecto al área de barrios y rural, la unidad es un área que contiene edificios existentes agregados. El área se subdivide por el mallado de 500m usado para el análisis de amenaza sísmica. La base de datos del SIG de barrios fue proporcionada por la Secretaría de Planificación Urbana, ADMC. La frontera del lado montañoso del área de barrios se está ampliando. El límite del lado montañoso fue actualizado de acuerdo con en mapa de trabajo de escala 1/5,000 o las fotos aéreas tomadas en el año 2003. El mapa de trabajo de 1/5.000 no cubre completamente el área de barrios y rural. Las carencias del mapa de trabajo de 1/5.000 son compensadas por las fotos aéreas.

El tipo de edificios del área de barrios y rural es relativamente simple. Asumimos que un barrio o una área rural contiene solamente un tipo de edificaciones residenciales bajos. Las edificaciones residenciales en el área de barrios y rural se clasifican como edificios informales en el trabajo de cuantificación de daños.

Una gran parte del área de barrios y rural está situada en pendientes empinadas. Esto es esencialmente peligroso durante un terremoto. Por lo tanto, una función especial de daños fue aplicada para las edificaciones ubicadas en pendientes empinadas. En consecuencia, el área de barrios y rural se divide en dos áreas. Una es el área con pendientes empinadas, y la otra es el área de pendientes suaves. El valor del umbral es 20 grados. Este valor 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. También, existen muchos edificios residenciales altos en el área rural. La categoría del "CR MOMENTO RESISTENTE 9-F '82" se aplica para edificios residenciales altos en el área rural. El número de edificaciones en esta área se obtuvo por SIG basado en el mapa base o por las fotos aéreas.

La correspondencia entre el inventario de edificaciones y la función de daños para el área de barrios y rural, que fueron discutidas y acordadas con FUNVISIS, se resumen en la Tabla S5-2.1.2.

2.2 Área Urbanizada

La Figura S5-2.2.1 presenta el diagrama de flujo del inventario de edificaciones para el área urbanizada. Un estudio de una muestra de campo fue realizado para calcular la proporción 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 formato del estudio se presenta en la Figura S5-2.2.2. El tamaño de la muestra se decidió bajo consideración de la exactitud, del plazo y del costo. El número de muestras es 1.000, el cual es un valor tradicional de muestreo para una encuesta social. Las edificaciones muestreadas se seleccionaron aleatoriamente. El estudio fue realizado entre julio y mediados de septiembre de 2003.

La Tabla S5-2.2.1 presenta el resultado del estudio sobre muestreo de campo resumido por el tipo, número de pisos y año de construcción. Como las estructuras de adobe y mampostería de más de 4 pisos son limitadas, se unieron en una sola categoría en la función daños como se muestra en la Tabla S5-2.2.2.

La Unidad de Vulnerabilidad Analizada (UVA) se introduce para clasificar el área urbanizada. Las UVA son sub-zonas del área urbanizada. Las UVA fueron propuestas por la Dra. Virginia Jiménez (IVGSB) y por el profesor Jesús Delgado (CENAMB, UCV). El área urbanizada se divide en 30 sub-zonas. Se considera que dentro de una UVA, las características de las edificaciones son similares. El resultado del estudio de campo de la muestra se sintetiza por UVA. La misma proporción se aplica para todas las manzanas en una UVA.

El concepto de UVA también se introduce para el estudio de vulnerabilidad social. Las áreas de UVA para el estudio de vulnerabilidad social son casi iguales. La Figura S5-2.2.3 muestra el UVA para el estudio de vulnerabilidad física (UVA físico). La Tabla S5-2.2.3 presenta el número de edificaciones en cada UVA.

La Tabla S5-2.2.4 muestra los resultados del estudio de campo de la muestra resumido según las categorías de estimación de daños y UVA por número de muestras.

La Tabla S5-2.2.5 muestra los resultados del estudio de la muestra en campo resumido por categoría de estimación de daños y UVA por porcentaje. La Figura S5-2.2.4 presenta el resultado del estudio de campo resumido por el tipo de estructura y UVA. La Figura S5-2.2.5 muestra el resultado resumido por pisos y UVA. La Figura S5-2.2.6 presenta el resultado resumido por año de construcción y UVA.

2.3 Área de Barrios y Rural

La Figura S5-2.3.1 presenta el diagrama de flujo del inventario de edificios para el área de barrios y rural. El área de barrios y rural se divide en dos áreas. Una es el área cubierta por el mapa de trabajo 1/5,000 y la otra es el área no cubierta por este mapa de trabajo. El área cubierta por el mapa de trabajo de 1/5.000 se presenta en la Figura S5-2.3.2. El área de barrios y rural también se dividió en otras dos áreas. El área donde la pendiente es mayor a 20 grados y el área donde la pendiente es menor a 20 grados. El área donde la pendiente es mayor a 20 grados se muestra en la Figura S5-2.3.3.

El número de edificaciones del área de barrios y rural cubierta por el mapa de trabajo a una escala de 1/5.000 se resume en la Tabla S5-2.3.1. El número de edificaciones del área de barrios y rural no cubierta por el mapa de trabajo de 1/5.000 se resume en la Tabla S5-2.3.2.

2.4 Información para la Estimación de Víctimas Humanas

La Tabla S5-2.4.1 presenta el resumen de la información requerida para la estimación de víctimas humanas. Se obtuvo de la relación entre el número de muertes y el número de edificaciones seriamente dañados para las edificaciones medianas y altas de Concreto Reforzado (CR).

Por otra parte, para las edificaciones bajas se necesita el número de personas por casa. La función de daños se obtiene de la base de datos estadísticos del terremoto de Quindío (1999, Colombia). La relación entre el número de muertes y el número de edificaciones fuertemente dañadas depende del número de personas que habitan en una edificación. Por lo tanto, la cifra, calculada por la función de daños, se debe corregir por el número de personas por casa.

Los datos del Censo 2001, incluyendo el número de personas por casa en el área del estudio, fueron proporcionados por INE. La Figura S5-2.4.1 muestra los datos del censo 2001. Los datos se resumen en la Tabla S5-2.4.2. Estas cifras se utilizan para estimar daños humanos.

Tabla S5-2.1.1 Características del Área Urbanizada y del Área de Barrios y Rural

	El Área de Estudio		
	Área Urbanizada	Área de Barrio y Rural	
Unidad de Área	“Manzana”	Áreas que contienen edificios agregados existentes	
Datos SIG	Existen	Existen	Creado por el Equipo de Estudio
Fuente	Secretaría de Planificación ADMC		Fotos aéreas 2002
Categoría de Edificio en una Unidad	Varias categorías	Categoría Individual (excepto fabricas y edificios altos)	
Estudio de Campo	Hecho	no	
Mapa de Trabajo a 1/5.000	Mapa de trabajo a 1/5.000 cubre el área completa	Mapa de trabajo a 1/5.000 no cubre el área completa	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla S5-2.1.2 Categorías del Inventario de Edificaciones y la Función de Daños para el Área de Barrios y Rural

Inventario de Edificios		Función de Daños				
Área	Pendiente	No	Estructura	Pisos	Año Const.	Pendiente
Barrios	Menos 20 grados	16	INFORMAL (Barrio)	N. A.	N. A.	Menos 20 grados
	Más de 20 grados	18	INFORMAL (Barrio)	N. A.	N. A.	Más de 20 grados
Edificios Rurales Bajos	Menos 20 grados	15	INFORMAL (Rural)	N. A.	N. A.	Menos 20 grados
	Más de 20 grados	17	INFORMAL (Rural)	N. A.	N. A.	Más de 20 grados
Fabrica Rural	N. A.	12	ACERO	1-2F	N. A.	N.A.
Edificios Rurales Altos	N. A.	7	RC-MOMENT FRAME	9F-	82-	N.A.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla S5-2.2.1 Resultado del Estudio de la Muestra de Campo

(Resumida por Tipo, Pisos y Año de Construcción)

Tipo	Pisos		Año		Cant.
	Categoría	%	Categoría	%	
Adobe	1-3	0.5%	- '67	0.5%	5
Ladrillo	1-3	13.2%	- '67	12.8%	128
			'68 - '82	0.4%	4
CR	4-8	0.5%	- '67	0.5%	5
	1-3	65.1%	- '67	29.8%	299
			'68 - '82	28.4%	285
			'83 -	6.9%	69
	4-8	12.2%	- '67	5.9%	59
9-	4.7%	'68 - '82	4.6%	46	
		'83 -	1.7%	17	
		- '67	1.1%	11	
Acero	1-3	3.9%	'68 - '82	2.5%	25
			'83 -	1.1%	11
			- '67	1.0%	10
Total	---	100.0%	---	100.0%	1003

Tabla S5-2.2.2 Resultado del Estudio de la Muestra de Campo

(Resumida por las Categorías Propuestas de la Función de Daño)

Tipo	Pisos		Año		Cant.
	Categoría	%	Categoría	%	
Mampostería Ladrillos	1-3	14.2%	- '67	14.2%	142
CR - Marco Momento	1-3	65.1%	- '67	29.8%	299
			'68 - '82	28.4%	285
			'83 -	6.9%	69
	4-8	12.2%	- '67	5.9%	59
	9-	4.7%	'68 - '82	4.6%	46
'83 -			1.7%	17	
- '67			1.1%	11	
Acero	1-3	3.9%	'68 - '82	2.5%	25
			'83 -	1.1%	11
			---	---	39
Total	---	100.0%	---	96.1%	1003

Tabla S5-2.2.3 Número de Edificaciones Contadas por Unidad de Vulnerabilidad Analizada.

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

**Tabla S5-2.2.4 Resultados de Inspección de Muestra en Campo
(Resumido por Categoría de Estimación de Daños y UVA, Número de Muestra)**

No	Type	Story	Year	nos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116			
1		1-3F	-67	289	1	3	16	17	2	22	1	14	4	4	31	6	40	10	16	8	11	28	1	1	1	50	2	15				1			
2		1-3	68-82	285	16	1	12	10	3	21	10	7	6	27	6	40	4	17	3	7	11	4	3	2	27	22	1	26				2			
3		1-3	83-	69	2	1	10	10	3	2	1	4	5	16	3	9	1	7	1	1	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2	4			2	
4		4-8F	-67	59	2	1	0	1	7	2	1	4	1	1	1	7	1	3	1	1	1	1	2	1	3	2	6	2	8	1					
5		4-8	68-82	46	4	1	3	1	3	2	2	1	4	1	2	2	2	3	1	1	1	2	2	3	2	6	2	5	8	1					
6		4-8	83-	11	3	1	6	4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	5	8	1						
7		9F-	-67	11	3	1	6	4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				
8		9-	68-82	25	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1						
9		9-	83--	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
14	Steel	1-3F		39	1	0	5	2	1	4	1	3	5	2	1	2	0	0	7	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	Masonry			142	2	3	44	0	10	10	2	5	1	18	2	0	17	5	5	1	0	0	1	0	0	11	0	5	0	0	0	0	0	0	
				1003	35	7	113	30	28	71	21	40	26	88	23	6	118	16	48	16	21	23	8	11	7	98	36	44	31	10	2				

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla S5-2.2.5 Resultados de Inspección de Muestra en Campo
(Resumido por Categoría de Estimación de Daños y UVA, Proporción %)**

No	Type	Story	Year	nos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116		
1		1-3F	-67	289	2.9%	42.9%	14.2%	56.7%	7.1%	31.0%	4.8%	35.0%	15.4%	31.6%	26.1%	0.0%	33.9%	62.5%	32.7%	50.0%	52.4%	96.6%	0.0%	9.1%	0.0%	51.0%	5.6%	34.1%	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%		
2		1-3	68-82	285	51.4%	14.3%	10.7%	33.3%	10.7%	28.6%	47.6%	17.6%	23.1%	27.6%	26.1%	0.0%	33.9%	0.0%	34.7%	18.8%	33.3%	0.0%	50.0%	27.3%	28.6%	27.6%	61.1%	25.0%	83.9%	0.0%	0.0%	22.2%		
3		1-3	83-	69	5.7%	0.0%	8.8%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	10.0%	19.2%	16.3%	13.0%	0.0%	7.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	14.3%	2.0%	5.6%	4.5%	6.5%	40.0%	0.0%	0.0%	22.2%	
4		4-8F	-67	59	5.7%	0.0%	8.8%	0.0%	25.0%	9.9%	4.8%	10.0%	3.8%	1.0%	4.3%	0.0%	5.9%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	9.1%	0.0%	6.1%	5.6%	13.6%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%		
5		4-8	68-82	46	11.4%	0.0%	4.4%	3.3%	10.7%	1.4%	9.5%	2.5%	15.4%	2.0%	8.7%	0.0%	1.7%	0.0%	6.1%	6.3%	4.8%	0.0%	25.0%	0.0%	42.9%	2.0%	13.9%	6.8%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%		
6		4-8	83-	17	8.6%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	
7		9F-	-67	11	0.0%	0.0%	3.5%	0.0%	3.6%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
8		9-	68-82	25	5.7%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
9		9-	83-	11	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
14	Steel	1-3F		39	2.9%	0.0%	4.4%	6.7%	3.6%	5.6%	4.6%	7.5%	19.2%	2.0%	4.3%	0.0%	14.4%	31.3%	10.2%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	11.2%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
16	Masonry			142	5.7%	42.9%	38.9%	0.0%	35.7%	14.1%	9.5%	72.5%	3.8%	18.4%	8.7%	0.0%	74.4%	31.3%	10.2%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.2%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
				1003	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla S5-2.3.1 Número de Edificaciones en el Área de Barrios y Rural Cubierta por el Mapa de Trabajo de 1/5.000

Angulo de Pendiente	Barrio	Rural	Fabrica Rural	Edif. Rural Alto	Total	%
Más de 20 grados	78.101	5.179	76	28	83.384	47,4
Menos de 20 grados	85.024	7.384	273	32	92.713	52,6
Total	163.125	12.563	349	60	176.097	100,0
%	92,6	7,1	0,2	0,03	100,0	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla S5-2.3.2 Número de Edificaciones en el Área de Barrios y Rural No Cubierta por el Mapa de Trabajo de 1/5.000

Angulo de Pendiente	Barrio	Rural	Fabrica Rural	Edif. Rural Alto	Total	%
Más de 20 grados	261	5.887	4	81	6.233	36,7
Menos de 20 grados	702	9.306	34	722	10.764	63,3
Total	963	15.193	38	803	16.998	100,0
%	5,7	89,4	0,2	0,0	100,0	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla S5-2.4.1 Resumen de la Información Requerida para Estimar Daños Humanos

Tipo	Pisos	Información Requerida	
RC MOMENT- FRAME	Medio y Alto	N. A.	
	bajo	Personas/Casa	4.5
INFORMAL	N. A.		

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

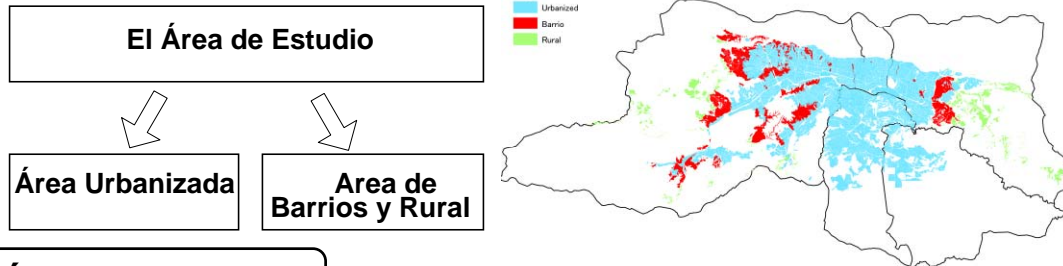
Tabla S5-2.4.2 Número de Casas y Personas que las Habitan

	Número de casas	Número de personas	Personas/Casa
Libertador	209,610	939,113	4.5
Sucre	68,033	302,630	4.4
Chacao	1,268	6,249	4.9
Total	278,911	1,247,982	4.5

Fuente: Censo 2001, INE

Concepto Básico

El área de estudio se divide en área urbanizada y área de barrios y rural.
El marco del inventario es diferente entre los dos tipos de área.



Área Urbanizada

La unidad es la manzana. Una manzana tiene varios tipos de edificaciones. Por lo tanto, el número de edificaciones de cada categoría en una manzana es estimado para el área urbanizada. El área urbanizada se divide en 30 sub-áreas de acuerdo con las características de las edificaciones en el área. Se realizó un estudio en una muestra para estimar la proporción de cada categoría.

Número Total de Edific. en Manzana



Proporción de c/ categoría

No	Type	Story	Year	1	2	3
1		1-3F	'67	2.9%	42.9%	14.2%
2		1-3	'68 - '82	51.4%	14.3%	10.6%
3		1-3	'83 -	5.7%	0.0%	8.8%
4		4-8F	'67	5.7%	0.0%	8.8%
5		4-8	'68 - '82	11.4%	0.0%	4.4%
6		4-8	'83 -	8.6%	0.0%	0.9%
7		9F-	'67	0.0%	0.0%	5.3%
8		9-	'68 - '82	5.7%	0.0%	3.5%
9		9-	'83 -	0.0%	0.0%	0.0%
14	Steel	1-3F		2.9%	0.0%	4.4%
16	Msonary			5.7%	42.9%	38.9%
Total				100.0%	100.0%	100.0%

Número de Edificaciones de cada categoría

El número total de Edificaciones en una manzana se cuenta en el SIG.

Los resultados del estudio de muestra en campo se resumen por sub-zona.

Área de Barrios and Rural

La categoría de edificaciones del área de barrios y rural es simple. Esta área solo tiene una categoría. Por lo tanto, el inventario del área de barrios y rural es número de edificaciones en un área.

Área en el Mapa Base

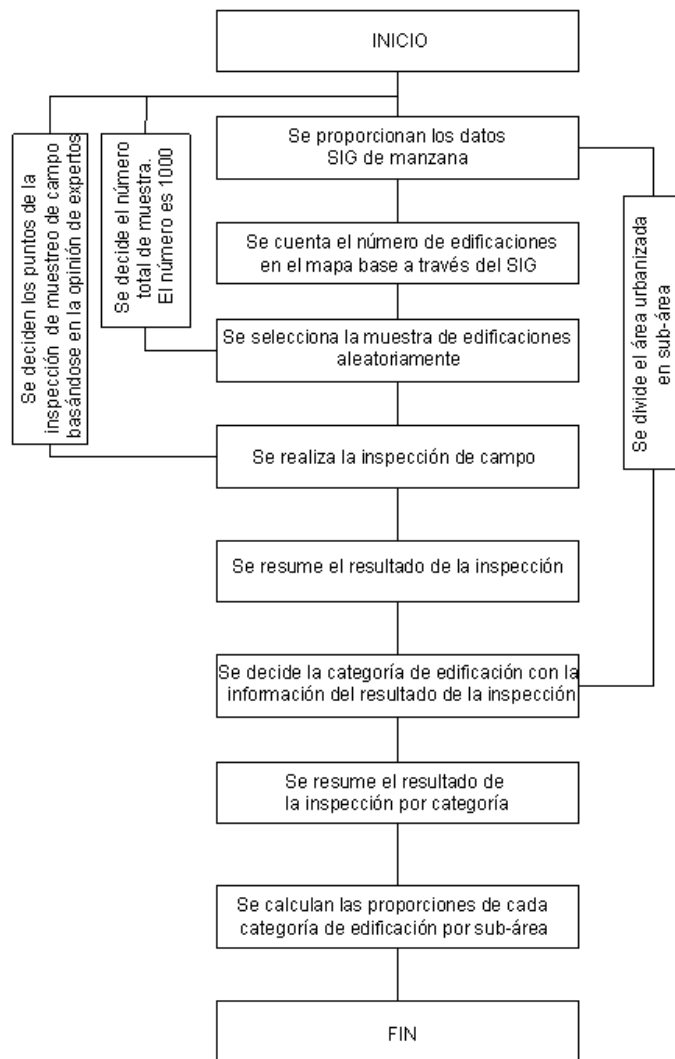
Igual que en el área urbanizada. El número de edificaciones en un área se cuenta usando el SIG basado en el mapa base.

Área fuera del Mapa Base

El número de edificaciones en un área se cuenta usando el SIG basado en fotos aéreas.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-2.1.1 Concepto del Establecimiento del Inventario



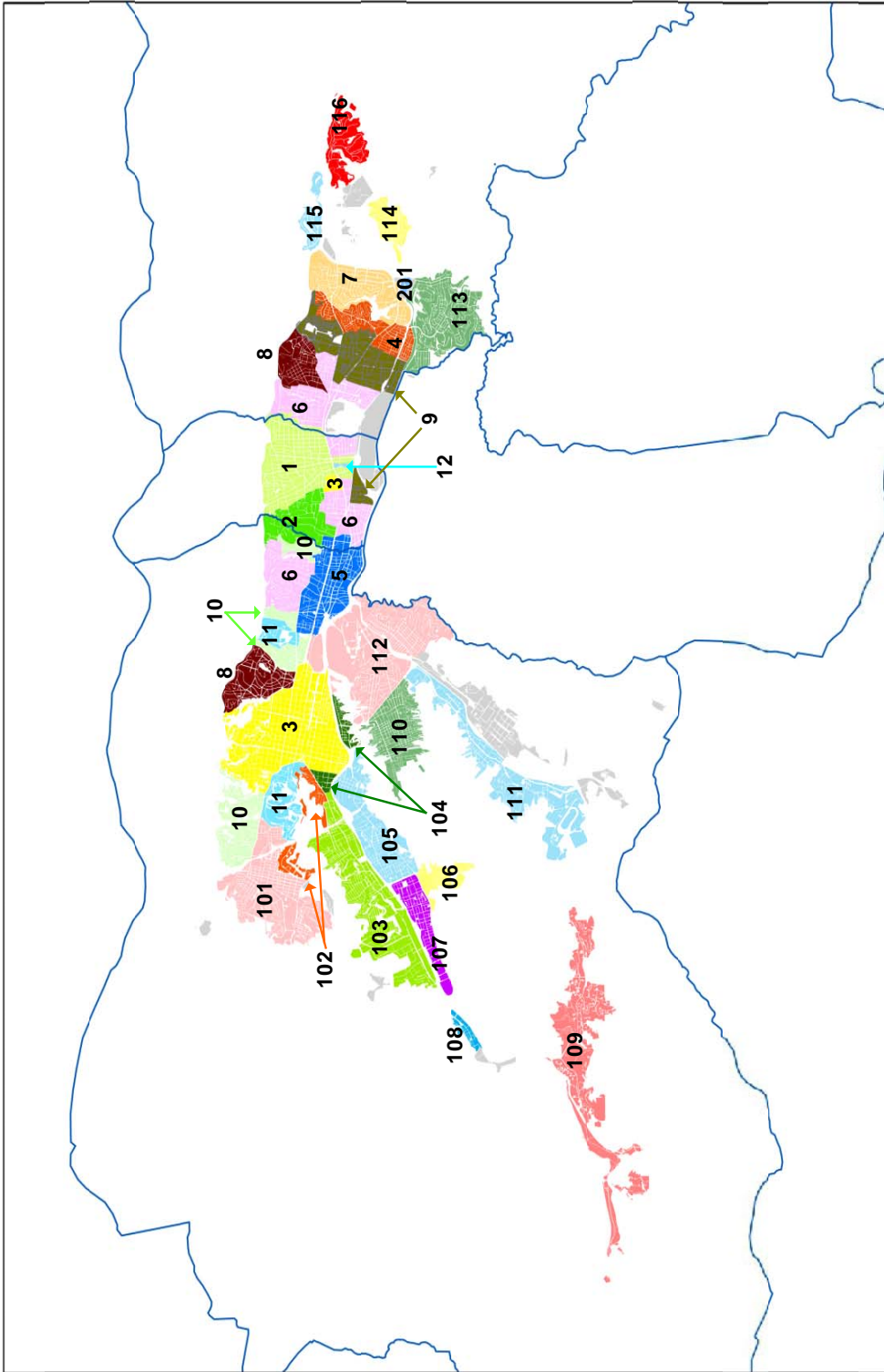
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura S5-2.2.1 Diagrama de Flujo del Inventario de Edificaciones para el Área Urbanizada

Formato de Encuesta de Edificación										
Fecha:	_____	Hora:	_____	Encuestador:	_____					
Nombre del Edificio:	_____									
No. De Manzana:	_____	No. De Edificio:	_____							
Dirección:	_____									
	Libertador	Chacao	Sucre							
Zonificación de Uso del Terreno:	Zona Residencial (1-2)	Zona Residencial (3-)								
	Zona Comercial	Zona Industrial								
Número de Familias	_____ (Solo Apartamentos o Casas)									
Criterios de Construcción:	Casa de Residencia	Casa de Apartamentos	Escuela	Universidad						
	Edificio de Oficinas	Oficina Gubernamental	Hospital	Estación de Bomberos						
	Edificio Comercial	Hotel	Iglesia	Fábrica	Gimnasio					
	Otros _____									
Tipo de Construcción:	Estructura de Concreto Reforzado Prefabricado (R.C.)									
	Estructura R.C.	Muro de Deslizamiento R.C. sin Marco de Momento								
	Estructura de Acero	Adobe o Piedra								
Año de Terminación:	Antes de 1955	1955-67	1968-82	Después de 1983						
	(Edad de la Construcción: Años				Mes)					
Número de Familias	_____ (Solo Apartamentos Casas)									
Número de Pisos:	1	2	3	4	5	6-8	9-14	Más de 15		
Número de Sótanos:		Ninguno		1	2	3	4			
Número de Penthouses:		Ninguno		1	2	3	4			
(Proyección pequeña en Techo)										
Área del Lugar:	_____m2									
Área de Construcción:	_____m2		Arrea Total del Piso: _____m2							
Altura Estructural:	Altura Total _____ m (Excluyendo Penthouse)									
Irregularidad del Plano:	Forma de "H"	Forma de "L"	Forma de "U"	Forma de "E"	Forma de "T"					
Irregularidades Verticales	Revés Mayor		Voladizos Grandes			Pilotes				
	Más de 5	Edificios en Colina	Edificios en Pendiente			Edificios en la Base de la Colina				
Distribución del Peso	Sin problema		Se observan Problemas (Pared	Láminas	Columna)		
Nota: La información de esta área es para referencia										

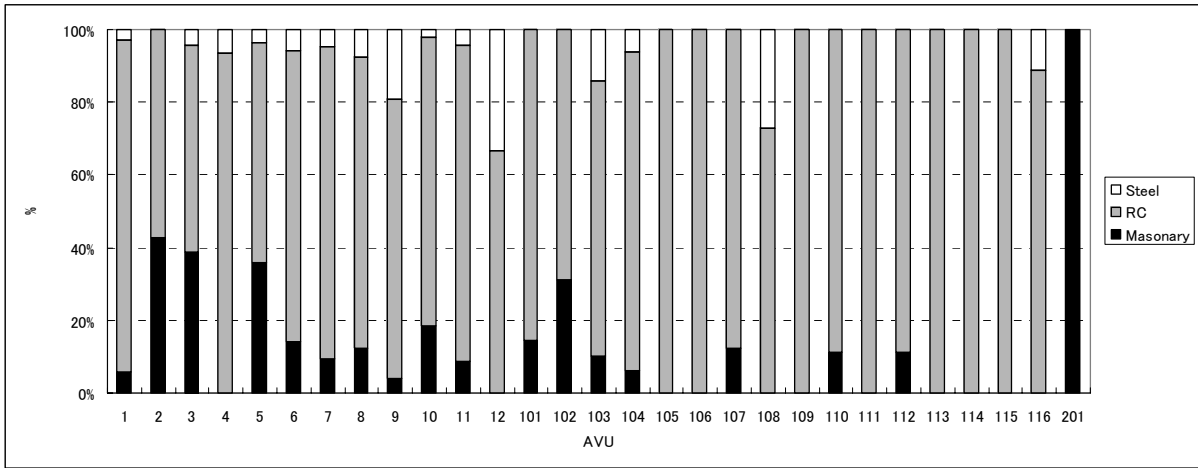
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura S5-2.2.2 Formato de la Inspección de Edificaciones



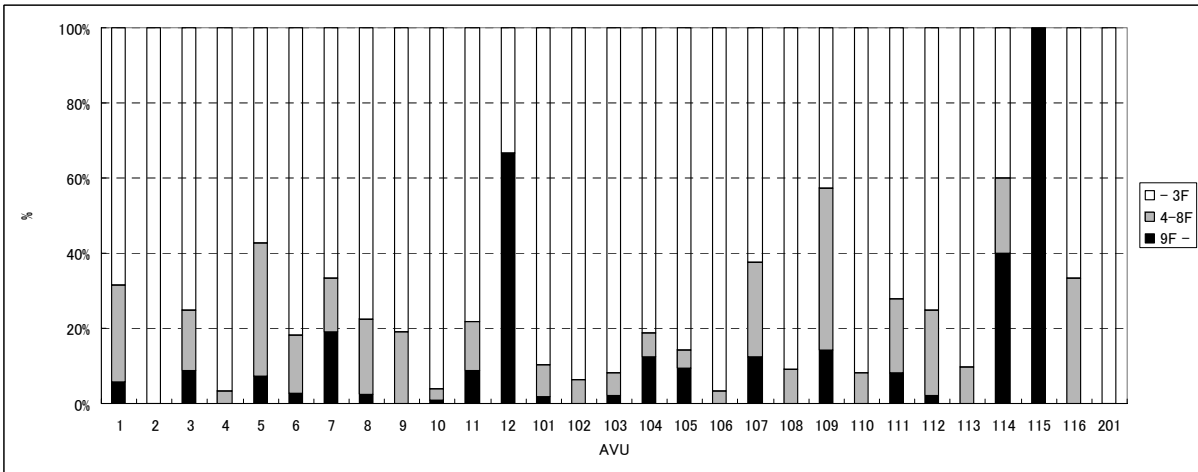
Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-2.2.3 Unidad de Vulnerabilidad Física Analizada (UVA)



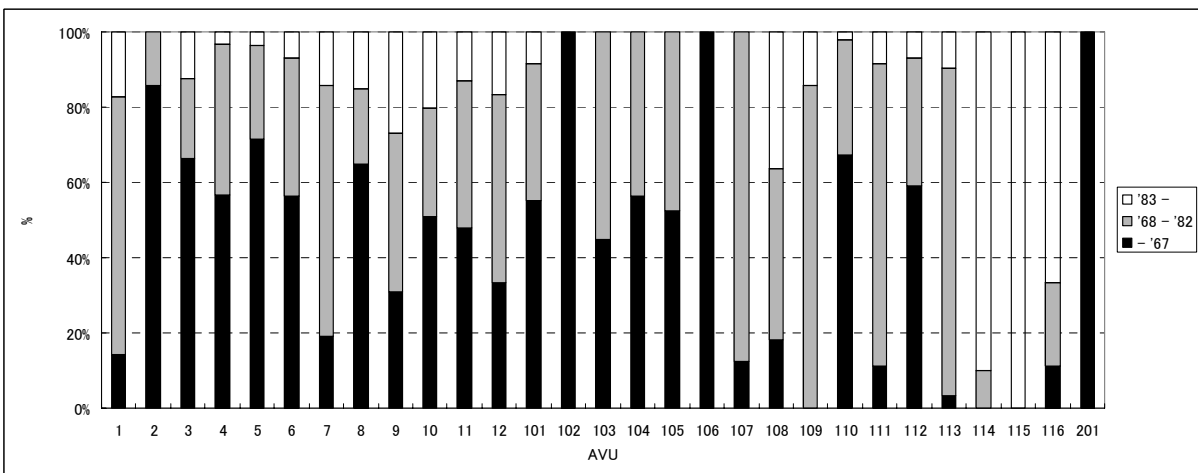
Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-2.2.4 Resultado del Estudio de Campo (Resumido por Tipo Estructura y UVA)



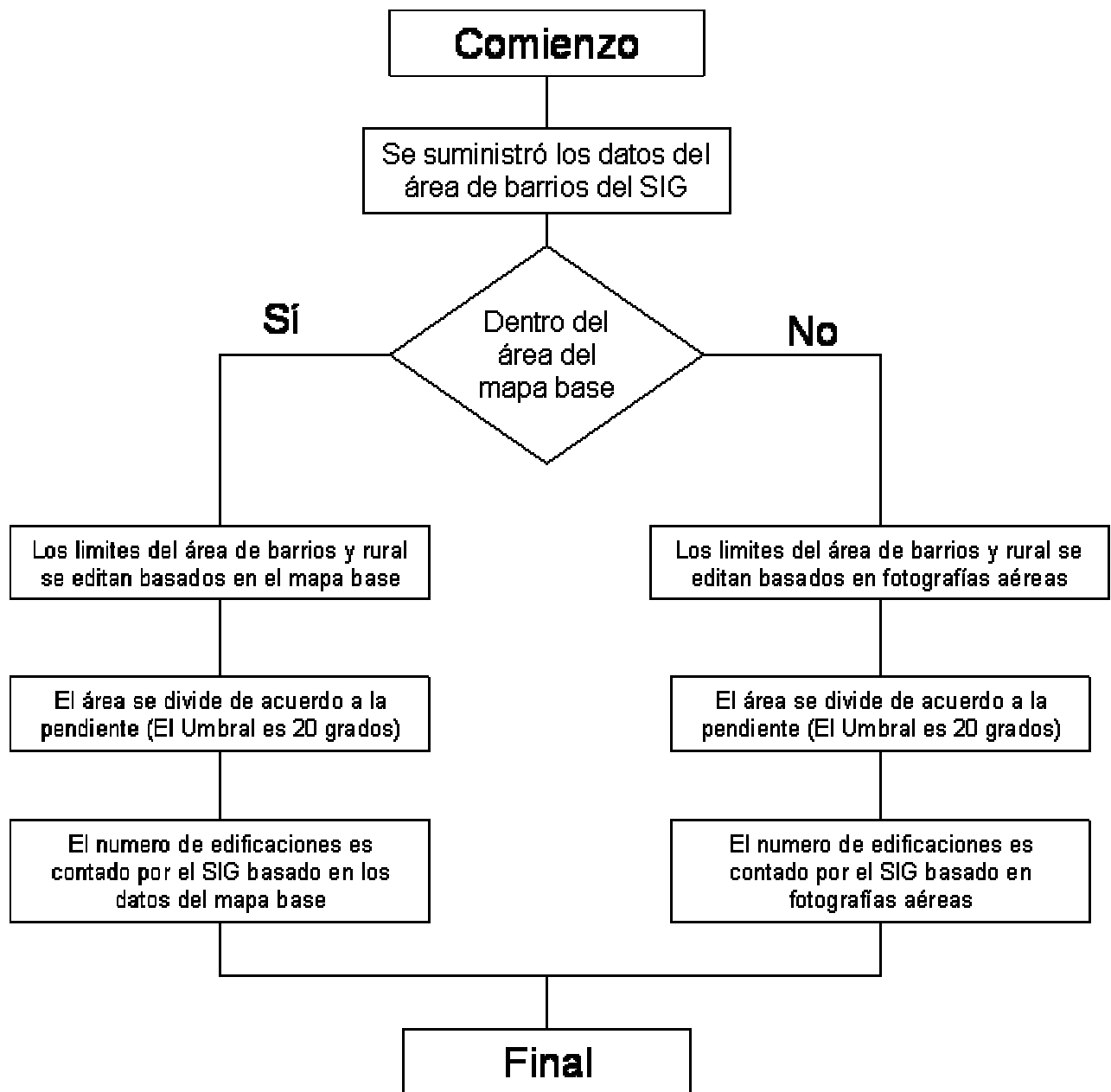
Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-2.2.5 Resultado del Estudio de Campo (Resumido por Pisos y UVA)



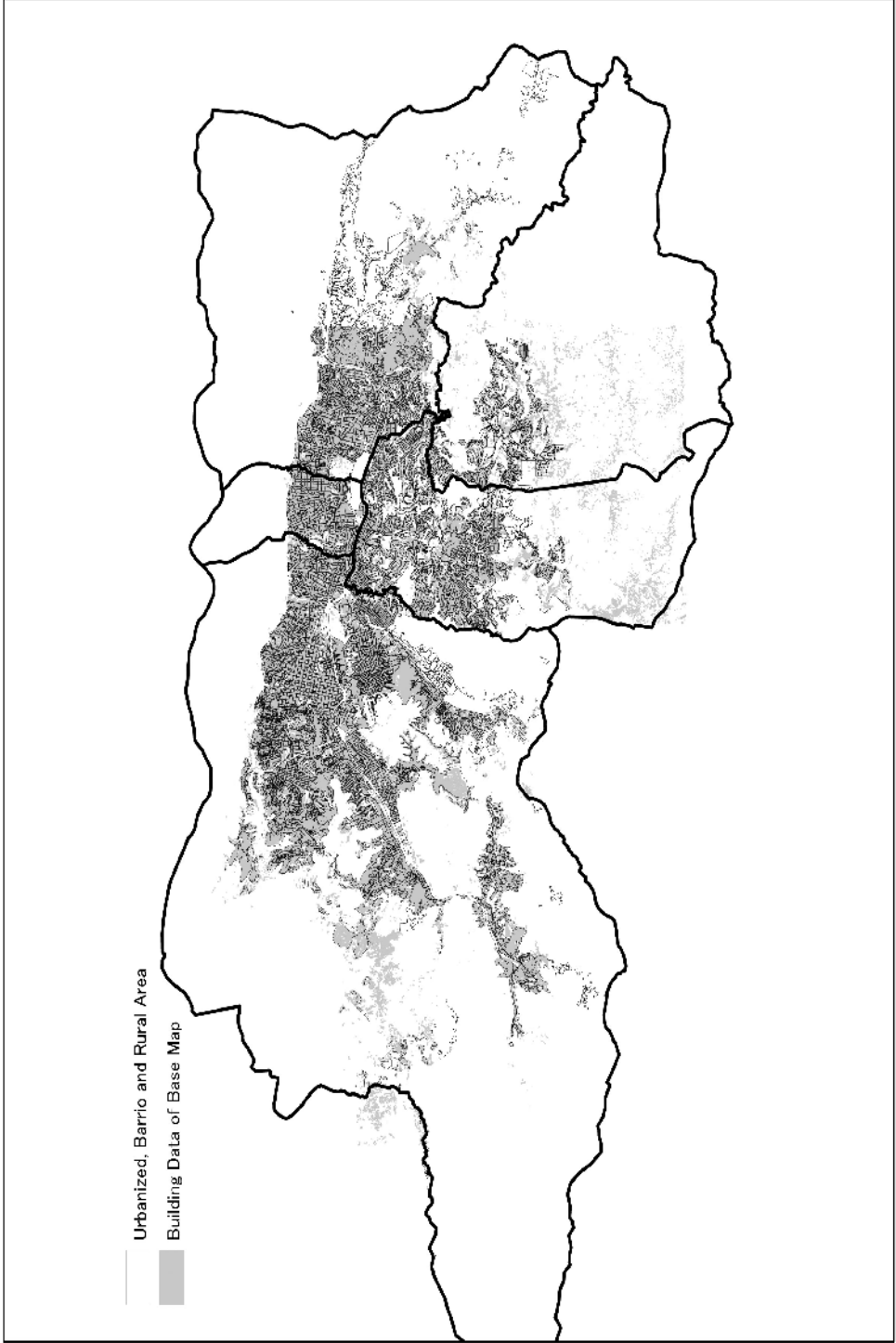
Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-2.2.6 Resultado del Estudio de Campo (Resumido por Año de Construcción y UVA)



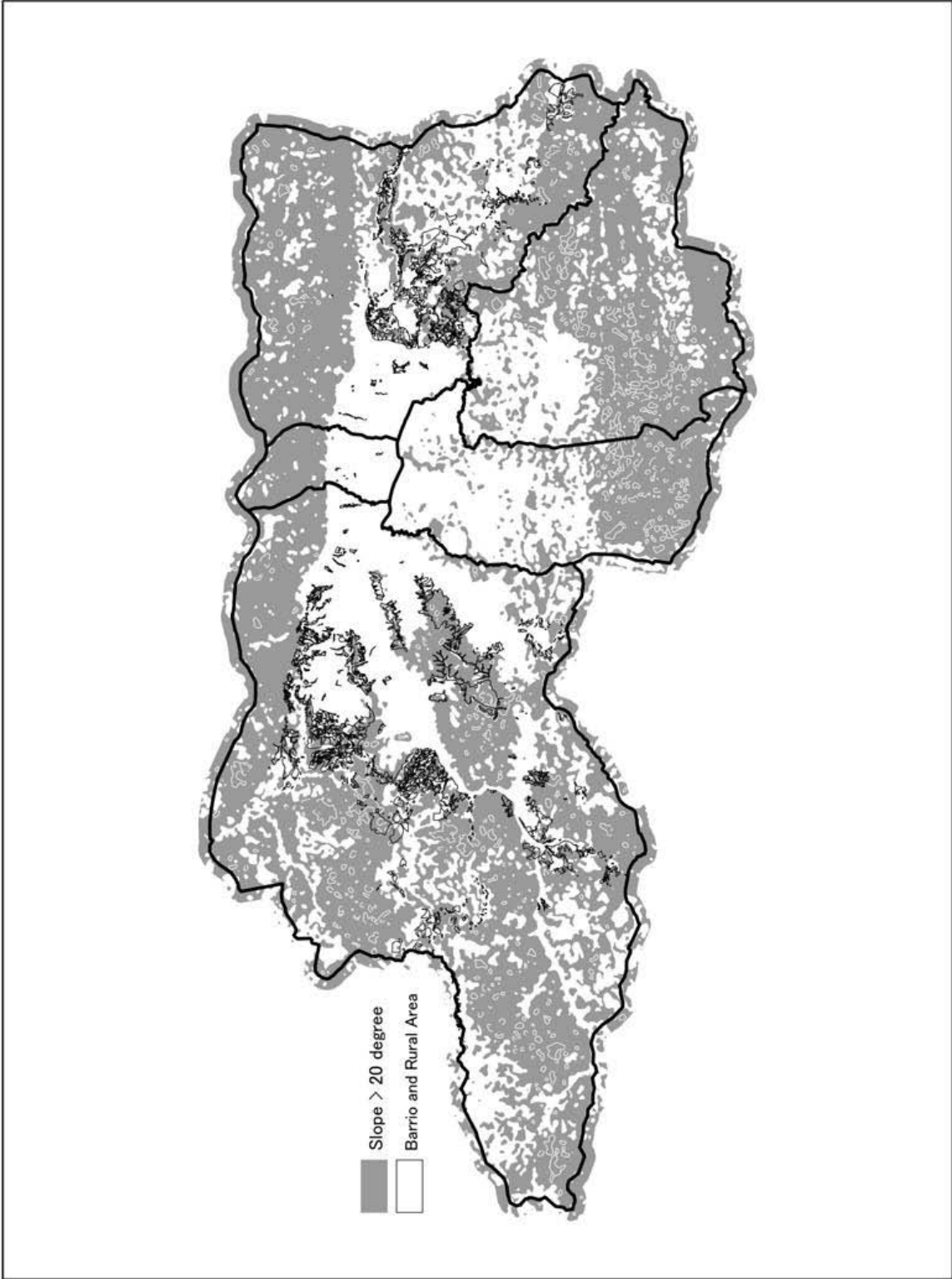
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura S5-2.3.1 Diagrama de Flujo del Inventario de Edificaciones del Área de Barrios y Rural.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-2.3.2 Área de Mapa de Trabajo (escala 1/50000)



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-2.3.3 Área de Pendiente > 20 grados

DISTRITO CAPITAL
 CUADRO N° 1: TOTAL DE VIVIENDAS POR CONDICIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE OCUPANTES, SEGÚN CLASE Y TIPO DE VIVIENDA
 CENSO 2001

CLASE Y TIPO DE VIVIENDA	TOTAL	CONDICIÓN DE OCUPACIÓN					
		OCUPADA			DESOCUPADA	USO OCASIONAL	EN CONSTRUCCIÓN
		N° DE VIVIENDAS	N° DE OCUPANTES	OCUPANTES POR VIVIENDA			
TOTAL	491590	446226	1836286	4,1	28926	10603	5835
FAMILIARES	488827	443463	1808382	4,1	28926	10603	5835
QUINTA O CASAQUINTA 1/	14191	12119	50383	4,2	638	1141	293
CASA	226772	209610	839113	4,5	11148	2842	3172
APARTAMENTO EN EDIFICIO	217808	193565	700546	3,6	15576	6225	2242
APARTAMENTO EN QUINTA, CASAQUINTA O CASA	13025	11947	46101	3,9	762	192	125
CASA DE VECINDAD	39	39	799	20,5	-	-	-
RANCHO	16501	15496	69697	4,5	802	203	-
OTRA CLASE 2/	687	687	2343	3,4	-	-	-
COLECTIVAS	2763	2763	27304	9,9	-	-	-

Municipio SUCRE
 CUADRO N° 1: TOTAL DE VIVIENDAS POR CONDICIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE OCUPANTES, SEGÚN CLASE Y TIPO DE VIVIENDA
 CENSO 2001

CLASE Y TIPO DE VIVIENDA	TOTAL	CONDICIÓN DE OCUPACIÓN					
		OCUPADA			DESOCUPADA	USO OCASIONAL	EN CONSTRUCCIÓN
		N° DE VIVIENDAS	N° DE OCUPANTES	OCUPANTES POR VIVIENDA			
Municipio SUCRE	153424	134346	546766	4,1	12217	3248	3613
FAMILIARES	153285	134207	545339	4,1	12217	3248	3613
QUINTA O CASAQUINTA 1/	10906	9266	35541	4,2	550	579	511
CASA	74663	68033	302620	4,4	4592	514	1524
APARTAMENTO EN EDIFICIO	63675	45786	157288	3,4	6353	2001	1538
APARTAMENTO EN QUINTA, CASAQUINTA O CASA	5196	4811	18749	3,9	280	65	40
CASA DE VECINDAD	13	13	285	21,9	-	-	-
RANCHO	6597	6066	27010	4,5	442	89	-
OTRA CLASE 2/	232	232	746	3,2	-	-	-
COLECTIVAS	139	139	1427	10,3	-	-	-

1/ INCLUYE LAS VIVIENDAS CLASIFICADAS COMO MANSIÓN

Municipio CHACAO	27191	20099	64629	3,2	4388	1587	1117
FAMILIARES	27090	19998	63593	3,2	4388	1587	1117
QUINTA O CASAQUINTA 1/	2333	1899	5148	4,3	221	99	134
CASA	1686	1268	6249	4,9	380	18	20
APARTAMENTO EN EDIFICIO	22638	16504	48219	2,9	3714	1459	961
APARTAMENTO EN QUINTA, CASAQUINTA O CASA	367	281	932	3,3	73	11	2
CASA DE VECINDAD	-	-	-	-	-	-	-
RANCHO	9	9	39	4,3	-	-	-
OTRA CLASE 2/	37	37	106	2,9	-	-	-
COLECTIVAS	101	101	936	9,3	-	-	-

1/ INCLUYE LAS VIVIENDAS CLASIFICADAS COMO MANSIÓN

Fuente: Censo 2001, INE

Figura S5-2.4.1 Datos del Censo de Personas / Familias

CAPÍTULO 3. MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE DAÑOS

3.1 Daño a las Edificaciones

De común acuerdo con FUNVISIS, la Escala Macrosísmica Europea (EMS) fue empleada para estimar los daños a edificaciones y su aplicabilidad fue comprobada con los daños a edificaciones causados por el terremoto de Caracas de 1967. La Figura S5-3.1.1 muestra las funciones de daño para un estado de daños iguales o mayores al “Grado 4, Daño Muy Severo” como se define en la Figura S5-3.1.3, obtenidas para edificaciones de diferentes vulnerabilidades según la Escala Macrosísmica Europea (EMS) que corresponden directamente a la escala de Intensidad Macrosísmica Modificada de Mercalli (IMM). De acuerdo con esta definición, la clase de vulnerabilidad A corresponde a la clase más vulnerable, y la clase vulnerabilidad F corresponde a la clase menos vulnerable.

Estas curvas constituyen una base independiente, por lo que cualquier categoría o tipología estructural de edificaciones puede ser expresada como una combinación lineal de estas curvas aplicando correctamente factores de peso a cada clase de vulnerabilidad.

Categorías de Edificaciones Utilizadas en Caracas

Para la clasificación de las diversas tipologías estructurales de edificaciones en las Clases de Vulnerabilidad, se parte de las recomendaciones propuestas por la Escala Macrosísmica Europea EMS-98, que se resumen en la Figura S5-3.1.2.

Estas recomendaciones clasifican los edificios según el material predominante (mampostería, concreto reforzado, acero, madera), el sistema resistente (momento resistente, muros) y el nivel de diseño de resistencia a terremotos (alto, medio, ninguno). Por otra parte, no discriminan según la altura del edificio. Además, éstas reproducen la cultura típica de la construcción usada en los diversos países europeos.

La Tabla S5-3.1.1 resume la definición de las categorías de edificios usadas en Caracas, que fueron determinadas según los resultados del estudio de campo y que fue acordada por los grupos de trabajo JICA-FUNVISIS.

La definición de las diversas tipologías estructurales se basa fundamentalmente en el material predominante (concreto reforzado, acero, concreto prevaciado, mampostería), el sistema resistente (momento resistente, muros), la altura del edificio, la edad del edificio y para la tipología informal, la inclinación de la pendiente del terreno. Esta última tipología intenta representar la construcción típica en las zonas marginales de Caracas referidas comúnmente como los "ranchos", hechos de

bloques de arcilla con "machones" (columnas de concreto reforzado) y vigas de carga, losas de tablonos (pisos de bloques de arcilla huecos, finos y largos) y un techo ligero. Estas edificaciones pueden tener de 1 a 3-4 pisos.

Por otra parte, las edificaciones de mampostería (mampostería-ladrillo) reproducen las edificaciones coloniales típicas situadas en algunos sectores del centro de la ciudad. Finalmente, las altas estructuras prefabricadas (Prevaciado 9-) se refieren al típico sistema de construcción prefabricado puesto en ejecución en Caracas durante los años setenta, en los edificios de alturas hasta de 17 pisos, que se concentran en algunos desarrollos habitacionales de la capital.

La clasificación por año de las estructuras de pórticos de concreto reforzado momento resistentes refleja los cambios en las prácticas del diseño y de la construcción de edificaciones asociados a los cambios en los lineamientos de diseño de 1967 y 1982.

Funciones de Daño para las Categorías de Edificaciones Utilizadas en Caracas

Para determinar las funciones de daños para cada una de estas tipologías de edificaciones, se constituyó un equipo de profesionales de FUNVISIS para acordar una manera razonable de distribuir un factor de peso para las diversas clases de vulnerabilidad.

La Tabla S5-3.1.2 muestra para cada tipología estructural el factor de peso asignado a cada clase de vulnerabilidad, cuya suma debe totalizar uno.

Basado en las funciones de daño definidas para cada clase de la vulnerabilidad, según la escala EMS-98 descrita en la Figura S5-3.1.3 y la distribución de los factores de peso acordados para cada tipología estructural descrita en la Tabla S5-3.1.2, se puede obtener la función de daño característica para cada categoría de edificación utilizada en Caracas (Tabla S5-3.1.1).

La Figura S5-3.1.4 representa las funciones de daño determinadas por el procedimiento descrito, y que serán utilizadas en este estudio (Safina, 2003).

Calibración de las Funciones de Daño Propuestas

Para probar si las funciones de daño propuestas son representativas, algunos de los resultados registrados en el terremoto de Caracas ocurrido el 29 de julio de 1967 fueron revisados y comparados con los calculados.

El informe de daños de los edificios en el sector de Los Palos Grandes y sus alrededores (FUNVISIS 1978) establece que de un total de 279 edificaciones, 19 (6,81 %) sufrieron daños grado 3 – daño severo estructural y daño grado 4 (colapso), para un total de 23 edificaciones con un daño mayor o igual al de grado 4, la mayoría de ellas con alturas sobre 8 pisos.

Utilizando la función de daños asociada al Tipo 5 estructuras de CR (concreto reforzado) momento resistente con más de 8 pisos y construidas antes de 1967 y para una IMM (Intensidad Modificada de Mercalli) equivalente a VIII, obtenemos que por lo menos 6,0 % de los edificios deben tener un nivel de daños igual o mayor que 4 - "Daños Severos" que representan aproximadamente 18 edificios de los 289 que existían entonces. Es un resultado aceptable comparado con los fenómenos reales de 23 edificios dañados.

Para el sector de San José (FUNVISIS, 1978), de un total de 407 edificaciones de una altura principalmente entre 3 y 8 pisos, solamente 3 presentaron un daño grado 3 representando el 0,72% de las 417 edificaciones (407 evaluadas y 10 no clasificadas). Usando la función de daño asociada al Tipo-2, pórticos momento resistentes de CR de 3 a 8 pisos construidos antes de 1967 y una IMM equivalente a VII, obtuvimos que aproximadamente 1% de los edificios debería haber sufrido daños de un grado igual o mayor a 4 - "Daños Severos", lo que representa 4 o 5 edificaciones de las 417 que existían para entonces. Este es un resultado aceptable comparado con los 3 edificios dañados por el fenómeno real.

3.2 Pérdidas Humanas

Las causas directas de las muertes en terremotos incluyen el colapso de edificaciones, incendios, deslizamientos de piedras, deslizamientos de tierra, etc. La muerte debido al colapso de edificaciones es el fenómeno generalmente observado en todas las áreas sujetas a desastres por terremoto. En Caracas, durante el último terremoto, el saldo de víctimas fatales se debió principalmente al colapso de edificaciones. En vista de la debilidad de las construcciones en los barrios, el colapso de edificaciones será la causa más factible de muertes en los terremotos futuros.

Por lo tanto, para estimar el número previsto de muertes, la relación entre edificaciones dañadas y el número de muertes fue estudiada basándose en los últimos terremotos. La función de daño para el número de muertes y el número de personas seriamente heridas se obtiene a partir de este análisis. El número de muertes y de personas severamente lesionadas se evaluó sobre la base de relaciones empíricas y la distribución de daños de edificaciones. El diagrama de flujo de la estimación de las fatalidades se muestra en la Figura S5-3.2.1.

- 1) Muertes
 - a) Evaluación de Datos Existentes sobre Muertes en Venezuela

Se estudiaron los datos de muertes causadas por los terremotos pasados en Venezuela. Sin embargo, de estos datos no se puede obtener una correlación entre el número de fallecidos y el número de edificios severamente dañados. Se estudiaron los daños causados por el terremoto de Caracas (1967) y el terremoto de Cariaco (1997).

Terremoto de Caracas (1967)

No se encontró información detallada sobre las muertes causadas por el terremoto de Caracas, referente a la distribución del número de muertes y el número de edificaciones severamente dañadas. Solamente se conoce que el número total de muertes alcanza los 275¹. Y que el número de edificios severamente dañados por este terremoto fue de 271².

Terremoto de Cariaco (1997)

El número de fallecidos durante el terremoto de Cariaco fue registrado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS)³. Hay pocas estadísticas de edificios dañados en el informe. La Tabla S5-3.2.1 presenta ambas estadísticas.

La Figura S5-3.2.2 muestra la relación entre el número de edificaciones severamente dañadas y el número de muertes. Ninguna correlación se puede derivar de la misma.

b) Evaluación de Datos Existentes sobre Muertes fuera de Venezuela

No se han encontrado datos de los últimos terremotos en Venezuela, que puedan mostrar una correlación entre el número de muertes y el número de edificaciones severamente dañadas. Por lo tanto, se buscaron los datos apropiados fuera de Venezuela. Tomando en consideración la semejanza de las edificaciones y el grado de daño, se seleccionó el terremoto de Quindío (1999, Colombia).

El número de muertes y el número de edificaciones severamente dañadas debido al terremoto de Quindío de 1999 fueron estudiados por DANE⁴, Colombia, según se muestra en la Tabla S5-3.2.2 y en la Tabla S5-3.3.3. Estas cantidades tienen una buena correlación, como se muestra en la Figura S5-3.2.3. El tipo de edificaciones en el área dañada por el terremoto de Quindío se parece a las edificaciones bajas y las edificaciones informales en el área del estudio. Sin embargo, son diferentes de las edificaciones medianas y altas del área de estudio. Por lo tanto se propone la siguiente ecuación para estimar las muertes humanas debido al daño de edificaciones bajas del área de estudio.

$$\text{Log } Y = 1.30 \text{ Log } X - 2.60$$

¹ Sozen. M. A., Jennings P. C., Matthiesen R. B., Housner G. W. , Newmark N. M., 1968, Informe de Ingeniería en el Terremoto de Caracas ocurrido el 29 julio 1967, Academia Nacional de Ciencias, Washington, D. C., EE.UU.

² Idem.

³ Crónicas de Desastres Terremoto de Cariaco, Venezuela, 1997, OPS, Organización Panamericana de la Salud

⁴ Dimensiones Sociales y Económicas de los Efectos del Terremoto en Eje Cafetero. Diagnóstico de la reconstrucción, 1999, DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, Colombia

Donde Y: Número de Muertes

X: Número de edificaciones severamente dañadas

El número de personas por edificio en el área dañada por el terremoto de Quindío es 4,46. Por ende, el número estimado de muertes se debe corregir como sigue en la fórmula.

$$\text{El Numero de Muertes Corregido} = \text{El Numero de Muertes Estimado} \times \frac{\text{El Numero de Personas por Casa en el Area de Estudio}}{4.46}$$

El número de personas por casa en el área de estudio es 4.45 (Ver sección .2.4)

c) Estudio sobre el resumen de datos mundiales

No se han encontrado los datos de daños, que pueden conducir a una correlación entre el número de muertes y el número de edificios dañados para las edificaciones medianas y altas en el área de estudio. Por tal motivo, se estudió el resumen de los datos mundiales del número de muertes y de edificios severamente dañados. La Figura S5-3.2.4 muestra el resumen de los datos mundiales.

Los datos del terremoto de Caracas (1967) y de dos terremotos famosos, de los cuales los daños fueron causados principalmente por el daño severo de los edificios medianos y altos, están conectados por una línea recta en la Figura S5-3.2.3. La dirección de línea recta conectada pasa por varios daños de terremoto famosos, que son causados principalmente por el colapso de edificaciones de CR.

Por lo tanto se propone la siguiente ecuación para estimar las muertes humanas debido al daño de edificaciones medianas y altas del área de estudio.

$$Y = X$$

Donde Y: Número de Muertes

X: Número de Edificaciones Severamente Dañadas

La función propuesta del número de muertos para las edificaciones bajas también se estudió con el resumen de los datos mundiales. Los conjuntos de datos de daños durante el terremoto de Cariaco (1997) están marcados en la Figura S5-3.2.2. La trayectoria de la línea de la función propuesta pasa entre los dos conjuntos de datos del terremoto de Cariaco. Por lo tanto, la función propuesta para los edificios bajos se considera como apropiada.

2) Personas Heridas

Al igual que la información sobre muertes, no se encontraron datos apropiados en Venezuela de personas heridas por terremotos. Por lo tanto, se estudiaron los datos del terremoto de Quindio (1999, Colombia).

La relación entre el número de muertos y heridos también se obtiene de las Tablas anteriores 3.2.2 y 3.2.3, y se expresa en la Figura S5-3.2.5. Refiriéndose a la figura, la relación entre muertes y heridos es formulada por la ecuación siguiente:

$$\text{Log } Y = 0.9824 \text{ Log } X + 0.9031$$

Donde Y: Número de Heridos

X: Número de Muertes causadas por Edificaciones Severamente Dañadas

3.3 Resultados de la Estimación de Daños

El número estimado de edificaciones se resume en la Tabla S5-3.3.1, es una síntesis del número estimado de edificaciones severamente dañadas para los cuatro escenarios que se muestra en la Tabla S5-3.3.2. Los detalles de los daños estimados para cada caso se muestran de la Tabla S5-3.3.3 a la Tabla S5-3.3.6.

Tabla S5-3.1.1 Categorías de Edificaciones de la Función de Daños Usadas en este Estudio

Tipo	Estructura	No. Pisos	Año	Pendiente del Terreno
1	CR-MOMENTO RESISTENTE	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 – MURO DE CORTE	4-8	---	---
11		9-		
12	PREVACIADO	1-2	---	---
13		9-		
14	ACERO	1-3	---	---
15		4-		
16	MAMPOSTERIA / LADRILLOS	---	---	---
17	Sin Ingeniería (Rural)	---	---	Más de 20°
18	Sin Ingeniería (Barrio)	---	---	
19	Sin Ingeniería (Rural)	---	---	Menos de 20°
20	Sin Ingeniería (Barrio)	---	---	

Tabla S5-3.1.2 Factor de Peso de la Clase de la Vulnerabilidad por Tipología Estructural

Tipo	A	B	C	D	E	F
1	0.05	0.20	0.40	0.35		
2		0.15	0.35	0.45	0.05	
3		0.05	0.25	0.55	0.15	
4	0.05	0.25	0.50	0.20		
5		0.05	0.30	0.45	0.20	
6		0.01	0.14	0.40	0.35	0.10
7	0.05	0.40	0.45	0.10		
8		0.10	0.35	0.45	0.10	
9		0.05	0.20	0.40	0.30	0.05
10			0.30	0.50	0.20	
11		0.05	0.30	0.50	0.15	
12		0.05	0.30	0.55	0.10	
13	0.05	0.40	0.45	0.10		
14		0.05	0.10	0.50	0.35	
15			0.15	0.35	0.45	0.05
16	0.05	0.30	0.60	0.05		
17	0.25	0.60	0.15			
18	0.40	0.55	0.05			
19	0.40	0.60				
20	0.60	0.40				

Tabla S5-3.2.1 Estadísticas de Daños a Humanos y a Edificaciones por el Terremoto de Cariaco

Municipios	Edificios Dañados				Víctimas	
	FUNREVI		FUNDOSOES		Muertes	Heridos
	Moderado	Severo	Moderado	Severo		
Ribero	687	799	1141	1308	35	360
Sucre	168	100	757	214	33	20
Andres E. Blanco	699	133	90	130	1	65
Andres Mata	777	733	711	745	4	35
Mejias	140	36	35	57		12
Bolivar	119	10	625	76		29
Benitez	322	96	328	181		7
Marino	1	2	16	7		
Montes	22	3	52	16		
Bermudez	86	22	38	85		
Arismendi	576	50	33	5		
Valdez	25	10	19	9		
Cruz Salmeron	35	13	267	69		
Total	3657	2007	4112	2902	73	528

Fuente: Crónicas de Desastres Terremoto de Cariaco, Venezuela, 1997, OPS

Tabla S5-3.2.2 Número de Muertos y Número de Edificaciones Severamente Dañadas por el Terremoto de Quindío, Colombia 1999

Municipio	Población	Muertos	Primeros Afectados	Edificios	Cantidad de Daños			Daños Severos
					Total	Inhabitable	Parcial	
chinchina	71,621	1	200	207	21	24	154	45
Armenia	280,922	929	96,534	49,163	11,163	10,380	19,734	21,543
Buenavista	5,194	2	383	218	37	58	117	95
Calarca	74,409	84	21,591	10,558	2,200	2,632	4,990	4,832
Circasia	26,422	8	2,483	1,510	240	312	809	552
Cordoba	6,951	2	1,410	594	204	130	219	334
Filandia	14,260	0	561	553	30	83	424	113
Genova	12,131	4	9	113	1	1	104	2
La Tebaida	27,527	59	10,562	5,129	1,806	736	1,902	2,542
Montenegro	41,040	11	5,041	2,550	364	689	1,261	1,053
Pijao	9,777	4	2,287	1,351	235	349	607	584
Quimbaya	40,070	7	2,484	2,021	160	348	1,357	508
Salento	8,609	0	325	308	18	56	211	74
Pereira	438,290	61	10,978	9,391	761	1,700	6,275	2,461
Dosquebradas	172,831	6	1,219	1,126	65	199	783	264
Marsella	22,959	0	158	214	5	27	173	32
Santa Rosa de Cabal	73,947	1	270	293	30	33	210	63
Cajamarca	20,856	3	1,372	1,369	83	212	1,050	295
Roncesvalles	8,528	0	40	58	0	7	49	7
Alcala	10,184	0	203	390	24	16	334	40
Argelia	9,555	0	101	73	9	12	51	21
Bolivar	20,138	0	32	84	1	3	79	4
Caicedonia	47,353	2	1,173	1,321	46	233	985	279
La Victoria	16,810	0	244	272	16	39	215	55
Obando	16,762	0	95	422	6	14	393	20
Sevilla	62,396	1	461	853	21	84	712	105
Ulloa	6,671	0	181	333	6	43	278	49
Total	1,546,213	1,185	160,397	90,474	17,552	18,420	43,476	35,972

Tabla S5-3.2.3 Número de Muertos y Heridos Durante el Terremoto de Quindío 1999, Colombia

Departamento	Muertes	Heridos
Caldas	1	8
Quindío	1,110	7,166
Risaralda	70	1,218
Tolima	3	23
Valle del Cauca	3	108
Total	1,187	8,523

Fuente: DANE, 1999

Tabla S5-3.3.1 Resumen del Número de Edificaciones

PARROQUIA	Número de Edificaciones				
	Urbana -3F	Urbana 4F-	Total Urbana	Barrio y Rural	Total
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 PARAÍSO	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 MARTÍNEZ	5,054	1,115	6,169	597	6,766
MACARAO	306	445	752	8,101	8,853
NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE BARUTA	40	13	53	0	53
PETARE	8,236	2,372	10,608	36,213	46,821
SAN AGUSTÍN	1,122	317	1,440	3,197	4,637
SAN BERNARDINO	1,609	345	1,954	632	2,586
SAN JOSÉ	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 ROSALÍA	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
Total	66,265	17,234	83,499	231,158	314,657

Tabla S5-3.3.2 Resumen del Estimado 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
Total	314,657	100.0	10,020	100.0	602	100.0	4,306	100.0

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
Total	314,657	100.0	32,406	100.0	2,524	100.0	17,620	100.0

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
Total	314,657	100.0	1,802	100.0	62	100.0	456	100.0

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
Total	314,657	100.0	27,057	100.0	2,147	100.0	15,208	100.0

Tabla S5-3.3.3 Resultado Estimado de Daños, Caso 1967

Municipio	PARROQUIA	Urbana 4P-				Urbana 3P				Barrión y Rural				Suma			
		Edif. Danadas	Muertos	Heridos		Edif. Danadas	Muertos	Heridos		Edif. Danadas	Muertos	Heridos		Edif. Danadas	Muertos	Heridos	
Libertador	23 DE ENERO	1	1	0	0	3	0	0	0	220	7	51	0	224	8	51	0
	ALTAGRACIA	9	9	66	0	32	1	9	0	27	0	0	0	68	10	75	0
	ANTIMANO	1	1	0	0	5	0	0	0	982	49	347	0	988	50	347	0
	CARICUAO	1	1	9	0	1	0	0	0	240	8	58	0	242	9	67	0
	CATEDRAL	3	3	26	0	12	0	0	0	0	0	0	0	15	3	26	0
	COCHE	2	2	18	0	6	0	0	0	132	4	30	0	140	6	48	0
	EL JUNQUITO	1	1	8	0	0	0	0	0	246	8	94	0	247	9	102	0
	EL PARAISO	4	4	32	0	77	2	18	0	235	8	58	0	316	14	108	0
	EL RECREO	30	30	218	0	112	3	27	0	226	7	51	0	368	40	296	0
	EL VALLE	1	1	10	0	4	0	0	0	695	31	228	0	700	32	238	0
	LA CANDELARIA	9	9	67	0	40	1	9	0	7	0	0	0	56	10	76	0
	LA PASTORA	6	6	43	0	34	1	9	0	439	17	123	0	479	24	175	0
	LA VEGA	3	3	25	0	19	0	0	0	499	20	151	0	521	23	176	0
	MACARAO	1	1	0	0	0	0	0	0	216	7	51	0	217	8	51	0
	SAN AGUSTIN	6	6	47	0	26	0	0	0	192	6	44	0	224	12	91	0
	SAN BERNARDINO	6	6	48	0	32	1	9	0	79	2	15	0	117	9	72	0
	SAN JOSE	7	7	48	0	24	0	0	0	156	5	37	0	187	12	85	0
	SAN JUAN	4	4	29	0	42	1	9	0	482	20	144	0	528	25	182	0
	SAN PEDRO	13	13	96	0	44	1	9	0	17	0	0	0	74	14	105	0
	SANTA ROSALIA	8	8	57	0	53	1	9	0	454	18	130	0	515	27	196	0
	SANTA TERESA	5	5	41	0	20	0	0	0	0	0	0	0	25	5	41	0
	SUCRE	12	12	85	0	94	3	0	0	2,224	143	987	0	2,330	158	1,072	0
	Sub-total	133	133	973	0	680	15	108	0	7,768	360	2,600	0	8,581	508	3,680	0
Chatcao	CHACAO	15	15	109	0	70	2	18	0	22	0	0	107	17	127	0	
Sucre	CAUCAGUITA	1	1	0	0	0	0	0	92	2	15	0	93	3	15	0	
	FILA DE MARICHE	0	0	0	0	0	0	0	39	1	8	0	39	1	8	0	
	LA DOLORITA	2	2	13	0	0	0	0	120	3	22	0	122	5	35	0	
	PETARE	6	6	41	0	41	1	9	827	39	284	0	874	46	334	0	
	LEONCIO MARTINEZ	13	13	92	0	58	1	9	31	1	8	0	102	15	109	0	
	Sub-total	22	22	145	0	99	2	18	0	1,109	46	337	0	1,230	71	500	0
Sum	170	170	1,225	0	849	19	144	0	8,899	406	2,937	0	9,918	595	4,306	0	

Tabla S5-3.3.4 Resultado Estimado de Daños Caso 1812

Municipio	PARROQUIA				Urbana 4F				Urbana 4F				Barrio y Rural				Suma			
	Edif. Danados	Muertes	Heridos	Heridos	Edif. Danados	Muertes	Heridos	Heridos	Edif. Danados	Muertes	Heridos	Heridos	Edif. Danados	Muertes	Heridos	Heridos	Edif. Danados	Muertes	Heridos	
Liberador	23 DE ENERO	2	2	15	0	12	0	0	0	724	32	229	738	34	244					
	ALTAGRACIA	39	39	277	4	140	4	30	30	93	2	15	273	45	322					
	ANTIMANO	5	5	37	1	33	1	8	8	4,251	322	2,211	4,289	328	2,256					
	CARICUAO	6	6	44	0	6	0	0	0	660	29	208	673	35	252					
	CATEDRAL	8	8	58	1	28	1	8	8	0	0	0	36	9	66					
	COCHE	22	22	158	1	60	1	8	8	636	27	194	718	50	359					
	EL JUNQUITO	4	4	30	0	0	0	0	0	1,217	63	445	1,221	67	475					
	EL PARAISO	14	14	101	8	229	8	59	59	635	27	194	878	49	354					
	EL RECREO	83	83	581	12	302	12	88	88	491	19	137	876	114	807					
	EL VALLE	9	9	66	1	28	1	8	8	2,670	176	1,221	2,708	186	1,295					
	LA CANDELARIA	16	16	115	2	90	2	15	15	17	0	0	123	18	131					
	LA PASTORA	42	42	298	7	207	7	52	52	1,843	109	763	2,092	158	1,113					
	LA VEGA	11	11	80	1	55	1	8	8	1,474	81	570	1,540	93	657					
	MACARAO	2	2	15	0	2	0	0	0	569	24	173	573	26	187					
	SAN AGUSTIN	21	21	151	2	86	2	15	15	464	18	130	571	41	296					
	SAN BERNARDINO	16	16	115	2	80	2	15	15	185	5	37	281	23	167					
	SAN JOSE	13	13	94	1	46	1	8	8	551	23	165	611	37	267					
	SAN JUAN	11	11	80	3	120	3	23	23	1,491	83	584	1,622	97	686					
	SAN PEDRO	50	50	353	5	168	5	37	37	40	1	8	258	56	398					
	SANTA ROSALIA	26	26	186	7	211	7	52	52	1,556	87	611	1,793	120	849					
SANTA TERESA	12	12	87	1	43	1	8	8	0	0	0	55	13	95						
SUCRE	45	45	319	14	356	14	103	103	7,525	677	4,588	7,925	736	5,010						
Sub-total	459	459	3,258	73	2,301	73	544	544	27,095	1,805	12,483	29,855	2,335	16,284						
Chacao	29	29	207	3	118	3	23	23	37	1	8	184	33	237						
CAUCAGUITA	2	2	15	0	0	0	0	0	150	4	30	153	6	45						
FILA DE MARICHE	0	0	0	0	0	0	0	0	51	1	8	52	1	8						
LA DOLORITA	3	3	22	0	0	0	0	0	219	7	51	222	10	74						
PETARE	16	16	115	4	134	4	30	30	1,588	90	632	1,738	110	777						
LEONCIO MARTINEZ	22	22	158	3	103	3	23	23	76	2	15	202	27	195						
Sub-total	45	45	310	7	237	7	53	53	2,085	104	736	2,367	154	1,099						
Sum	533	533	3,775	85	2,656	85	619	619	29,217	1,910	13,226	32,406	2,528	17,620						
Sucre																				

Tabla S5-3.3.5 Resultado Estimado de Daños Caso 1878

Municipio	PARROQUIA	Edif. Dañados	Muertes	Heridos	Edif. Dañados	Muertes	Heridos	Edif. Dañados	Muertes	Heridos	Edif. Dañados	Muertes	Heridos
Liberador	23 DE ENERO	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0
	ALTAGRACIA	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	3	0
	ANTIMANO	0	0	0	0	1	0	206	6	47	207	6	47
	CARICUAO	0	0	0	0	0	0	68	2	16	68	2	16
	CATEDRAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	COCHE	1	1	10	2	0	0	72	2	16	75	3	26
	EL JUNQUITO	0	0	0	0	0	0	22	0	0	22	0	0
	EL PARAISO	0	0	0	5	0	0	31	1	8	36	1	8
	EL RECREO	3	3	22	8	0	0	24	0	0	35	3	22
	EL VALLE	0	0	0	1	0	0	227	7	54	229	7	54
	LA CANDELARIA	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0
	LA PASTORA	0	0	0	2	0	0	28	0	0	30	0	0
	LA VEGA	0	0	0	1	0	0	97	2	16	98	2	16
	MACARAO	0	0	0	0	0	0	70	2	16	70	2	16
	SAN AGUSTIN	1	1	0	3	0	0	32	1	8	35	2	8
	SAN BERNARDINO	0	0	0	1	0	0	5	0	0	6	0	0
	SAN JOSE	0	0	0	1	0	0	12	0	0	12	0	0
	SAN JUAN	0	0	0	2	0	0	47	1	8	49	1	8
	SAN PEDRO	2	2	18	7	0	0	3	0	0	12	2	18
	SANTA ROSALIA	1	1	0	7	0	0	99	2	16	108	3	16
SANTA TERESA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
SUCRE	0	0	0	3	0	0	63	1	8	66	1	8	
Sub-total		8	8	50	48	0	0	1,123	27	212	1,183	35	260
Chacao	CHACAO	1	1	9	3	0	0	2	0	0	7	1	9
Sucre	CAUCAGUITA	1	1	0	0	0	0	44	1	8	45	2	8
	FILA DE MARICHE	0	0	0	0	0	0	50	1	8	51	1	8
	LA DOLORITA	1	1	0	0	0	0	71	2	16	71	3	16
	PETARE	3	3	23	18	0	0	411	16	122	432	19	145
	LEONCIO MARTINEZ	1	1	10	5	0	0	12	0	0	18	1	10
	Sub-total		6	6	32	23	0	0	588	20	154	616	26
Sum		15	15	90	74	0	0	1,713	47	365	1,802	62	455

Tabla S5-3.3.6 Resultado Estimado de Daños Caso Ávila

Municipio	Urbana 4F -				Urbana 4F				Barrio y Rural				Suma		
	Edif.Daños	Muertes	Heridos		Edif.Daños	Muertes	Heridos		Edif.Daños	Muertes	Heridos		Edif.Daños	Muertes	Heridos
Libertador	23 DE ENERO	2	2	16	11	0	0	0	650	29	210	0	663	31	226
	ALTAGRACIA	31	31	225	111	3	22	0	75	2	15	0	217	36	262
	ANTIMANO	1	1	9	8	0	0	0	1,192	63	450	0	1,201	64	459
	CARICUAO	1	1	0	1	0	0	0	124	3	23	0	125	4	23
	CATEDRAL	8	8	59	29	1	8	0	0	0	0	0	37	9	67
	COCHE	8	8	57	21	0	0	0	296	10	74	0	325	18	131
	EL JUNQUITO	1	1	0	0	0	0	0	173	5	37	0	174	6	37
	EL PARAISO	7	7	50	117	3	22	0	503	20	146	0	626	30	218
	EL RECREO	102	102	715	374	15	108	0	582	25	181	0	1,057	142	1,005
	EL VALLE	5	5	37	15	0	0	0	2,168	136	958	0	2,188	141	995
	LA CANDELARIA	22	22	156	110	3	22	0	19	0	0	0	151	25	179
	LA PASTORA	27	27	196	152	5	37	0	1,400	77	548	0	1,580	109	781
	LA VEGA	4	4	33	34	1	8	0	774	36	260	0	813	41	300
	MACARAO	0	0	0	0	0	0	0	74	2	15	0	74	2	15
	SAN AGUSTIN	19	19	139	78	2	15	0	553	23	167	0	650	44	321
	SAN BERNARDINO	20	20	144	99	3	22	0	200	6	45	0	319	29	211
	SAN JOSE	16	16	119	59	1	8	0	473	19	139	0	548	36	265
	SAN JUAN	9	9	68	89	2	15	0	1,279	69	492	0	1,377	80	575
	SAN PEDRO	46	46	327	155	5	37	0	54	1	8	0	255	52	372
	SANTA ROSALIA	24	24	172	193	6	44	0	1,604	92	653	0	1,821	122	869
	SANTA TERESA	12	12	86	42	1	8	0	0	0	0	0	54	13	94
	SUCRE	23	23	166	224	8	58	0	2,956	204	1,427	0	3,203	235	1,652
	Sub-total	388	388	2,776	1,920	59	433	0	15,151	822	5,847	0	17,460	1,269	9,056
Chacao	58	58	413	247	9	65	0	65	1	8	0	370	68	486	
CAUCAGUITA	17	17	122	0	0	0	0	1,006	50	359	0	1,023	67	481	
FILA DE MARICHE	2	2	15	0	0	0	0	211	7	52	0	213	9	67	
LA DOLORITA	21	21	149	0	0	0	0	1,066	54	387	0	1,087	75	536	
PETARE	59	59	420	317	12	87	0	6,031	516	3,551	0	6,408	587	4,058	
LEONCIO MARTINEZ	58	58	415	273	10	73	0	166	5	37	0	497	73	525	
Sub-total	157	157	1,121	590	22	159	0	8,480	632	4,386	0	9,228	811	5,667	
Sum	604	603	4,310	2,758	89	658	0	23,696	1,455	10,240	0	27,057	2,147	15,208	

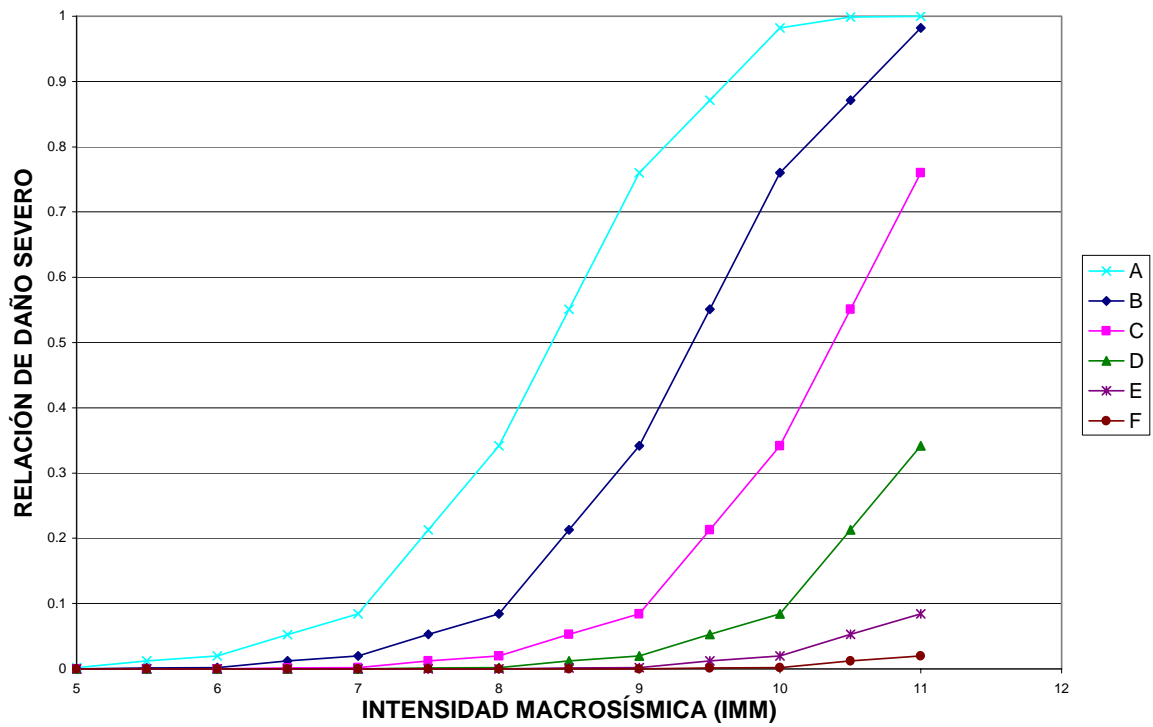


Figura S5-3.1.1 Función de Daños del Grado 4/EMS-98

Tipo de Estructura	Clase de Vulnerabilidad					
	A	B	C	D	E	F
MAMPOSTERÍA	Cantos rodados, rocas	○				
	Adobe (ladrillo de tierra)	○	—			
	Roca simple	○				
	Roca masiva	○	—			
	Sin refuerzo, con unidades de rocas manufacturadas	○	—			
	Sin refuerzo, con pisos de concreto reforzado	○	—			
	Reforzada o confinada	○	—			
		○	—			
CONCRETO REFORZADO	Marco sin diseño sismorresistente (DSR)	○	—			
	Marco con nivel moderato de DSR	○	—			
	Marco con alto nivel de DSR	○	—			
	Muros sin DSR	○	—			
	Muros con moderato nivel de DSR	○	—			
	Muros con alto nivel de DSR	○	—			
ACERO			○	—		
MADERA			○	—		

○ Clase más típica de vulnerabilidad; — Rango probable;
 Rango de casos menos probables, casos excepcionales

Figura S5-3.1.2 Clases de Vulnerabilidad de Estructuras Utilizadas en el EMS-98

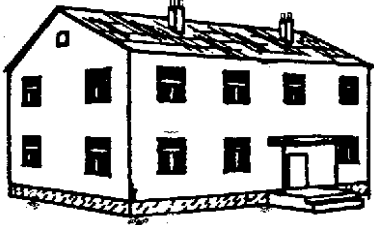
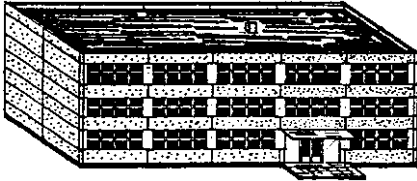

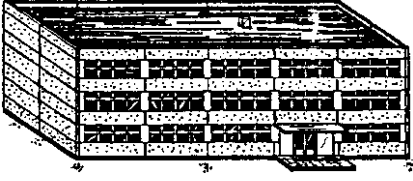
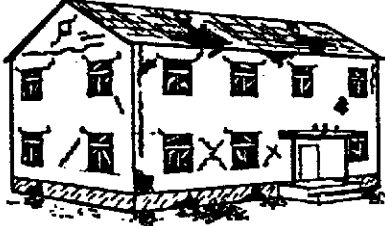


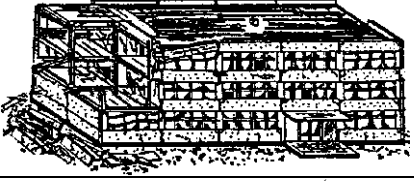


Clasificación de Daños		
	Mampostería	Edificio de Concreto Armado
Grado 1: Sin daño o daño leve (Sin daño estructural, daño no estructural leve)	Fisuras en muy pocos muros. Caída sólo de pequeños trozos de revestimiento. Caída de piedras sueltas de las partes altas de los edificios en muy pocos casos. 	Fisuras en el revestimiento de pórticos o en la base de los muros. Fisuras en tabiques y particiones. 
Grado 2: Daño moderado (daño estructural leve, daño no estructural moderado)	Grietas en muchos muros. Caída de trozos bastante grandes de revestimiento. Colapso parcial de chimeneas. 	Grietas en vigas y columnas de pórticos y en muros estructurales. Grietas en tabiques y particiones; caída de enlucidos y revestimientos frágiles. Caída de mortero de las juntas de paneles. 
Grado 3: Daño substancial a severo (daño estructural moderado, daño no estructural moderado)	Grietas grandes y generalizadas en la mayoría de los muros. Se sueltan tejas del tejado. Rotura de chimeneas por la línea del tejado. Se dañan elementos individuales no-estructurales (tabiques, hastiales y tejados). 	Grietas en pilares y en juntas viga/columna en la base de los pórticos y en las juntas de los muros acoplados. Desprendimiento de revocos de concreto, pandeo de la armadura de refuerzo. Grandes grietas en tabiques y particiones; se dañan paneles de particiones aislados. 
Grado 4: Daño muy severo (daño estructural severo, daño no estructural muy severo)	Falla seria en muros; falla estructural parcial de techos. Falla de techos y pisos. 	Grandes grietas en elementos estructurales con daños en el concreto por compresión y rotura de armaduras; fallos en la trabazón de la armadura de las vigas; ladeo de columnas. Colapso de algunas columnas o de una planta alta. 
Grado 5: Destrucción (daño estructural muy severo)	Colapso total o casi total. 	Colapso de la planta baja o de partes (por ejemplo alas) del edificio. 

Figura S5-3.1.3 Clasificación de Daños Propuesta por la Escala Macrosísmica Europea

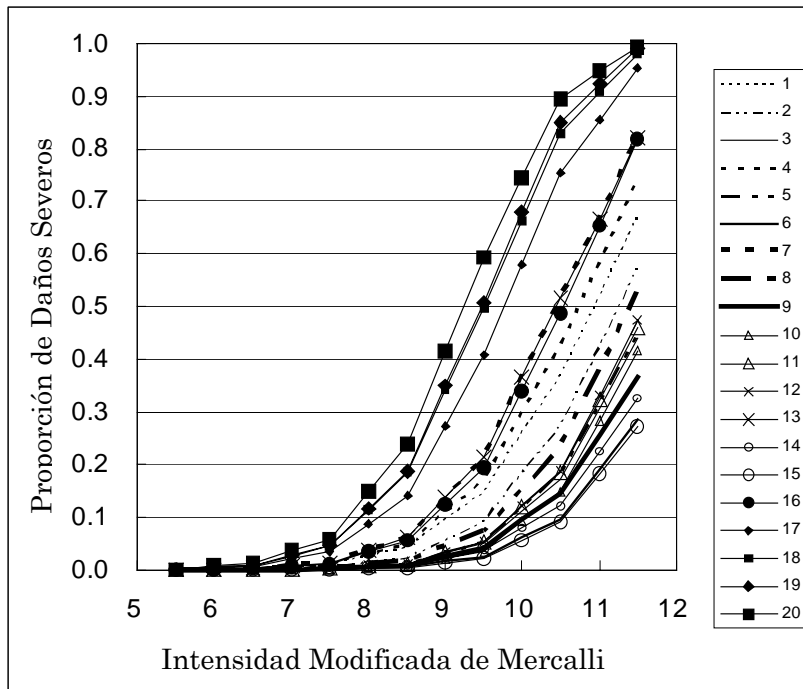
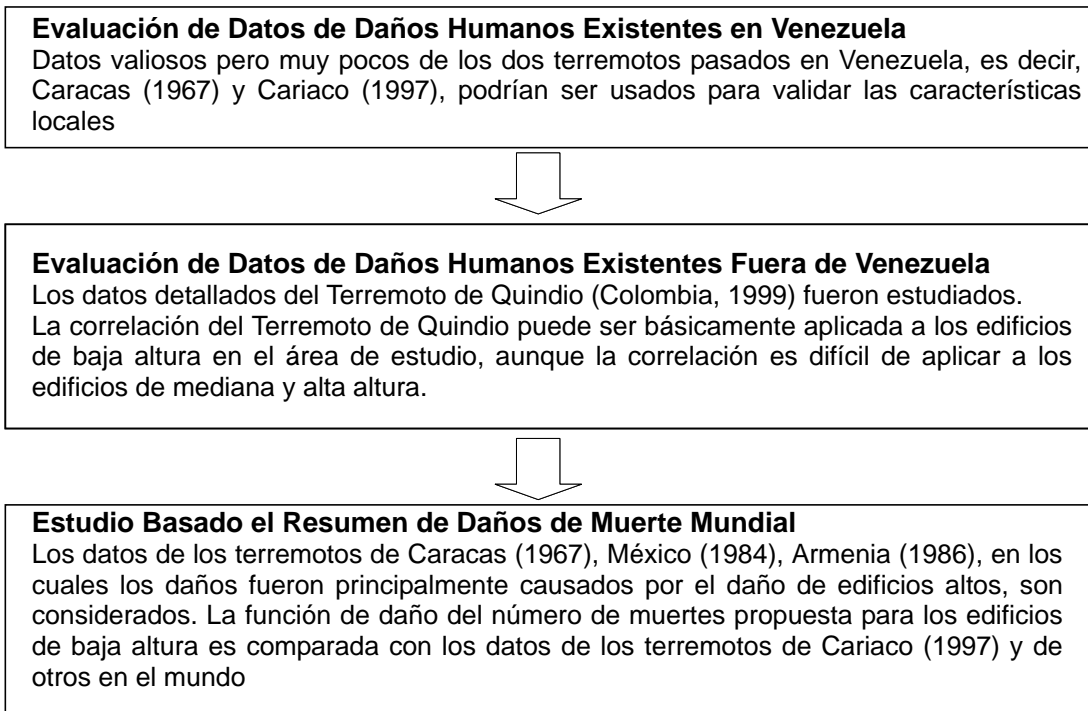


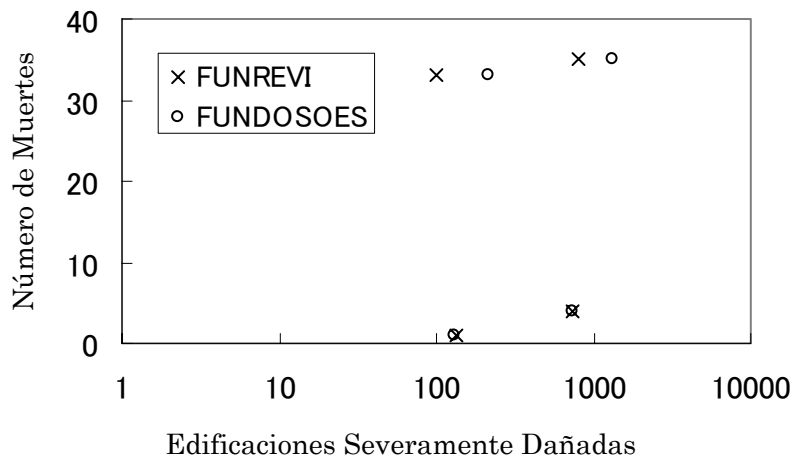
Figura S5-3.1.4 Funciones de Daño Usadas en este Estudio

Source: Safina, 2003



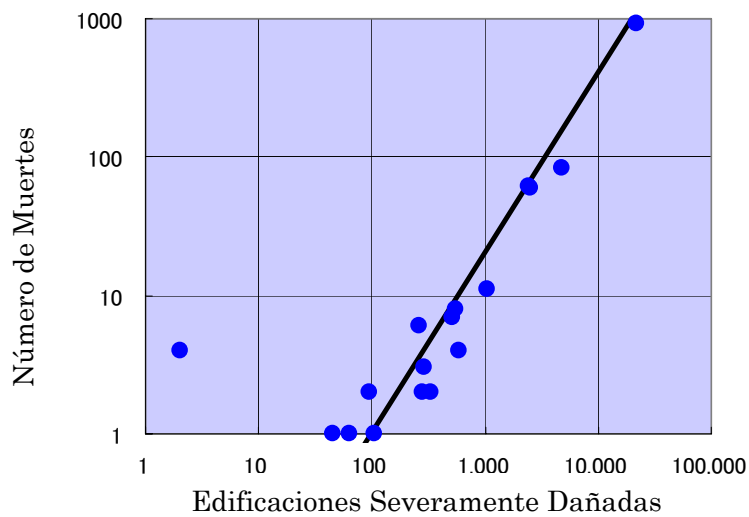
Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-3.2.1 Diagrama de Flujo de la Estimación de Pérdidas Humanas



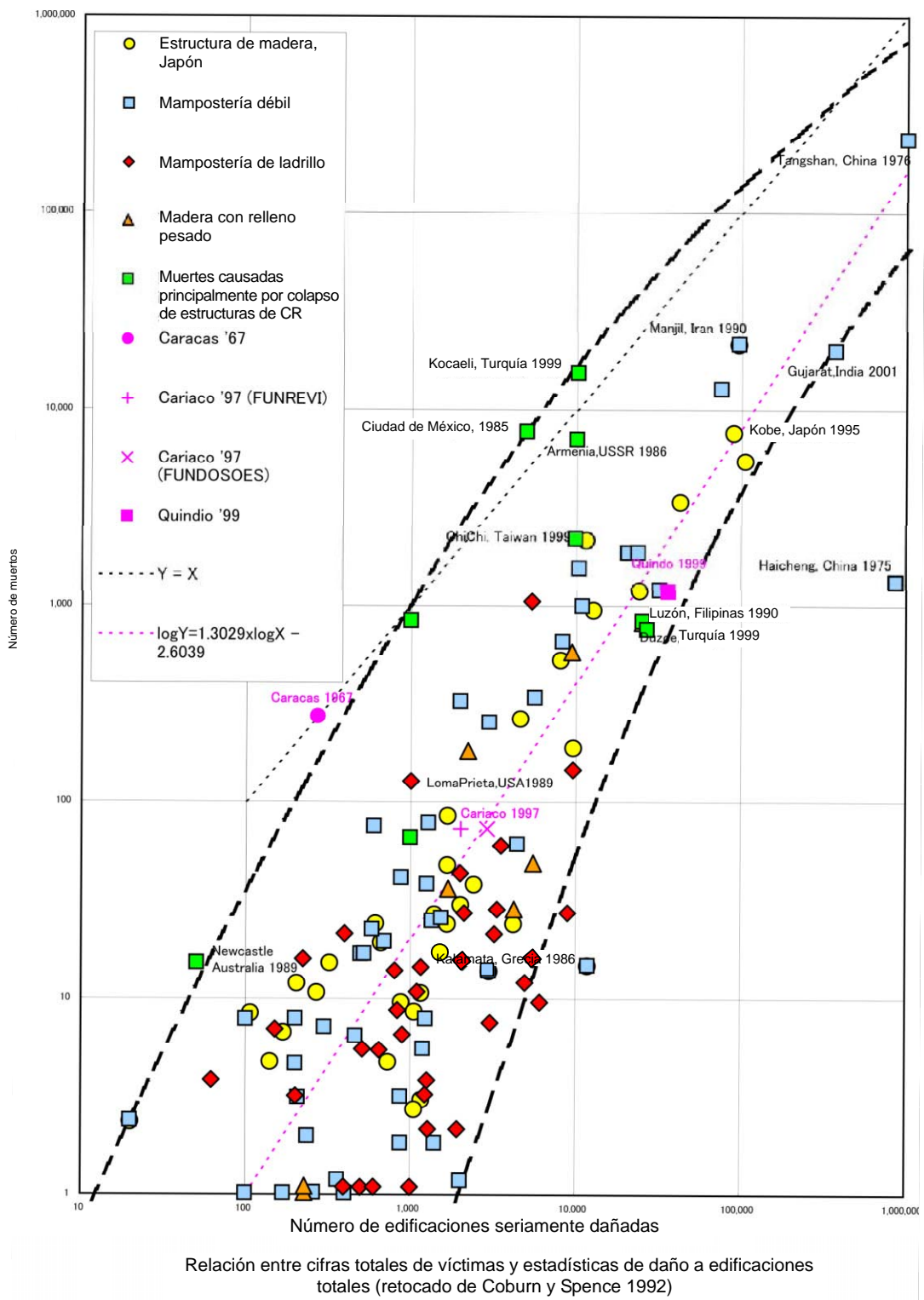
Fuente: Crónicas de Desastres Terremoto de Cariaco, Venezuela, 1997, OPS

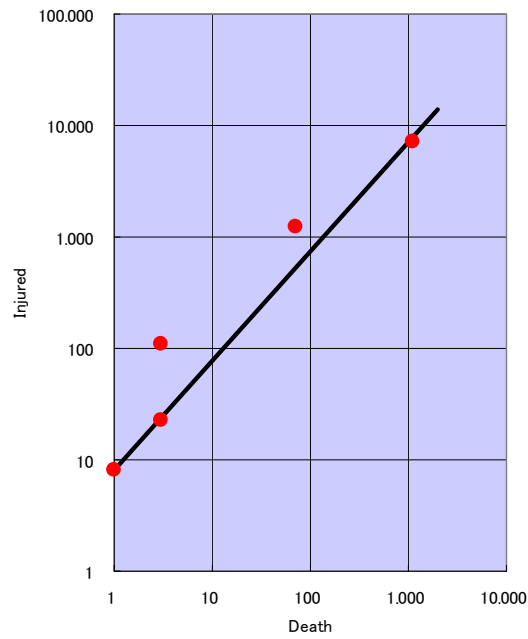
Figura S5-3.2.2 Relación entre el Número de Edificios Severamente Dañados y el Número de Muertes del Terremoto de Cariaco (1997)



Fuente: Social and Economic Dimensions of the Effects of the Earthquake in the Eje Cafetero. Diagnosis for the reconstruction, 1999, DANE y Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-3.2.3 Relación entre el Número de Edificaciones Severamente Dañadas y el Número de Muertes del Terremoto de Quindio (1999, Colombia)





Fuente: Social and Economic Dimensions of the Effects of the Earthquake in the Eje Cafetero. Diagnosis for the reconstruction, 1999, DANE, y Equipo de Estudio de JICA

Figura S5-3.2.5 Relación entre Muertes y Heridos en el Terremoto de Quindio (1999, Colombia)

S6

DISEÑO ANTISISMICO DE EDIFICACIONES

*“ La Participación Comunitaria, es la pieza clave en la
Prevención y Mitigación de Desastres.”*

Marielba Guillén

ESTUDIO SOBRE
EL PLAN BASICO DE PREVENCION DE DESASTRES
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S6

DISEÑO ANTISISMICO DE EDIFICACIONES

CONTENIDO

CAPITULO 1. EDIFICACIONES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE
CARACAS

1. 1	Clasificación por Área-----	S6-1
1. 2	Clasificación por Tipos Estructurales -----	S6-3
1. 3	Clasificación por Año de Construcción -----	S6-5
1. 3. 1.	Historia del Código Sísmico de Construcciones en Venezuela-----	S6-5
1. 3. 2	Clasificación por Año de Construcción-----	S6-6

CAPITULO 2. EVALUACION SISMICA DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES

2.1	Selección de Edificaciones para la Evaluación-----	S6-12
2.2	Investigación Visual Rápida (IVR) de Edificaciones Seleccionadas -----	S6-12
2.3	Evaluación Sísmica Detallada de Edificaciones Seleccionadas-----	S6-14
2.4	Evaluación Sísmica de Edificaciones de Barrio-----	S6-15
2.5	Seguridad Sísmica de Edificaciones Existentes en Caracas -----	S6-16

CAPITULO 3. PLAN DE REFORZAMIENTO SISMICO DE EDIFICACIONES
EXISTENTES

3.1	Política Básica -----	S6-28
3. 1. 1.	Escenarios Objeto de Terremoto -----	S6-28
3. 1. 2.	Código Sísmico de Construcción a ser Aplicado-----	S6-29
3. 1. 3.	Procedimiento Propuesto para el Reforzamiento Sísmico -----	S6-29
3. 1. 4.	Refuerzo Sísmico de Instalaciones Importantes -----	S6-30
3.2	Elección de los Métodos de Reforzamiento Sísmico para Cada Tipo de	

Edificación -----	S6-31
3. 2. 1. Métodos de Reforzamiento para las Edificaciones de Estructuras de CR-----	S6-31
3. 2. 2. Métodos de Reforzamiento para Edificaciones de Estructura de Acero -----	S6-33
3. 2. 3. Métodos de Reforzamiento para Edificaciones de Estructuras de Albañilería de Ladrillo y Adobe -----	S6-35
3. 2. 4. Métodos de Reforzamiento para Edificaciones sin Ingeniería en el Área de Barrio y Rural-----	S6-36
3.3 Efecto del Reforzamiento Sísmico-----	S6-38
3. 3. 1. Nueva Función de Daños después del Reforzamiento Sísmico -----	S6-38
3. 3. 2. Efecto Estimado del Reforzamiento Sísmico -----	S6-38
 CAPITULO 4. ANALISIS DE COSTO DE LAS EDIFICACIONES	
4.1 Costo Unitario del Trabajo de Construcción de Nuevas Edificaciones (Costo de Reemplazo de Edificaciones)-----	S6-59
4.2 Costo Total de Reemplazo y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones Existentes-----	S6-59

LISTA DE TABLAS

Tabla S6-1.3.1	Historia del Código Sísmico de Construcción en Venezuela -----	S6-7
Tabla S6-1.3.2	Clasificación de Edificaciones por Año de Construcción -----	S6-7
Tabla S6-2.2.1	Resultado del IVR: Número de Edificaciones Requiriendo Evaluación Sísmica -----	S6-17
Tabla S6-2.2.2	Resultados del IVR para Edificaciones Seleccionadas (Continúa en las siguientes 2 páginas)-----	S6-18
Tabla S6-2.3.1	Resultados de la Evaluación Sísmica Detallada-----	S6-20
Tabla S6-3.1.1	Criterio para el Plan de Reforzamiento Sísmico -----	S6-39
Tabla S6-3.1.2	Instalaciones Importantes que Deberán ser Reforzadas -----	S6-40
Tabla S6-3.3.1	Nuevas Función de Daños a Edificaciones -----	S6-40
Tabla S6-3.3.1(2)	Resumen de los Resultados de la Estimación de Daños por Caso (Cosn Reforzamiento Sísmico) -----	S6-41
Tabla S6-3.3.2	Perdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Severos y Colapso por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004)-----	S6-42
Tabla S6-3.3.3	Perdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004) -----	S6-43
Tabla S6-3.3.4	Perdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Severos y Colapso por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004)-----	S6-44
Tabla S6-3.3.5	Perdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004) -----	S6-45
Tabla S6-4.1.1	Precios de Referencia en Caracas (Continúa en la Siguiete Página)-----	S6-60
Tabla S6-4.1.1	Precios de Referencia en Caracas (Continuación) -----	S6-61
Tabla S6-4.1.2	Costo Unitario Bruto Típico para los Trabajos de Reemplazo de Edificaciones en Caracas -----	S6-62
Tabla S6-4.2.1	Área Total de Piso, Costo de Reemplazo y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones Existentes en Caracas (Febrero 2004)-----	S6-63
Tabla S6-4.2.2	Cantidad de Edificaciones en Cada Área y su Uso -----	S6-64
Tabla S6-4.2.3	Tasa de Evaluación Sísmica y Reforzamiento Requeridos, y el Costo del Reforzamiento Sísmico por Costo de Reemplazo de Edificaciones-----	S6-65

LISTA DE FIGURAS

Figura S6-1.1.1	Área de Estudio Clasificada por Áreas -----	S6-8
Figura S6-1.1.2	Edificios en el Área Urbana -----	S6-8
Figura S6-1.1.3	Edificios en el Área Rural-----	S6-8
Figura S6-1.1.4	Edificaciones Condensadas en Barrios -----	S6-8
Figura S6-1.2.1	Pórticos a Momento Resistente con Estructura de CR -----	S6-9
Figura S6-1.2.2	Pared de Corte con Estructura de CR-----	S6-9
Figura S6-1.2.3	Método de Prefabricación de Estructura CR-----	S6-9
Figura S6-1.2.4	Pórticos a Momento Resistente y Combinación Usando Pórticos a Soporte con Estructura de Acero-----	S6-10
Figura S6-1.2.5	Pórticos a Momento Resistente de una Estructura de Acero-----	S6-10
Figura S6-1.2.6	Estructura de Acero Liviana -----	S6-10
Figura S6-1.2.7	Estructura de Ladrillo de Concreto-----	S6-11
Figura S6-2.2.1	Hoja de Puntaje con un Registro Actual-----	S6-21
Figura S6-2.2.2	Organigrama del Procedimiento de Investigación Rápida (PIR)-----	S6-22
Figura S6-2.2.3	Procedimiento de la Evaluación Sísmica (Continúa en la siguiente página) -----	S6-23
Figura S6-2.2.4	Hoja de Tabulaciones para Edificaciones Sin Ingeniería -----	S6-25
Figura S6-2.2.5	Hoja de Puntaje para las Edificaciones Sin Ingeniería -----	S6-26
Figura S6-2.2.6	Resultado de la IVR: Relación entre el Año de Construcción y el Puntaje Final -----	S6-27
Figura S6-3.1.1	Concepto Básico para el Reforzamiento Sísmico -----	S6-46
Figura S6-3.2.1	Método de Reforzamiento para las Edificaciones Existentes de Acero y CR-----	S6-47
Figura S6-3.2.2	Método de Reforzamiento Sísmico: Instalación de Pared de Corte CR -----	S6-48
Figura S6-3.2.3	Método de Reforzamiento Sísmico: Pared de Corte con Columna y Viga -----	S6-49
Figura S6-3.2.4	Método de Reforzamiento Sísmico: Soporte de Acero y Panel de Acero-----	S6-50
Figura S6-3.2.5	Ejemplo del Reforzamiento del Soporte de Acero -----	S6-51
Figura S6-3.2.6	Sistema de Aislamiento para la Base -----	S6-51

Figura S6-3.2.7	Método de Reforzamiento Sísmico: Instalación de Pared de Corte CR -----	S6-52
Figura S6-3.2.8	Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Unifamiliares (1) -----	S6-53
Figura S6-3.2.9	Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Unifamiliares (2) -----	S6-54
Figura S6-3.2.10	Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Multifamiliares (1) -----	S6-55
Figura S6-3.2.11	Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Multifamiliares (2) -----	S6-56
Figura S6-3.2.12	Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Multifamiliares (3) -----	S6-57
Figura S6-3.2.13	Reforzamiento de Paredes Exteriores y Columnas por Método Jacketing-----	S6-58
Figura S6-3.3.1	Cronograma para el Plan de Reforzamiento Sísmico para las Edificaciones-----	S6-58

S-6 DISEÑO ANTISÍSMICO DE EDIFICACIONES

CAPÍTULO 1. EDIFICACIONES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

La evaluación de la resistencia de edificaciones contra terremotos es importante para el estudio de la prevención de desastres por terremoto, porque la misma está directamente conectada a la seguridad de la vida humana durante terremotos de gran magnitud.

Para este propósito, una forma es evaluar todas las edificaciones en el área de estudio, una por una, y sumar todos y cada uno de los resultados. Esto proporcionaría resultados más exactos, pero es prácticamente imposible hacer esto durante un período de estudio limitado. Por lo tanto, el enfoque estadístico es utilizado para evaluar la totalidad de las edificaciones en el área de estudio en este trabajo de investigación.

Para evaluar las edificaciones de una manera estadística, se requiere primero clasificar las construcciones en el área de estudio. La clasificación puede ser hecha por área, por tipo estructural, y por año de construcción. En este capítulo, la clasificación de edificaciones se realiza desde estos puntos de vista.

1.1 Clasificación por Área

Las edificaciones en Caracas están clasificadas según las tres áreas siguientes: Urbana, Rural y Barrio.

Las edificaciones en el área urbana están localizadas alrededor de las autopistas y vías rápidas, las cuales están orientadas en las direcciones Este-Oeste y Norte-Sur. Estas edificaciones son construcciones de ingeniería que fueron construidas sobre la base del código sísmico Venezolano con un costo razonable. Las mismas tienen una capacidad sísmica normal.

Las edificaciones en el área rural están ubicadas en las afueras de las áreas urbanas, excepto en Chacao. En esta área, hay muchas casas, pocas industrias y residencias de apartamentos. Estas edificaciones, excepto las residencias de apartamentos, son principalmente construcciones sin ingeniería con bajo costo y baja capacidad sísmica.

Las edificaciones en las áreas de barrio están ubicadas, además de estar ocupadas ilegalmente, en lugares empinados tales como pequeñas montañas y colinas. Estas edificaciones ilegales y sin ingeniería tienen una muy alta fragilidad contra un terremoto.

Una clasificación por área en el área de estudio se muestra en la Figura S6-1.1.1.

(1) Edificaciones en el Área Urbana

En el área urbana se encuentran edificaciones urbanas modernas, las cuales varían desde una casa de una planta hasta edificios de oficinas de 59 pisos. Hay muchos parques con vegetación y plazas de monumentos. La mayoría de las edificaciones son casas que están exceptuadas de permiso de construcción; sin embargo, estas edificaciones son construcciones de ingeniería con capacidad sísmica normal.

Otras edificaciones tienen diferentes tipos de construcciones, desde edificaciones antiguas hasta modernas tales como oficinas, residencias de apartamentos, escuelas y colegios, oficinas gubernamentales, hospitales e iglesias, etc. Estas edificaciones están diseñadas y construidas basadas en el Código Sísmico Venezolano con un costo razonable.

Una muestra de las edificaciones del área urbana se presenta en la Figura S6-1.1.2.

(2) Edificaciones en el Área Rural

Hay casas de baja altura, galpones e industrias, y edificios altos de apartamentos en el área rural. Las casas de baja altura y los galpones están contruidos de concreto reforzado, bloques de concreto reforzado y madera. Las edificaciones industriales están contruidas de acero, y una combinación de concreto reforzado y acero. En algunas áreas, existen edificios altos de apartamentos que están contruidos de concreto reforzado. Estas edificaciones son de alta fragilidad contra terremotos debido a la baja calidad, con excepción de los edificios altos de apartamentos

Una muestra de edificaciones en el área rural se presenta en la Figura S6-1.1.3.

(3) Edificaciones en Área (Ilegalmente Ocupada) de Barrios

De acuerdo a los datos del Censo de 1990, el área ocupada ilegalmente comparte aproximadamente 44% de la población en el área de estudio.

Debido a la rápida sobrepoblación de la ciudad, las casas en las áreas ilegalmente ocupadas están contruidas en su mayoría sobre las pendientes de colinas, cubriendo totalmente las colinas. En la mayoría de los casos, estas edificaciones son ilegales, y no tienen suficiente infraestructura para un área de vivienda.

Dado que las edificaciones en esta área están contruidas en lugares ocupados ilegalmente, el código de construcción y el código sísmico no son aplicadas a ellas. Estas edificaciones están contruidas con concreto reforzado de bajo costo, al igual que las casas sin ingeniería.

Además, estas edificaciones tienen problemas de estabilidad de las pendientes. En caso de un terremoto de gran intensidad, estas estructuras tendrán problemas en su resistencia antisísmica.

Una muestra condensada de edificaciones en el área de barrios se presenta en la Figura S6-1.1.4.

1.2 Clasificación por Tipos Estructurales

En Caracas, las estructuras de construcción se dividen en varios tipos. Para materiales estructurales, tres materiales son reconocidos. El principal es la estructura de concreto reforzado (CR). El segundo es la estructura de acero. El tercer material es la estructura de albañilería de ladrillo y adobe.

Las estructuras encofradas de CR y acero a menudo tienen una pared de ladrillos ahuecados en el armazón. La estructura de CR se divide en tres tipos que son: pórticos a momento / fuerza resistente, pared de corte, y estructura prefabricada. Las estructuras de acero son de tres tipos: pórticos a momento/ fuerza resistente, pórticos a riostra/ reforzada y estructura ligera. Sin embargo, la estructura de acero ocupa solamente 3,9% de las construcciones del área urbana. Las estructuras de albañilería hechas de ladrillo y adobe ocupan 13,7% y 0,5% de las construcciones en el área urbana, respectivamente.

(1) Pórticos a Momento/ Fuerza Resistente de Estructura de Concreto Reforzado (CR)

De acuerdo a la muestra del estudio de 1.003 edificaciones, 82% de las edificaciones en el área de estudio están construidas con pórticos a /fuerza resistente de estructura de concreto reforzado. Las paredes exteriores y las paredes divisorias están hechas de ladrillos de centro hueco con espesor de 10 cm, 12 cm y 15 cm, los cuales son livianos y tienen alto aislamiento y poca fuerza / resistencia de corte. La mayoría de estas paredes de ladrillo son vaciadas en el encofrado de columnas y vigas. Por esa razón, se han observado muchos problemas, debido a la pared y brecha del trazado, tales como planta endeble, columnas cortas y posible torsión durante un terremoto.

Una muestra de Pórticos a Momento/ Fuerza Resistente de Estructura de CR se presenta en la Figura S6-1.2.1.

(2) Pared de Corte de Estructura de CR

Una pared de corte de estructura de CR se adopta para casas multifamiliares y edificios de alrededor de 20 pisos. Hay muy pocas edificaciones de este tipo de estructura.

Una muestra de las edificaciones de Pared de Corte de Estructura de CR se muestra en la Figura S6-1.2.2.

(3) Método de Prefabricación de Estructura de CR

Un método de prefabricación de estructura de CR se adopta para edificios de apartamentos y edificios altos de oficinas. Existen aproximadamente 60 edificios de este tipo de estructura en el área de estudio.

Una muestra de las edificaciones con el Método de Prefabricación de estructura de CR se presenta en la Figura S6-1.2.3.

(4) Pórticos a Momento/ Fuerza Resistente y Uso Combinado de Pórticos a Riostra/ Reforzada de Estructura de Acero

Estos tipos de estructuras son usados principalmente para edificios de oficinas, tiendas e industriales con menos de 4 pisos. No hay muchos edificios de estos tipos de estructuras. Dado que la mayoría de las bases de columnas están hechas con un soporte de perno en lugar de un soporte fijo, se esperara un gran desplazamiento horizontal en la planta baja al ocurrir un terremoto de gran magnitud.

Para la conexión entre columna y viga, no se provee un diafragma exterior y la moldura es soldada en el sitio. La estructura de riostra de columna de acero de forma de H para la dirección axial débil es utilizada para edificios industriales y de oficinas.

Una muestra de las edificaciones con pórticos a momento/ fuerza resistente y uso combinado de pórticos a riostra/ reforzada de estructura de acero se presenta en la Figura S6-1.2.4. Una muestra de un Pórticos a Momento/ Fuerza Resistente de Estructura de Acero se presenta en la Figura S6-1.2.5.

(5) Estructura de Acero Ligera

Este tipo de estructura es adoptada para edificios industriales de una planta y para la estructura del techo de estacionamientos, etc. Estas edificaciones son de estructura ligera, como el sistema de estructura de acero reducido de lámina delgada, y la combinación de soporte entramado con tubo de lámina delgada cuadrada y enrejado de doble barra. La estructura en la dirección longitudinal está provista de riostra o de pared de ladrillo en la armazón. La mayoría de las bases de columnas de acero usan soportes de perno.

(6) Estructura de Albañilería de Ladrillo o Adobe

Este tipo estructural de edificaciones fueron construidas hasta el principio de la década de los ochenta, y permanecen aproximadamente 11.800 construcciones en el área urbana; pero no se

han construido edificaciones de este tipo desde entonces. Hay algunas edificaciones que experimentaron el terremoto de Caracas de 1967, pero no quedan muchos en la actualidad. Muchas de las edificaciones sufren deterioro en los ladrillos y empalmes (uniones), debido a que han transcurrido de 30 a 40 años desde su construcción.

Una muestra de la Estructura de Albañilería de Ladrillo se presenta en la Figura S6-1.2.7.

1.3 Clasificación por Año de Construcción

El código de construcción en Venezuela fue decretado en 1939, y revisado cinco veces desde 1947 a 2001. Aunque la capacidad sísmica de las edificaciones ha sido mejorada en cada revisión, sin embargo, el coeficiente base de corte para el área de Caracas en el código sísmico antes de 1982 corresponde a terremotos de intensidad media a moderada. En general, dado que las estructuras de construcción han sido diseñadas y hechas en base a requerimientos mínimos del código sísmico, si un terremoto mayor ocurre en Caracas, hay posibilidad de que se sufran grandes daños en edificaciones, especialmente en aquellas construcciones de antes de 1982.

1.3.1. Historia del Código Sísmico de Construcciones en Venezuela

No existía código sísmico antes de 1938 en Venezuela. En 1939, el primer código sísmico de construcción fue decretado en Venezuela basado en el Código Sísmico de California. Desde entonces, éste fue revisado en 1947, 1955, 1967, 1982 y 2001, respectivamente, como se muestra en la Tabla S6-1.3.1.

El resumen de cada revisión del código sísmico se describe brevemente a continuación:

- 1947: La primera revisión fue publicada con la introducción del método del coeficiente base de corte.
- 1955: La segunda revisión fue publicada con la introducción del sistema de zonificación sísmica como Zona [A] a la [C] (Caracas está en la Zona B), y el coeficiente base de corte era determinado por el número de pisos de construcción.
- 1967: La tercera revisión fue publicada. La revisión fue determinada por el estudio del terremoto de Caracas de 1967 y la referencia del Código Sísmico de California. La zonificación sísmica fue dividida en 4 zonas de Z0 a Z3, y el valor del coeficiente base de corte fue aumentado. Caracas estaba incluida en la zona más estricta [Z3].
- 1982: La cuarta revisión fue publicada. Dos revisiones principales fueron introducidas: el Coeficiente Sísmico (C) en cada zona sísmica fue aumentado, y el coeficiente de construcción fue

nuevamente incorporado como 1.25 y 1.0. La zona sísmica fue redividida en 5 zonas entre 0 (cero) a 4 (cuatro). La zona de Caracas también era la más estricta (Zona 4), la cual especificaba el valor base de 0,30g de aceleración pico del suelo. La limitación del impulso horizontal fue especificado como 0,015 a 0.024 en altura en cada componente estructural, respectivamente. El análisis estructural puede usar el método estadístico para edificaciones con menos de 20 pisos o 60 metros de altura. Sin embargo, el método de análisis estadístico debe ser usado para los edificaciones con más de 20 pisos o 6 metros de altura.

- 1998: La quinta revisión con cambios parciales fue publicada.
- 2001: El Código Sísmico Venezolano de Construcción original fue decretado. El código aplica para el análisis y diseño de nuevas edificaciones de estructura de concreto, acero y combinación de acero-concreto. Sin embargo, no cubre las edificaciones de concreto prefabricado. Es aceptado que la estructura resistente a terremotos puede deformarse dentro del rango plástico sin pérdida sensible de resistencia. El terremoto diseñado tiene un 10% de probabilidad de excederse en 50 años (período de retorno de 475 años). La importancia del factor (α) se incrementa a tres tipos tales como 1,30- 1,15- y 1,0-. La zona sísmica se divide en ocho (8) zonas entre 0 (cero) y 7 (siete); la zona de Caracas se especifica como Zona 5, lo cual eleva el valor base de 0,30g de aceleración pico del suelo.

1. 3. 2 Clasificación por Año de Construcción

La capacidad sísmica de las edificaciones existentes en Caracas ha sido mejorada con cada revisión del código sísmico, como se muestra en la Tabla S6-1.3.1. Sin embargo, las edificaciones antiguas tienen fragilidad sísmica debido a la degradación por meteorización, y/ o redecoración, etc. En este estudio, FUNVISIS y el Equipo de Estudio de JICA dividieron en tres (3) los períodos de construcción: antes de 1967, 1968 a 1982, y después de 1983, para la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones existentes. Existen pocas edificaciones diseñadas en base al código sísmico 2001, en vigencia.

De acuerdo al resultado de la muestra de 1.003 edificaciones del estudio en el área urbana, los números de edificaciones clasificadas y la proporción de cada período se muestran en la Tabla S6-1.3.2.

Tabla S6-1.3.1 Historia del Código Sísmico de Construcción en Venezuela

Código Sísmico	Formula para el diseño de la Base de Corte mediante el procedimiento de la fuerza estática lateral	Coefficiente de Zona Sísmica: Ao (g)	Zona de Destino en Caracas	Periodo Elástico Fundamental de Vibración de la construcción (en segundos) en base a la altura y al ancho (en metros)	Factor de Importancia: (α)
Norma -1947	$V_o = CQ$	Zona B (La mas severa) Zona A Zona C	A	No Especificada	No Especificada
Norma -1955	$V_o = CQ$ $C = 0.05 \sim 0.25$	Zona C (La mas severa) Zona B Zona A	B	No Especificada	No Especificada
Norma -1967	$V_o = CQ$ $C = 0.06 \sim 0.15$	Zo, Z1, Z2 , Z3 (La mas severa)	Z2	No Especificada	No Especificada
Norma COVE NIN 1756-1982	$V_o = \mu AdW$ El Valor μ mayor que: $1.5(N+1)/(2N+1)$ o $0.80\{(T/T^*)-1\}^{1/20}$	Z0= 0, Z1= 0.08 Z2=0.15, Z3=0.22 Z4=0.30	Z4	Para el tipo Estructural I : $T_a = 0.061 hn^{0.75}$ Tipo II & III: $T_a = 0.09 hn / vL$	Tipo A: 1.25 Tipo B: 1
Norma COVE NIN 1756-2001	$V_o = \mu AdW$ El Valor μ mayor que: $1.4(N+9)/(2N+12)$ o $0.80\{(T/T^*)-1\}^{1/20}$	Z0= 0, Z1= 0.10 Z2=0.15, Z3=0.20 Z4=0.25, Z5=0.30 Z6=0.35, Z7=0.40	Z5	Para el tipo Estructural I : $T_a = Ct hn^{0.75}$ Tipo II, III & IV: $T_a = 0.05 hn^{0.75}$ $Ct = 0.07$ (Construcción de CR) $Ct = 0.08$ (Construcción Acero)	Tipo A: 1.3 TipoB: 1.15 TipoC: 1

Donde: V_o : Base de Corte C: Coeficiente Sísmico
 Q : Peso Total de la construcción sobre el nivel de la base
 μ : El mayor de los valores
 Ad : Ordenada del espectro del diseño
 N : Número de pisos
 T^* : Periodo dado en la Tabla 7.2; S1:0.4, S2:0.6, S3:1.0
 T_a : El periodo fundamental estimado
 hn : Altura de la construcción medida desde el nivel de la base, en metros

Fuente: FUNVISIS

Tabla S6-1.3.2 Clasificación de Edificaciones por Año de Construcción

Año de Construcción	Número de Edificaciones	Tasa/ Proporción
Antes de de 1967	517	51.5%
1968 ~ 1982	376	37.5%
Después de 1983	110	11.0%
Sumatoria	1,003	100.0%

Equipo de Estudio JICA

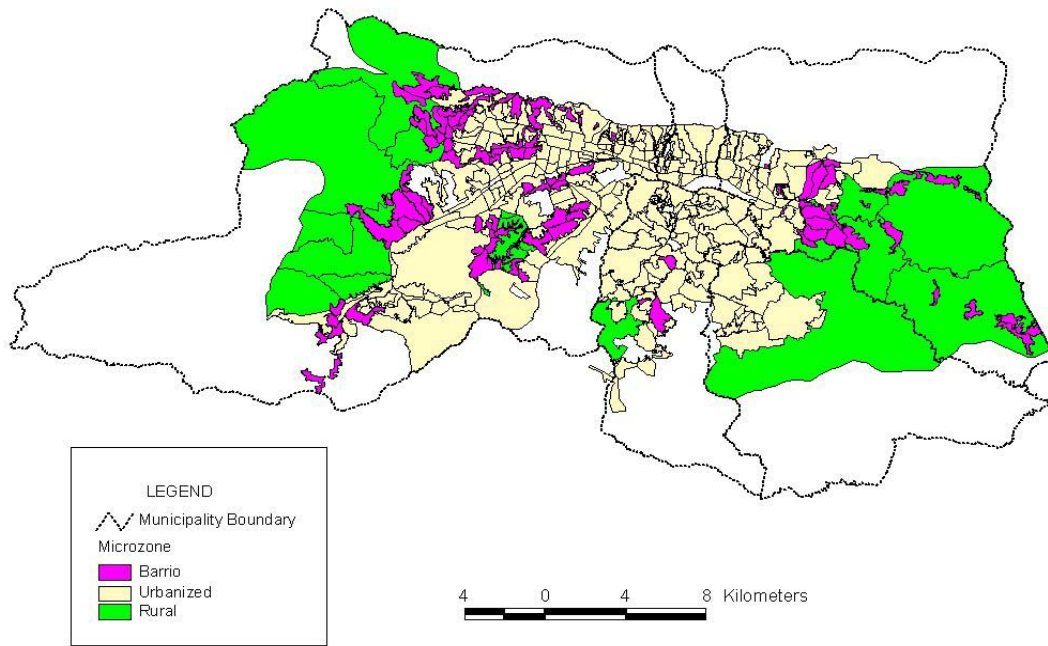


Figura S6-1.1.1 Area de Estudio Clasificada por Areas



Figura S6-1.1.2 Edificios en el Area Urbana



Figura S6-1.1.3 Edificios en el Area Rural



Figura S6-1.1.4 Edificaciones Condensadas en Barrios



Figura S6-1.2.1 Pórticos a Momento Resistente con Estructura de CR



Figura S6-1.2.2 Pared de Corte con Estructura de CR



Figura S6-1.2.3 Método de Prefabricación de Estructura CR



Figura S6-1.2.4 Pórticos a Momento Resistente y Combinación Usando Pórticos a Soporte con Estructura de Acero



Figura S6-1.2.5 Pórticos a Momento Resistente de una Estructura de Acero



Figura S6-1.2.6 Estructura de Acero Liviana



Figura S6-1.2.7 Estructura de Ladrillo de Concreto

CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES

En este Capítulo se describe la evaluación sísmica de las edificaciones existentes en las áreas urbanas, rurales y barrios. La evaluación sísmica se lleva a cabo para determinar si una construcción es segura o no contra un terremoto mayor. Este trabajo de evaluación presenta algunas dificultades tales como la gran cantidad de edificaciones existentes, número insuficiente de ingenieros, carencia de planos de construcción, falta de información referente a trabajos de ampliación y/o redecoración, y además, un precio de evaluación muy alto. Por lo cual, el método de Inspección Visual Rápida (IVR) fue preparado como una evaluación sísmica simplificada para ahorrar costos y tiempo. Luego del trabajo de IVR, a las edificaciones inseguras seleccionadas se les deberá realizar una evaluación sísmica detallada por un ingeniero estructural.

Sin embargo, no existen métodos de evaluación sísmica particulares en Caracas, debido a que la evaluación sísmica no prevalece. En concordancia, el Equipo de Estudio de JICA y FUNVISIS adoptaron los métodos de evaluación sísmica desarrollados por la Agencia Federal de Administración de Emergencias (FEMA, *Federal Emergency Management Agency*), aplicadas en Estados Unidos actualmente.

2.1 Selección de Edificaciones para la Evaluación

En el caso de edificaciones importantes, el propósito de la evaluación sísmica es juzgar si la función de estas edificaciones se mantiene o no durante un terremoto mayor; de tal manera que las mismas puedan servir como instalaicones para albergar refugiados y de alivio después de un terremoto.

Existen más de 1.000 edificaciones importantes en el área de estudio. En esta investigación, 33 edificaciones se seleccionaron en forma aleatoria. La Inspección Visual Rápida (IVR) fue aplicada como una evaluación inicial; para determinar si una evaluación sísmica detallada es requerida o no. Por lo que la evaluación sísmica detallada se realiza para las edificaciones investigadas a través de la evaluación inicial.

2.2 Inspección Visual Rápida (IVR) de Edificaciones Seleccionadas

La IVR fue diseñada como un procedimiento en el cual ningún cálculo estructural es realizado. El juicio sobre si la edificación es segura o no, está basado en un sistema de puntaje. En la IVR, la inspección, la recolección de datos y la toma de decisiones son básicamente realizados en el sitio de la edificación.

El valor umbral del puntaje “S” de este sistema de puntaje es 2.0, lo cual significa que edificaciones con un puntaje más alto que 2.0 son consideradas potencialmente seguras en el evento de un

terremoto. Sin embargo, estos puntajes son de adaptación controversial para Caracas, Venezuela, porque el sistema fue desarrollado en Estados Unidos. En consecuencia, FUNVISIS y el Equipo de Estudio de JICA decidieron el valor S, y el año posterior de benchmark a partir del estudio de campo y una profunda discusión, como sigue:

- Valor básico de juicio: S/ Factor Importante de Construcción (Código Sísmico 2001) = 2.0
- Año posterior de benchmark: 2001

La hoja de puntaje con el registro actual se muestra en la Figura S6-2.2.1.

El diagrama de flujo para el proceso de identificación del Procedimiento de Investigación Rápida (PIR) se muestra en la Figura S6-2.2.2.

FUNVISIS y el Equipo de Estudio de JICA realizaron la IVR para 32 edificaciones, con excepción de una edificación que rechazó la IVR. El resultado demuestra que la evaluación sísmica detallada es requerida para 24 edificaciones de un total de 32 edificaciones importantes. Estas 24 edificaciones serán intervenidas en la fase de evaluación sísmica detallada como se muestra en la Figura S6-2.2.2.

El resultado de la IVR: La relación entre el año de construcción y puntos de S se muestra en la Figura S6-2.2.6, y entre el uso de la edificación, año de construcción y tipo de estructura se resume en la Tabla S6-2.2.1.

El resultado de la IVR para cada edificación se muestra en la Tabla S6-2.2.2.

(1) Inspección Visual Rápida (IVR) de Edificaciones Sin Ingeniería

Existe una gran cantidad de edificaciones que no siguen las normas de ingeniería (sin ingeniería) en las áreas rurales y barrios en el área de estudio.

Las hojas de control de la IVR para estas edificaciones son requeridas para el mejoramiento del plan de desastres sísmicos. FUNVISIS y el Equipo de Estudio de JICA suministraron una nueva hoja de control como propuesta. Sin embargo, FUNVISIS hará un estudio más profundo al respecto.

La propuesta de una hoja de control para edificaciones sin ingeniería se muestra en las Figuras S-2.2.4 y S-2.2.5.

2.3 Evaluación Sísmica Detallada de Edificaciones Seleccionadas

De acuerdo al resultado de la IVR, el Equipo de Estudio de JICA y FUNVISIS utilizaron el método de evaluación sísmica desarrollado por FEMA como una evaluación sísmica detallada para edificaciones seleccionadas. La evaluación sísmica detallada fue realizada con modelos apropiados de armazones estructurales, y analizada sobre la base del Código Sísmico de Venezuela 2001, y los siguientes libros de referencia fueron utilizados:

- La Evaluación de Edificaciones Existentes: FEMA 178
- Evaluando la Resistencia Sísmica de Edificaciones Existentes: ATC 14
- Rehabilitación Sísmica de Edificaciones - Fase 1: FEMA 237
- NEHRP Folleto de Técnicas para la Rehabilitación Sísmica de Edificaciones Existentes
- Código de Evaluación Sísmica para Edificaciones de Concreto Reforzado Existentes en Japón

La información sobre las edificaciones existentes, tal como los dibujos arquitectónicos, dibujos estructurales, hojas de cálculo, y otras especificaciones, son necesarias para una evaluación sísmica detallada. Si se ha llevado a cabo algún trabajo de ampliación en la edificación, esta información es necesaria. La otra información será obtenida mediante una revisión visual de los componentes estructurales en sitio, y/ o una prueba de la muestra de materiales estructurales tales como concreto y barras reforzadas en el laboratorio.

El Equipo de Estudio de JICA intentó recolectar la información de construcción existente para las 24 edificaciones . Sin embargo, solamente se pudieron obtener los dibujos y hojas de cálculo para 4 de las edificaciones. Estas 4 edificaciones importantes son: 2 hospitales, 1 oficina gubernamental y 1 edificio escolar.

En base a los dibujos y hojas de cálculo recolectados, se realizó la evaluación sísmica detallada de las 4 edificaciones importantes. Sin embargo, dado que la información recolectada no fue suficiente, los componentes estructurales desconocidos fueron asumidos mediante juicios de ingeniería, debido a la carencia de dibujos/ planos. Los resultados de la evaluación detallada se muestran en la Tabla S6-2.3.1.

Algunas de las observaciones obtenidas a través del trabajo de evaluación sísmica de las edificaciones con ingeniería existentes (en el área urbana) son las siguientes:

- Algunas edificaciones de CR construidas antes 1967, fueron diseñadas con el sistema de viguetas de losa sin vigas principales paralelas a la dirección de la viguetas, y las vigas de carga eran muy pequeñas. Como resultado, estas edificaciones no tenían capacidad sísmica.

- Una edificación no tenía vigas de carga en parte de la base de las columnas.
- Se observó en muchas edificaciones la carencia de ancladero para las barras superiores en las vigas.
- Algunas edificaciones han carecido de estribos en las columna en comparación con el actual Código ACI.

2.4 Evaluación Sísmica de Edificaciones de Barrio

La mayoría de las edificaciones de barrio son casas que han sido construidas en áreas ocupadas ilegalmente y sobre suelos empinados. Por lo tanto, a las mismas no se les aplicó el código de construcción ni el código sísmico. Estas casas no tienen ingeniería y están construidas con concreto reforzado de bajo costo y de baja calidad. Además tienen el problema de inestabilidad por la pendiente. Más aún, una gran cantidad de casas han sido ampliadas hacia arriba, sin control de ingeniería, ni reforzamiento estructural después del terremoto de Caracas de 1967, debido al crecimiento familiar y poblacional. Las casas de barrio, especialmente las construidas sobre pendientes, resultan ser las edificaciones más vulnerables.

En general, el trabajo de evaluación sísmica se ha realizado a través de la investigación de campo, los dibujos/ planos de construcción, y las hojas de cálculo estructural. Sin embargo, la mayoría de estas edificaciones sin ingeniería no tienen ningún dibujo ingenieril, datos de especificaciones ni de la calidad de los materiales estructurales. En consecuencia, es muy difícil conocer la capacidad sísmica de estas edificaciones.

(1) Prueba de Ruptura en Sitio para las Casas de Barrio

En esta investigación, el Equipo de Estudio de JICA y FUNVISIS planificaron la Prueba de Ruptura en Sitio con cuatro modelos de casas de dos plantas a escala completa, sobre una pendiente de 20 grados. El propósito fue el determinar la capacidad horizontal de la casa de barrio, y la efectividad del reforzamiento sísmico en tres casos. Estos cuatro modelos fueron construidos con un tamaño estructural normal y procedimiento de trabajo común por el constructor de las casas de barrio.

Los métodos de carga y medición se utilizaron en cooperación con IMME en la UCV.

Los detalles de la Prueba de Ruptura en Sitio se muestran en el Informe de Soporte S7.

(2) Resultado de la Prueba de Ruptura en Sitio

El resultado de la Prueba de Ruptura en Sitio se describe en el Informe de Soporte “S-7”. En este estudio, el Equipo de Estudio de JICA y FUNVISIS realizaron sólo cuatro casos de prueba de ruptura. Nosotros esperamos información adicional a través de un estudio y pruebas posteriores más a fondo además de la participación de FUNVISIS y UCV.

2.5 Seguridad Sísmica de Edificaciones Existentes en Caracas

La seguridad sísmica de las edificaciones existentes en el área de estudio es obtenida dependiendo de cada capacidad sísmica durante un terremoto mayor. Las capacidades sísmicas son clasificadas en dos áreas: área urbana, y área rural y de barrio. De otra forma, edificaciones con ingeniería y edificaciones sin ingeniería.

(1) Seguridad Sísmica de Edificaciones Existentes en el Área Urbana

Las edificaciones en el área urbana han sido aprobadas y construidas en base al Código Sísmico de Venezuela en cada período. A las casas unifamiliares en el área urbana no les ha sido requerido solicitar el permiso de construcción, pero estas casas han retenido un nivel de ingeniería en cada período. En concordancia, las edificaciones en el área urbana son básicamente edificaciones de ingeniería que incluyen casas unifamiliares.

A lo largo de nuestro estudio de evaluación sísmica de edificaciones urbanas, las capacidades sísmicas de las edificaciones existentes son obtenidas mediante el “año de construcción” en base al código sísmico.

1) La capacidad sísmica de las edificaciones existentes construidas antes de 1967

Las edificaciones construidas en este período tienen básicamente muy baja capacidad sísmica por falta de resistencia y falta de ductilidad contra el terremoto de 1967.

2) La capacidad sísmica de edificaciones existentes construidas entre 1968 y 1982

Las edificaciones construidas en este período tenían capacidad sísmica de baja a moderada y principalmente carencia de resistencia contra el terremoto de 1967.

3) La capacidad sísmica de edificaciones existentes construidas entre 1983 y 2001

Las edificaciones construidas en este período tenían capacidad sísmica moderada contra el terremoto de 1812.

- 4) La capacidad sísmica de edificaciones existentes construidas después de 2002

Las edificaciones construidas en este período tenían alta capacidad sísmica contra el terremoto de 1812. Sin embargo, existen pocas edificaciones (menos de 0,1% del total de edificaciones en el área urbana) en el área de estudio.

(2) Seguridad Sísmica de Edificaciones Existentes en el Área Rural y de Barrio

Las edificaciones en el área rural y de barrio, excepto por las industrias y edificios residenciales altos de apartamentos, son básicamente edificaciones sin ingeniería con construcción de concreto reforzado de bajo costo y baja calidad ubicadas en zonas empinadas. Por tanto, a estas casas no se les requiere tramitar el permiso de construcción ni supervisión del trabajo de construcción por un ingeniero. Consecuentemente, estas edificaciones tienen básicamente baja capacidad sísmica, pero es difícil obtener la capacidad sísmica real. En la fase de evaluación sísmica, un ingeniero de evaluación sísmica no puede obtener información sobre estas edificaciones existentes.

En consecuencia, el Equipo de Estudio de JICA y FUNVISIS planificaron la prueba de ruptura de construcción para obtener la capacidad sísmica de estructura normal de las casas de barrio, y el efecto de los métodos de reforzamiento sísmico, como se describe en el Informe de Soporte “S-7”.

Tabla S6-2.2.1 Resultado del IVR: Número de Edificaciones Requiriendo Evaluación Sísmica

Evaluación Sísmica No Requerida = OK: 8 Edificaciones (25 %)			
Evaluación Sísmica No Requerida: 24 Edificaciones (75 %)			
Uso de la Edificación	Edificaciones Públicas : 6/ 9	Escuelas: 8/ 8	Hospitales: 5/ 5
	Servicio de Emergencia: 3/ 5	Comercios: 1/ 3	Estadios: 1/ 2
Año de Construcción	Antes de de 1955: 10/ 10	1956~67: 5/ 5	1968~ 82: 6/ 8
	Después de 1982: 2/ 7	Desconocido: 1/ 2	-
Tipo de Estructura	Estructura de Soporte (ES) de CR : 18/ 24	Muro de CR: 1/ 1	-
	Estructura de Acero: 2/ 4	Ladrillos: 3/ 3	-

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla S6-2.2.2 Resultados del IVR para Edificaciones Seleccionadas
(Continúa en las siguientes 2 páginas)

No. y Uso de la Edificación	Año de Construcción Tipo de Estructura	S = $o < 2.0 \times I.F.$ S: Puntaje Estructural, Comentarios	Requiere una Evaluación Detallada? S = $2.0 \times I.F.$ → No
1. Hospital	1968-82 ES-CR	2.0 + 0.5 < 2.6 Columna de gran tamaño	Si
2. Liceo	1968-82 ES-CR	2.0+ 0.5 < 2.6 Diseño de alto nivel	Si
3. Escuela/ Colegio	Antes de 1955 ES-CR	0.5 < 2.6 Vigas unidireccionales	Si
4. Cuerpo de Bomberos	1990 ES-Acero +Refuerzo	4.5 > 2.6 Torsión por pared de relleno	No
5. Comercio, Hotel, Complejo de Oficinas	1968-82 ES-CR	1.0 < 2.3 ---	Si
6. Cuerpo de Bomberos	1997 ES-CR	3.5 > 2.6 ---	No
7. Kindergarten	Antes de 1955 ES-CR	0 < 2.6 Extensión repetida	Si
8. Hospital	1956-67 ES-CR	0.5 < 2.6 Vigas unidireccionales	Si
9. Comercio, Complejo de Oficinas	1998 ES-CR	3.0 > 2.3 4 torres de bloques en el sótano del estacionamiento	No
10. Oficina de Gobierno	Antes de 1955 URM	0 < 2.6 Destruídos parcialmente por el Terremoto de 1812	Si
11. Oficina de Gobierno	Después de 1982 ES-CR	2.5 < 2.6 ---	Si
12. Estación de Policía	Después de 1982 ES-CR	4.5, 3.0 > 2.6 Hay un patio central	No
13. Estadio de Miranda	1968-82 ES-CR	1.0 < 2.6 problema de aguas superficiales	Si
14. Estadio	1968-82 ES-CR + Estructura de Entramado	4.5, 2.0 = 2.6 Columna de CR, vigas de entramado de acero	No
15. Oficina de Gobierno	Antes de 1955 ES-CR	0 < 2.6 Anexa en la pared trasera	Si
16. Estación de Policía	Antes de 1955 ES-CR	0.5 < 2.6 ---	Si
17. Universidad	Antes de 1955 URM	1.0 < 2.6 Patio Cambio de techo de madera	Si
18. Oficina de Gobierno	1978 ES-Acero	2.5, (1.0) < 2.6 Una pequeña parte solamente	Si

		Estructura de tubería de CR	
19. Oficina de Gobierno	1949 ES-Acero	3.0 < 2.6 ---	No
20. Centro Comercial	Después de 1982 ES-CR	3.0 > 2.3 Torre: 18 pisos, Centro Comercial: 5+7B pisos	No
21. Oficina de Gobierno	Desconocida ES-CR	1.0 < 2.6 ---	Si
22. Compañía de Teléfono	1970 ES-CR	1.0 < 2.6 ---	Si
23. Oficina de Gobierno	1960 ES-CR	1.0 < 2.6 ---	Si
24. Oficina de Gobierno	1980 ES-CR	0 < 2.6 H=10 m. Altura abierta.	Si
25. Hospital	Antes de 1955 RM	2.5 < 2.6 Complejo de 4 Edificios (3,5,3,9 pisos)	Si
26. Hospital	1943 ES-CR	0.5 < 2.6 ---	Si
27. Hospital	Antes de 1955 ES-CR	1.0 < 2.6 Complejo de tres edificios (5,3,2 pisos)	Si
28. Escuela Primaria	1951 ES-CR	1.0 < 2.6 Techo fue cambio a causa del deterioro	Si
29. Liceo	1956-67 ES-CR	1.0 < 2.6 ---	Si
30. Estación de TV	Después de 1982 ---	Desconocido ---	---
31. Oficina de Gobierno	Desconocida ES-Acero	3.5 > 2.6 ---	No
32. Escuela/ Colegio	1956-67 ES-CR	0.5 < 2.6 ---	Si
33. Universidad	1956 ES-CR	1.0 < 2.6 ---	Si
Total	No; 8 Edificaciones Si; 24 Edificaciones Desconocido-No se sabe; 1		
Número de Edificaciones que Requieren una Evaluación Sísmica: 24 Edificios			
Uso de la Edificación		Año de Construcción	
1) Escuela y universidad: 8		1) Antes de 1955 : 10	
2) Oficina de gobierno: 6		2) 1956 ~ 1967 : 5	
3) Hospital: 5		3) 1968 ~ 1982 : 7	
4) Estación de policía: 2		4) 1983 ~ : 1	
5) Edificios Comerciales: 1		5) No se sabe : 1	
6) Compañía de Teléfono: 1			
7) Estadio: 1			

Fuente: FUNVISIS y el Equipo de Estudio JICA

Tabla S6-2.3.1 Resultados de la Evaluación Sísmica Detallada

No Requiere Reforzamiento Sísmico = Edificación Segura			
Edificación de Oficinas de Gobierno: Año de construcción 1960, Estructura de muro de CR con pared suficientemente larga y buena disposición.			
Requiere Reforzamiento Sísmico = Edificación Insegura: 3 Edificaciones			
Uso de la Edificación	Hospital sin camas	Universidad	Hospital sin camas
Año de Construcción	Antes de 1955	1956	1943 ~ 1954
Tipo de Estructura	Estructura de Soporte de CR	Estructura de Soporte de CR	Estructura de Soporte de CR
Número de Pisos	6/ 1B	Bloque A: 5/ 1B Bloque B: 4/ 1B	12/ 1B
Plan de Reforzamiento Sísmico (P.R.S.)	Del piso 1 al 3ro. 6 Nos. de W15*1 (Un W15*1 en cada piso y en la dirección X & Y) sin reforzamiento de la fundación	Bloque A: Del piso 1 al 5to. 10 Nos. de Vigas, 8 Nos. de W15*1 y 12 Nos. de W20*2 con grandes fundaciones Bloque B: Del piso 1 al 3ro. 14 nos. de Vigas, 5 Nos. de W15*1 y 2 Nos. de W20*2 con grandes fundaciones	Sistema de Aislamiento Sísmico en el nivel de la Base con 504 Nos. de Cojinetes Aisladores de Guías de Caucho. La superestructura requerirá la evaluación sísmica debajo de la base de aislamiento sísmico
Costos del P.R.S.	2 % de Nuevo Costo de Construcción	23 % de Nuevo Costo de Construcción	7 % de Nuevo Costo de Construcción
Nota del Diseño Original de la Edificación	Muy buen diseño	Sistema de viguetas de planchas con viga unidireccional Sin Diseño Sísmico?	La edificación objeto esta ubicada en el Recinto Universitario de Patrimonio Universal.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

ATC-21/ (NEHRP Map Areas 5,6,7 High)
 Rapid Visual Screening of Seismically Hazardous Buildings

Address AV. ROMULO GALLEGOS, BOLEITA SUR. Zip _____
 Other Identifiers _____
 No. Stories 2 Year Built Before 1955
 Inspector _____ Date _____
 Total Floor Area (sq. ft) _____
 Building Name EXPERIMENTAL SCHOOL
 Use School
 (Peel-off label)

OCCUPANCY		STRUCTURAL SCORES AND MODIFIERS												
Residential Commercial Office Industrial Pub. Assem. <u>School</u> Govt. Bldg. Emer. Serv. Historic Bldg.	No. Persons 0-10 11-100 <u>100+</u>	BUILDING TYPE	W	S1	S2	S3	S4	(C1)	C2	C3/S5	PC1	PC2	RM	URM
			(MRP)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(MRF)	(SW)	(URM NF)	(TU)				
		Basic Score	4.5	4.5	3.0	5.5	3.5	<u>2.0</u>	3.0	1.5	2.0	1.5	3.0	1.0
		High Rise	N/A	-2.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-0.5	N/A	-0.5	-1.0	-0.5
		Poor Condition	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	<u>-0.5</u>	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
		Vert. Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5
		Soft Story	-1.0	-2.5	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0
		Torsion	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
		Plan Irregularity	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
		Pounding	N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	-0.5	N/A	N/A	N/A	-0.5	N/A	N/A
		Large Heavy Cladding	N/A	-2.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A
		Short Columns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<u>-1.0</u>	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	N/A	N/A
		Post Benchmark Year	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	N/A	+2.0	+2.0	+2.0	N/A
		SL2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
		SL3	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
		SL3 & 8 to 20 stories	N/A	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8
		FINAL SCORE	<u>0.5</u>											

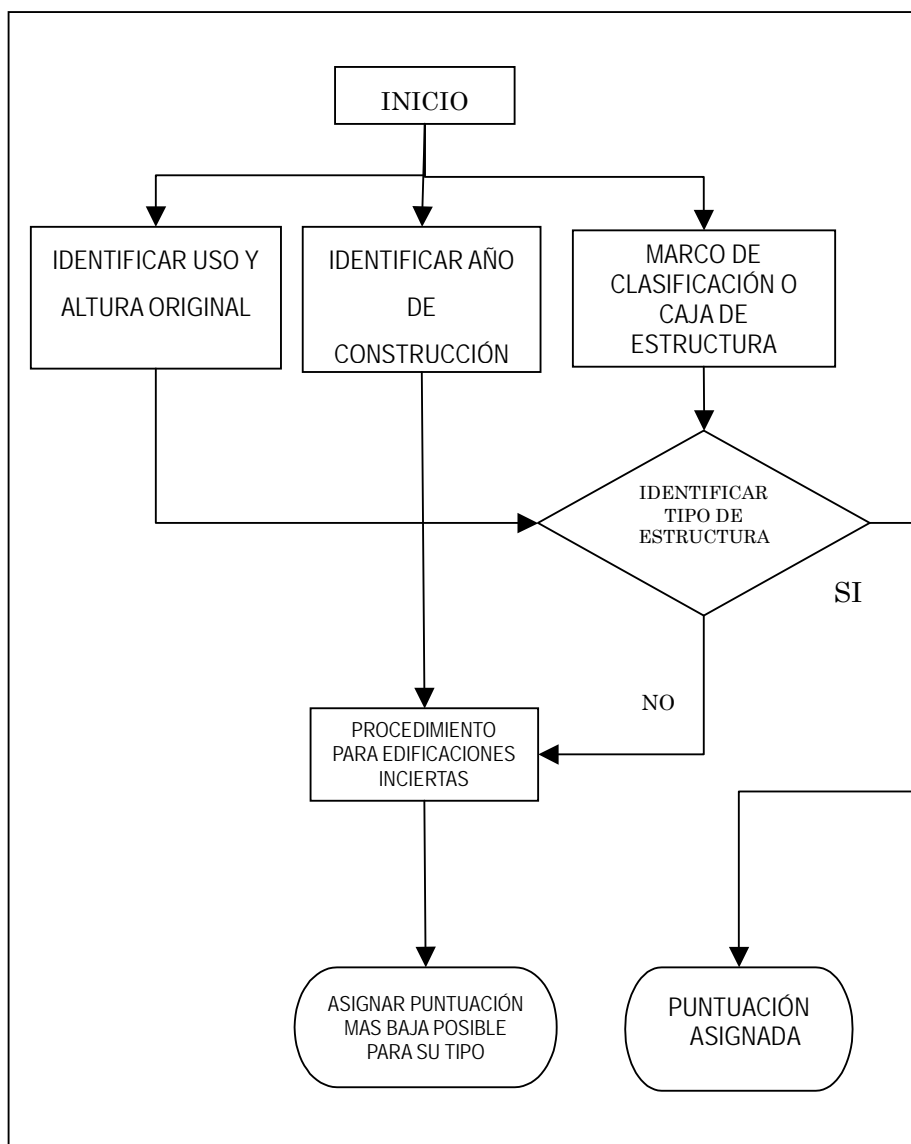
COMMENTS Longitudinal direction has no beams.
Short columns in center column line.
Walls made by solid bricks with double bricks!

Figure 4-1a Data collection form

Detailed Evaluation Required?
 YES NO

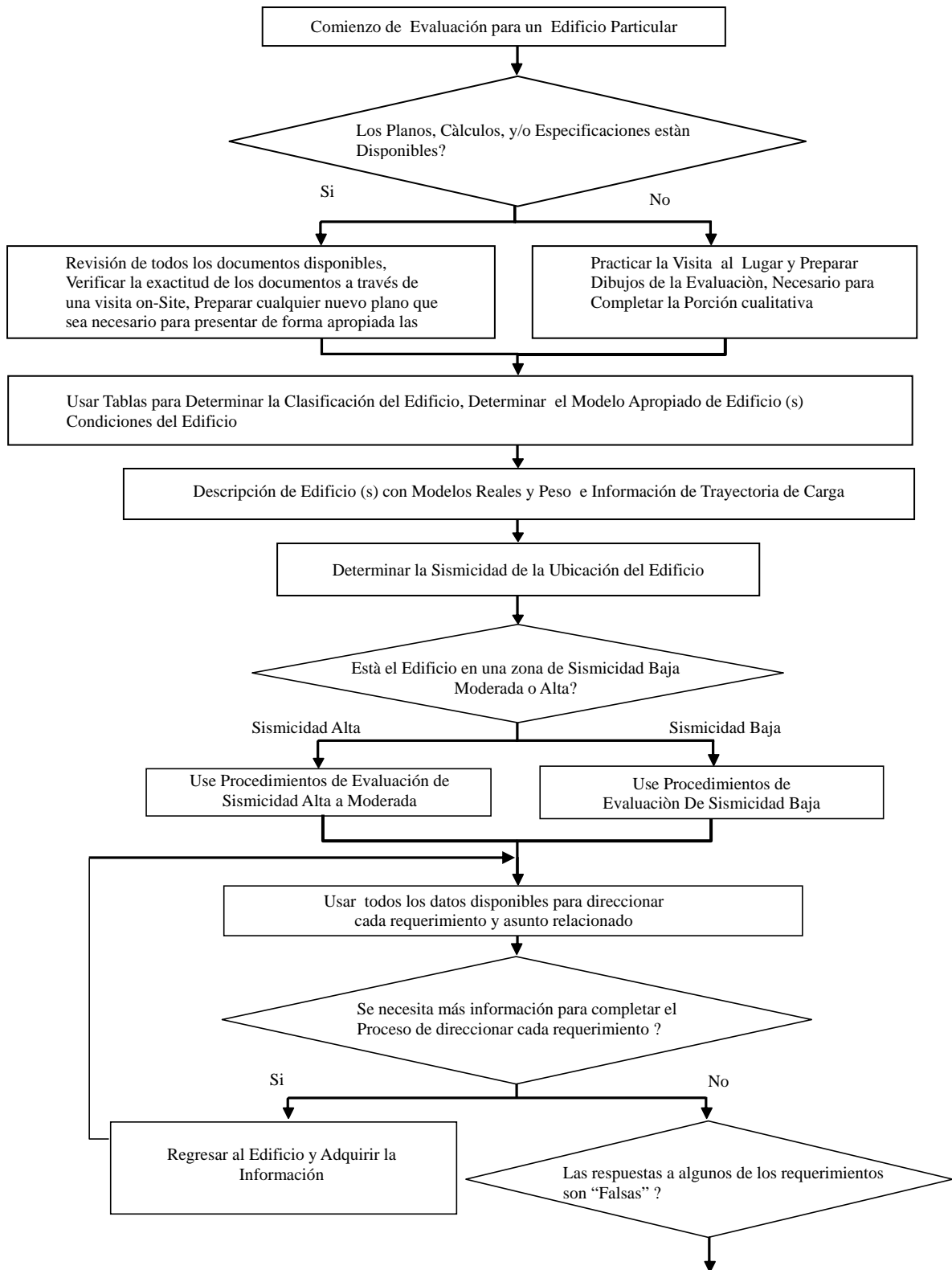
Fuente: Investigación Visual Rápida de Edificaciones para Amenazas Sísmicas Potenciales: Folleto de FEMA 154, 1968, y FUNVISIS

Figura S6-2.2.1 Hoja de Puntaje con un Registro Actual



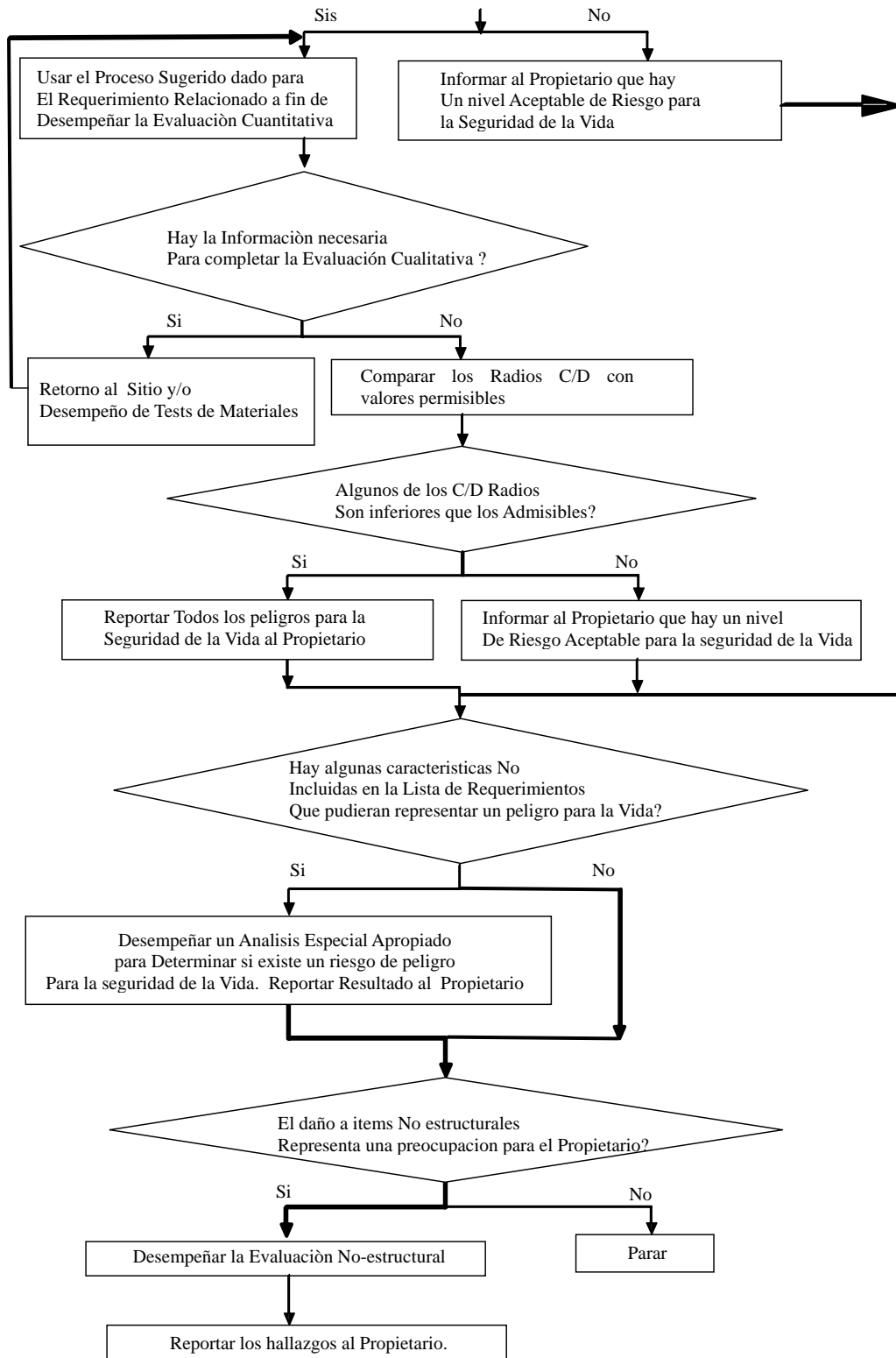
Fuente: Sondeo Visual Rápido de Edificaciones con Potenciales Amenazas Sísmicas: FEMA 154

Figura S6-2.2.2 Diagrama Flujo para el Procedimiento del Sondeo Visual Rápido



Fuente: Evaluando la Resistencia Sísmica de Edificios Existentes; ATC 14, 1987

**Figura S6-2.2.3 Procedimiento de la Evaluación Sísmica
(Continúa en la siguiente página)**



Fuente: Evaluando la Resistencia Sísmica de Edificaciones Existentes; ATC 14 1987

Figura S6-2.2.3 (Continuación)

STRUCTURAL TYPE	
S1	Steel Moment Resisting Frame
S2	Steel Braced Frame
S3	Light Metal Frame
S4	Steel Frame with Concrete Shear Wall
C1	Concrete Moment Resisting Frame
C2	Concrete Shear Wall
C3/S5	Steel or Concrete Frame with Masonry Infill
RM	Reinforced Masonry
URM	Unreinforced Masonry

OCCUPANCY LOAD	<i>Sq. Ft. per Person</i>
Residential	100-300
Commercial	50-200
Office	100-200
Industrial	200-500
Public Assembly	varies, 10 minimum
School	50-100
Government Building	100-200
Emergency Service	100

MODIFIERS	
3 and 4 stories	3 and 4 stories in one building unit, this does not mean one family house
Above 5 stories	Above 5 stories in one building unit.
Poor Condition	Showing cracks, damage, settlement, etc.
Vertical Irregularity	Steps in elevation, inclined walls, discontinuities in load path, building on hill
Soft Story	Open on all sides of building, tall ground floor, discontinuous shear walls
Torsion	Eccentric stiffness in plan (e.g. corner building, wedge shaped building with one or two solid walls and all other walls open)
Plan Irregularity	"L", "U", "E", "T" or other Irregular building shape
Long Cantilever beam	Over 2 meters cantilever
Short Columns	Some columns restrained by half walls or spandrel beams
No Grade Beam	Grade beam provided or not provided on each direction
Soil Profile SL1	Rock or stiff clay less than 200 feet overlying rock
Soil Profile SL2	Cohesionless soil or stiff clay greater than 200 feet deep
Soil Profile SL3	30 or more feet of soft or medium stiff clays (use if do not know soil profile)
Slope over 20°	In case of over 1/3 of building length located on the slope

Figure 4-2b Rapid Visual Screening - Quick Reference

Fuente: Equipo de Estudio JICA y FUNVISIS

Figura S6-2.2.5 Hoja de Puntaje para las Edificaciones Sin Ingeniería

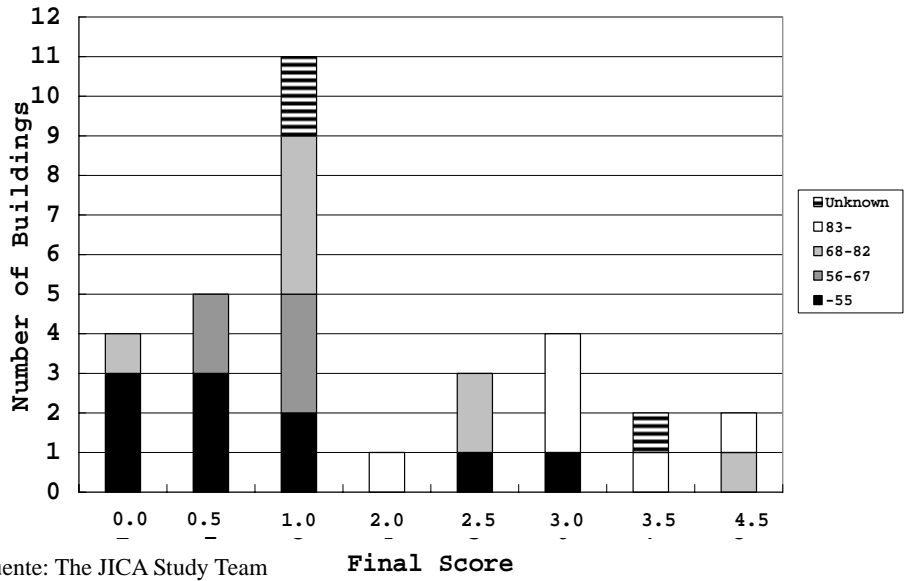


Figura S6-2.2.6 Resultado de la IVR: Relación entre el Año de Construcción y el Puntaje Final

CAPÍTULO 3. PLAN DE REFORZAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICACIONES EXISTENTES

3.1 Política Básica

El propósito del reforzamiento sísmico para las edificaciones frágiles existentes contra fuertes y muy raros terremotos, como el terremoto de la escala de 1812, varía dependiendo si la función es para la protección de vidas o para la protección de las edificaciones, a través del escenario de terremoto y el uso de la edificación. El objetivo del plan de reforzamiento sísmico para edificaciones normales, así como para casas privadas es la protección de la vida, debido al daño a edificaciones bajo un fuerte terremoto. Esto permitirá proteger a la propiedad contra un terremoto moderado de la escala del de 1967, y ningún daño en caso de un terremoto menor y más frecuente.

El objetivo del plan de reforzamiento sísmico para instalaciones claves, tales como el centro de comando de emergencia y las instalaciones de edificaciones prioritarias, es la protección de la función en el caso de un fuerte terremoto. Esto permitirá que no ocurra daño alguno en las estructuras de las edificaciones en el evento de un terremoto moderado. El Equipo de Estudio de JICA propuso los criterios del plan de reforzamiento sísmico para uso de las edificaciones y cada nivel de terremoto como se muestra en la Tabla S6-3.1.1.

En caso de edificaciones inseguras, el ingeniero debería estudiar y juzgar el resultado de la evaluación sísmica debido a la falta de resistencia o falta de ductilidad. Entonces, el ingeniero tiene que hacer el plan de reforzamiento y su costo en base a la razón mencionada, y discutir con el dueño de la edificación u operador de la edificación y el arquitecto original respecto a la función de los posibles usos de la edificación. El dueño de la edificación que tiene una construcción frágil deberá mejorarla a la brevedad posible.

La capacidad sísmica de las edificaciones existentes sin ingeniería en las áreas rurales y de barrio serán estudiadas en investigaciones posteriores. En este estudio, el método de reforzamiento considerado para tales edificios tendrá un costo entre 10% y 20% del costo del edificio.

3.1.1. Escenarios Objeto de Terremoto

El Equipo de Estudio de JICA propone el reforzamiento sísmico de edificaciones existentes como planes de mejoramiento contra cada escenario objeto de terremoto, como sigue:

- Para el plan de mejoramiento de mediano y largo plazo: terremoto de escala de 1812
- Para el plan de mejoramiento de corto plazo: terremoto de escala de 1967

3. 1. 2. Código Sísmico de Construcción a ser Aplicado

Para la base de juicio de la evaluación sísmica y el plan de reforzamiento para cada criterio es aplicado el Código Sísmico de Venezuela como sigue:

- Para la base de juicio del plan de reforzamiento sísmico de edificaciones normales existentes es aplicado el Código Sísmico de Venezuela 2001 “NORMA VENEZOLANA COVENIN 1756-98 Rev. 2001”.
- Para edificaciones públicas y edificaciones en uso por un gran número de personas, tales como centros comerciales y estadios, etc., es aplicado el Código Sísmico de Venezuela 2001, con uso del coeficiente de 1,15.
- Para la base de juicio más estricta de la evaluación sísmica de instalaciones claves existentes es aplicado el actual Código Sísmico de Venezuela 2001, con uso del coeficiente de 1,30.

3. 1. 3. Procedimiento Propuesto para el Reforzamiento Sísmico

El plan de reforzamiento sísmico es implementado mediante el siguiente procedimiento:

Primeramente, la necesidad del reforzamiento sísmico de la edificación sujeto de la misma es juzgada de acuerdo al resultado de la evaluación sísmica con la capacidad sísmica como resistencia y ductilidad. Entonces, la factibilidad de los métodos de reforzamiento es juzgada sobre la condición estructural y la función de la edificación, y requerimientos con el dueño y/ u operador de la edificación. Sí la edificación tiene muy poca capacidad sísmica y ninguna factibilidad económica, caso especial, el juicio es el uso restrictivo o su demolición.

En un caso normal , la edificación en cuestión será reforzada mediante el siguiente procedimiento:

- Investigación previa; audiencia sobre la función de la edificación y requerimientos especiales, etc., del dueño y/ u operador de la edificación y el arquitecto diseñador original, y un levantamiento de la condición de los componentes estructurales.
- Definición del objetivo de reforzamiento; reforzamiento por falta de resistencia o ductilidad, o una mezcla de ellas como se muestra en la Figura S6-3.1.1.
- Selección de los métodos de reforzamiento; métodos de reforzamiento adecuados para cada estructura.
- Planificación del reforzamiento; considerando el efecto del reforzamiento, la función y el uso de la edificación.

- Confirmación del efecto de reforzamiento; estimación de la capacidad sísmica y el costo de la nueva estructura de reforzamiento

3.1.4. Refuerzo Sísmico de Instalaciones Importantes

Las instalaciones importantes deben ser bastante resistentes contra un gran terremoto, si así lo determinase la evaluación sísmica. Las instalaciones gubernamentales de las oficinas de comando, las instalaciones de respuesta y las médicas, así como las de evacuación, deberán ser reforzadas desde el punto de vista de la gestión de desastres. Las instalaciones siguientes deberán ser operacionales aún durante las situaciones de emergencia, por lo que los edificios que alojan tales organismos deberán ser reforzados mandatoriamente.

El número de estas instalaciones importantes se muestran en la Tabla S6-3.1.2.

(1) Instalaciones de Comando

- 1) Gobierno de AMDC
 - 3 edificios de AMDC en el área de estudio
- 2) Oficina del Alcalde en los Municipios y oficinas sucursales
 - 30 edificios municipales en el área de estudio
- 3) Oficinas nacionales gubernamentales relacionadas a la gestión de desastres

Existen 26 edificios del gobierno central en donde se encuentran las oficinas principales de los siguientes ministerios relacionados a la gestión de desastres que deberán ser reforzados contra un gran terremoto.

- Ministerio del Interior y Justicia
- Ministerio de Infraestructura
- Ministerio de Salud y Bienestar Social
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
- Ministerio de Planificación y Desarrollo
- Ministerio de la Vivienda y del Hábitat

(2) Instalaciones de Respuesta, Rescate y Médicas

- 1) Organismos para las operaciones de rescate

- Oficinas de la Policía (34 oficinas en el área de estudio)
 - Estaciones de Bomberos (17 estaciones en el área de estudio)
- 2) Instalaciones médicas (en el área de estudio)
- 25 hospitales
 - 134 ambulatorios en el area de estudio
 - Hospitales privados

(3) Evacuación y Alojamiento para los Refugiados

- Escuelas (704 escuelas en AMDC)

Las escuelas también deberán reforzarse puesto que mucha gente puede ser alojada en ellas.

- Estadios
- Centros comunitarios
- Iglesias

3. 2 Selección de los Métodos de Reforzamiento Sísmico para Cada Tipo de Edificación

Un ingeniero estructural seleccionará los métodos apropiados de reforzamiento sísmico para una edificación vulnerable en atención a la función y uso de la edificación, así como la condición estructural. Cada método de reforzamiento sísmico tiene una función especial como el incremento de la resistencia, incremento de la ductilidad o la combinación de ellas. Los métodos de reforzamiento sísmico para cada tipo de estructura son descritos a continuación.

3. 2. 1. Métodos de Reforzamiento para las Edificaciones de Estructuras de CR en el Área Urbana

La estructura principal de construcción es la Armazón de Momento de Concreto Reforzado (CR) que se observa en 82% de las edificaciones de acuerdo a la muestra de investigación en este Estudio. Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras de CR se describen a continuación y se muestran en la Figura S6-3.2.1 a la Figura S6-3.2.7.

(1) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia (Rigidez)

- Instalación de paredes de corte de CR; sin brecha o con brecha (Referirse a las Figuras S6-3.2.2 y S6-3.2.3)

- Instalación de paneles de acero con armazón; sin brecha o con brecha (Referirse a las Figuras S6-3.2.4)
- Instalación de riostras de acero con armazón (Referirse a las Figuras S6-3.2.4 y S6-3.2.5)
- Instalación de paredes de bloque de concreto con barras de reforzamiento. (Referirse a el Informe Soporte S7)
- Instalación de paredes laterales de CR (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Instalación de armazones adicionales (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Instalación de apoyos de CR (Referirse a la Figura S6-3.2.1)

(2) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia/ Ductilidad

- Instalación de paredes de corte de CR; sin brecha o con brecha (Referirse a la Figura S6-3.2.2 y S6-3.2.2)
- Instalación de paneles de acero con armazón; sin brecha o con brecha (Referirse a la Figura S6-3.2.4)
- Instalación de riostras de acero con armazón (Referirse a la Figura S6-3.2.4 y S6-3.2.5)
- Instalación de paredes de bloque de concreto con barras de reforzamiento (Referirse al Informe Soporte S7)

(3) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Ductilidad

- Columna y/ o viga reforzada por láminas de acero o fibra de plástico reforzada (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Hendeduras en paredes en las columna cortas (Referirse a la Figura S6-3.2.1)

(4) Métodos de Reforzamiento para Equilibrar la Distribución de la Rigidez

- Instalación de pared de corte de CR en piso débil
- Remoción de peso desbalanceado
- Hendeduras en paredes en las columna cortas (Referirse a la Figura S6-3.2.1)

(5) Métodos de Reforzamiento para Reducción del Peso de la Edificación

- Eliminar penthouse o pisos sobrecargados
- Reducción de la carga del techo

(6) Reforzamiento de la Fundación

- Fundación adicional en partes desiguales del establecimiento (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Mejoramiento del suelo
- Pilotes adicionales

(7) Aislamiento de la Base o Sistema de Control de Respuesta Sísmica

- Sistema de Aislamiento de la Base con Dispositivos de Aislamiento Sísmico y Amortiguadores (Referirse a la Figura S6-3.2.6)
- Sistema de Control de Respuesta Sísmica

3. 2. 2. Métodos de Reforzamiento para Edificaciones de Estructura de Acero

El tipo estructural menos importante de edificaciones es la Estructura de Acero (A) que se observa en 3.7% de las edificaciones de acuerdo a la muestra de la investigación en este Estudio. Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras (A) se describen a continuación y se muestran en la Figura S6-3.2.1.

(1) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia (Rigidez)

- Instalación de paneles de acero con armazón; sin brecha o con brecha (Referirse a las Figuras S6-3.2.4)
- Instalación de riostras de acero; con armazón y sin armazón (Referirse a la Figura S6-3.2.4 y S6-3.2.5)
- Instalación de paredes de bloque de concreto con barras de reforzamiento
- Instalación de armazones adicionales (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Fijar las bases de las columnas con un anclaje de pernos o pedestales de CR

(2) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia/ Ductilidad

- Instalación de paneles de acero con armazón; con brecha y sin brecha (Referirse a la Figura S6-3.2.4)
- Instalación de riostras de acero; con armazón y sin armazón (Referirse a la Figura S6-3.2.4 y S6-3.2.5)
- Instalación de columnas de momento/ fuerza (acero)
- Fijar las bases de las columnas con un anclaje de pernos o pedestales de CR

(3) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Ductilidad

- Reforzamiento de las columnas y vigas por láminas de acero o fibra de plástico reforzado (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Instalación de columnas de momento/ fuerza (acero)
- Fijar las bases de las columnas con un anclaje de pernos o pedestales de CR

(4) Métodos de Reforzamiento para Equilibrar la Distribución de la Rigidez

- Fijar las bases de las columnas con un anclaje de pernos o pedestales de CR
- Remoción del peso desbalanceado

(5) Métodos de Reforzamiento para la Reducción del Peso de la Edificación

- Eliminar penthouse o pisos sobrecargados

(6) Reforzamiento de la Fundación

- Mejoramiento del suelo
- Pilotes Adicionales

(7) Sistema de Control de Respuesta Sísmica

- Sistema de Control de Respuesta Sísmica

3. 2. 3. Métodos de Reforzamiento para Edificaciones de Estructuras de Albañilería de Ladrillo y Adobe

Las edificaciones de estructuras de albañilería de ladrillo y adobe se conservan en 3,7% del número de construcciones según la muestra de la investigación en este Estudio. Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras de albañilería de ladrillo y adobe se describen a continuación y se muestran en las Figuras S6-3.2.13.

(1) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia (Rigidez)

- Engrosamiento de las paredes de albañilería; con brechas o sin brechas
- Reforzamiento de las paredes exteriores mediante el método de prensado (Referirse a la Figura S6-3.2.13)
- Instalación de pared adicional de albañilería; con brechas o sin brechas
- Instalación de vigas de CR y/ o plancha de CR

(2) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia/ Ductilidad

- Reforzamiento de las paredes exteriores mediante el método de prensado (Referirse a la Figura S6-3.2.13)
- Instalación de dinteles de CR en las aberturas
- Instalación de reforzamientos de CR en los extremos de las paredes y/ o aberturas

(3) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Ductilidad

- Instalación de vigas de CR y/ o plancha de CR
- Reemplazo de nuevos ladrillos o adobe paredes en vez de partes deterioradas de las paredes

(4) Métodos de Reforzamiento para Equilibrar la Distribución de la Rigidez

- Remoción del peso desbalanceado

(5) Métodos de Reforzamiento para Reducir el Peso de la Edificación

- Eliminar penthouse o pisos sobrecargados

(6) Reforzamiento de la Fundación

- Fundación adicional en partes desiguales del establecimiento (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Mejoramiento del suelo

(7) Sistema de Aislamiento de la Base

- Sistema de aislamiento de la base con dispositivos de aislamiento sísmico y amortiguadores (Referirse a la Figura S6-3.2.6)

3.2.4. Métodos de Reforzamiento para Edificaciones sin Ingeniería en el Área de Barrio y Rural

Las casas sin ingeniería en el área rural y de barrio comparten el 73% del total de edificaciones en el área de Estudio. Según el resultado de la prueba de ruptura de construcción, la resistencia del concreto es muy baja con aproximadamente 1/3 a 1/4 de la resistencia normal del concreto de edificaciones con ingeniería.

Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras sin ingeniería se describen a continuación y se muestran en la Figura S6-3.2.7.

(1) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia (Rigidez)

- Instalación de viga de carga de CR (Referirse al Informe de Soporte S7)
- Instalación de paredes de corte de CR; sin brecha o con brecha (Referirse a las S6-3.2.2, S6-3.2.3 y S6-3.2.7)
- Instalación de paneles de acero con armazón; sin brecha o con brecha (Referirse a la Figura S6-3.2.4)
- Instalación de riostras de acero con armazón (Referirse a la Figura S6-3.2.4)
- Instalación de paredes de bloques de concreto con barras de reforzamiento (Referirse al Informe de Soporte S7)
- Instalación de armazones adicionales (Referirse a la Figura S6-3.2.1)
- Instalación de apoyos de CR (Referirse a la Figura S6-3.2.1)

(2) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia/ Ductilidad

- Instalación de paredes de corte de CR; sin brecha o con brecha (Referirse a la Figura S6-3.2.2, S6-3.2.3 y S6-3.2.7)
- Instalación de paneles de acero con armazón; sin brecha o con brecha (Referirse a la Figura S6-3.2.4)
- Instalación de riostras de acero con armazón (Referirse a la Figura S6-3.2.4)
- Instalación de paredes de bloques de concreto con barras de reforzamiento (Referirse al Informe de Soporte S7)

(3) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Ductilidad

- Reforzamiento de las columnas y vigas por láminas de acero o fibra de plástico reforzado (Referirse a la Figura S6-3.2.1)

(4) Métodos de Reforzamiento para Equilibrar la Distribución de la Rigidez

- Remoción del peso desbalanceado

(5) Métodos de Reforzamiento para Reducir el Peso de la Edificación

- Eliminar el Penthouse y pisos sobrecargados
- Disminuir la carga del techo

(6) Reforzamiento de la Fundación y el Suelo Empinado

- Mejoramiento del suelo
- Instalación de una pared de contención
- Protección para la superficie del suelo empinado mediante suficiente material

Las recomendaciones para los métodos del reforzamiento sísmico para las casas de barrio se muestra en la Figura S6-3.2.8 a la S6-3.2.12. Estos métodos de reforzamiento para cada piso se proporcionan basados en los resultados de la prueba de ruptura de las edificaciones. Los métodos de reforzamiento sísmico para las casas unifamiliares se muestran en la Figura S6-3.2.8 y S6-3.2.9, y para las casa multifamiliares se muestran de la Figura S6-3.2.10 a la S6-3.2.12.

3.3 Efecto del Reforzamiento Sísmico

El efecto del reforzamiento sísmico es reducir la vulnerabilidad de las edificaciones existentes. A partir de la aplicación de las obras de reforzamiento en las edificaciones existentes, la función de daños es mejorada en cada tipo de estructura. Como resultado del reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes, cuando sean impactadas por un fuerte terremoto, el número de edificaciones seriamente dañadas y colapsadas (derrumbadas) afectadas por el desastre disminuirá, así como el número de víctimas humanas y heridos debido al daño por edificaciones.

3.3.1. Nueva Función de Daños después del Reforzamiento Sísmico

Después de un trabajo apropiado de reforzamiento en todas las edificaciones vulnerables, cada curva de la función de daños a construcciones (Informe de Avance (2) página 3-61) será mejorada como se muestra en la Tabla S6-3.3.1.

3.3.2. Efecto Estimado del Reforzamiento Sísmico

(1) Pérdida Monetaria de Edificaciones Debido al Daño Moderado por Colapso (Derrumbe)

El efecto del reforzamiento sísmico de todas las edificaciones existentes en el área de estudio se demuestra por la diferencia de los términos monetarios antes y después del reforzamiento sísmico. Una términos monetarios debido a daños serios y al derrumbe de edificaciones se muestra en las Tablas S6-3.3.2 y S6-3.3.4. La pérdida en términos monetarios debido al daño moderado a edificaciones (costo de reparación) se muestra en las Tablas S6-3.3.3 y S6-3.3.5.

Sin embargo, las pérdidas humanas no pueden ser estimadas como pérdida monetaria.

(2) Estimación del Costo de Ingeniería para la Evaluación Sísmica y el Diseño del Reforzamiento Sísmico

Costo Total de Ingeniería = 1,466,100 M. Bs = 764 M. US\$

Donde;

- 1) Número de Edificaciones; Área Urbana = 83.449 Edificaciones
 Área Rural = 25.175 Edificaciones
 Área de Barrio = 205.983 Edificaciones

- 2) Costo de la IVR (Inspección Visual Rápida)
 Urbana: 62,600 x 300.000 Bs/ Edif. = 18.800.000,000
 Rural: 20,140 x 60.000 Bs/ Edif. = 1.210.000.000

Barrio: 164,760 x 60.000 Bs/ Edif. = 9.890.000.000

Total= 29.900 M. Bs = 16 M.US\$

3) Costo de la Evaluación Sísmica

Urbana: 50.080 x 9,000.000 Bs/ Edif. =450.700.000.000

Rural: 18,100 x 1.800.000 Bs/ Edif. = 32.600.000.000

Barrio: 148.300 x 1.800.000 Bs/ Edif. =266.900.000.000

Total = 750.200 M. Bs = 391 M. US\$

4) Costo del Diseño del Reforzamiento Sísmico

Urbana: 40.060 x 10.000.000 Bs/ Edif. = 400.600.000.000

Rural: 15.510 x 2.000.000 Bs/ Edif. = 31.000.000.000

Barrio: 127.170 x 2.000.000 Bs/ Edif. = 254.300.000.000

Total = 686.000 M. Bs = 357 M. US\$

(3) Cronograma del Plan de Reforzamiento Sísmico para Edificaciones

El siguiente cronograma del reforzamiento sísmico para edificaciones entre el año 2005 y el año 2020 se muestra en la Figura S6-3.3.1. Este incluye la Inspección Visual Rápida (IVR), la Evaluación Sísmica Detallada, el Diseño del Reforzamiento Sísmico y el Trabajo de Construcción.

Tabla S6-3.1.1 Criterio para el Plan de Reforzamiento Sísmico

	Terremoto Menor & Frecuente	Terremoto Moderado & Raro (1967)	Terremoto Fuerte y Muy Raro (1812)
Viviendas Privadas	Sin daño	Proteger la Propiedad	Proteger la Vida
Edificios Públicos	Sin daño	Proteger la Función	Proteger la Propiedad
Instalaciones Principales	Sin daño	Sin daño	Proteger la Función

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla S6-3.1.2 Instalaciones Importantes que Deberán ser Reforzadas

Gobierno

Municipio	Central	AMDC	Municipal	Estatal
Libertador	23	3	22	0
Chacao			3	
Sucre	3	0	5	1
Área de Estudio	26	3	30	1

Fuente: Datos SIG por la Secretaría de Planificación y Gestión Ambiental GIS, AMDC

Organismos de Respuesta de Rescate

Municipio	Cuerpo de Bomberos	Policía		
		Central	ADMC	Municipal
Libertador	13	13	14	1
Chacao	3	1		
Sucre	1	1	3	1
Área de Estudio	17	15	17	2

Fuente: Datos SIG por la Secretaría de Planificación y Gestión Ambiental GIS, AMDC

Facilidades Educativas

Municipio	Escuelas-Colegios	Universidades	Institutos Universitarios
Libertador	468	13	41
Chacao	53	4	9
Sucre	95	9	12
Área de Estudio	616	26	62

Fuente: Datos SIG por la Secretaría de Planificación y Gestión Ambiental GIS, AMDC

Tabla S6-3.3.1 Nuevas Función de Daños a Edificaciones

Área Urbana				Área Rural y Barrio	
Antes del Reforzamiento	(Nuevo) Después del Reforzamiento	Antes del Reforzamiento	(Nuevo) Después del Reforzamiento	Antes del Reforzamiento	(Nuevo) Después del Reforzamiento
Curvas 1 & 2	Curva 9	Curva 10	Curva 6	Curva 17	Curva 11
Curva 3	Curva 9	Curva 11	Curva 6	Curva 18	Curva 8
Curvas 4 & 5	Curva 15	Curva 12	Curva 10	Curva 19	Curva 2
Curva 6	Curva 15	Curva 13	Curva 4	Curva 20	Curva 1
Curvas 7 & 8	Curva 14	Curva 14	Curva 15	----	----
Curva 9	Curva 14	Curva 15	Curva 15	----	----
----	----	Curva 16	Curva 1	---	----

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla S6-3.3.1 (2) Resumen de los Resultados de la Estimación de Daños por Caso
(Con Reforzamiento Sísmico)**

Caso 1967 con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	390	30,0	7	13,7	54	13,8
Urbana 4F-	17.234	5,5	24	1,8	24	47,1	182	46,7
Urbana Suma	83.499	26,5	414	31,9	31	60,8	236	60,5
Barrio y Rural	231.158	73,5	884	68,1	20	39,2	154	39,5
Total	314.657	100,0	1.298	100,0	51	100,0	390	100,0

Caso 1812 con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	1.288	24,5	33	12,0	248	12,3
Urbana 4F-	17.234	5,5	103	2,0	103	37,6	762	37,7
Urbana Suma	83.499	26,5	1.392	26,4	136	49,6	1.010	50,0
Barrio y Rural	231.158	73,5	3.868	73,5	138	50,4	1.011	50,0
Total	314.657	100,0	5.260	100,0	274	100,0	2.021	100,0

Caso 1878 con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	29	19,6	0	0,0	2	6,7
Urbana 4F-	17.234	5,5	2	1,4	2	66,7	16	53,8
Urbana Suma	83.499	26,5	31	20,9	2	66,7	18	60,5
Barrio y Rural	231.158	73,5	117	79,1	1	33,3	12	39,5
Total	314.657	100,0	148	100,0	3	100,0	29	100,0

Caso Ávila con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	1.346	30,2	35	13,7	263	14,0
Urbana 4F-	17.234	5,5	121	2,7	121	47,5	890	47,3
Urbana Suma	83.499	26,5	1.467	32,9	156	61,3	1.152	61,3
Barrio y Rural	231.158	73,5	2.989	67,1	99	38,7	728	38,7
Total	314.657	100,0	4.456	100,0	255	100,0	1.880	100,0

Tabla S6-3.3.2 Perdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Severos y Colapso por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004)

Área	Categoría		Edificación	Pérdida Monetaria de Edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (M. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	3,000	1,500	1,500
		Clase media	2,271,000	27,600	12,200	15,400
		Clase baja	1,754,000	22,000	9,900	12,100
		Subtotal	4,551,000	52,600	23,600	29,000
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	19,400	10,800	8,600
		4 ~ 8P	7,594,000	95,600	6,800	88,800
		9P ~	6,074,000	59,200	9,100	50,100
		Subtotal	15,110,000	174,200	26,700	147,500
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	14,300	10,000	4,300
		4 ~ 8P	4,131,000	52,800	3,300	49,500
		9 P~	4,506,000	43,200	7,200	36,000
		Subtotal	9,576,000	110,300	20,500	89,800
	Hospitales Y	/c camas	479,000	17,100	5,700	11,400
		Sin camas	440,000	3,400	1,000	2,400
	Oficina de Gob.	Oficinas g.	2,570,000	30,800	5,500	25,300
		Subtotal	3,489,000	51,300	12,200	39,100
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	11,000	5,500	5,500
		4 ~ 8P	1,102,000	5,500	1,100	4,400
		9P ~	900,000	3,600	1,800	1,800
		Subtotal	2,503,000	20,100	8,400	11,700
Total Área Urbana			35,229,000	408,500	91,400	317,100
Área Rural	Vivienda Casa	Pendiente > 20°	611,000	18,700	1,400	17,300
		Pendiente ≤ 20°	5,216,000	19,400	900	18,500
Área Barrio	Vivienda Casa	Pendiente > 20°	2,349,000	112,600	16,400	96,200
		Pendiente ≤ 20°	3,058,000	138,400	8,900	129,500
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	289,100	27,600	261,500
Total (Mill. Bs)			46,463,000	697,600	130,700	566,900
M. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	363	68	295

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla S6-3.3.3 Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004)

Área	Categoría		Edificación	Pérdida Monetaria de Edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (Mill. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	600	300	300
		Clase media	2,271,000	5,500	2,400	3,100
		Clase baja	1,754,000	4,400	2,000	2,400
		Subtotal	4,551,000	10,500	4,700	5,800
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	3,900	2,200	1,700
		4 ~ 8P	7,594,000	19,100	1,400	17,700
		9P ~	6,074,000	11,800	1,800	10,000
		Subtotal	15,110,000	34,800	5,400	29,400
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	2,900	2,000	900
		4 ~ 8P	4,131,000	10,600	700	9,900
		9 P~	4,506,000	8,600	1,400	7,200
		Subtotal	9,576,000	22,100	4,100	18,000
	Hospitales Y Oficina de Gob.	/c camas	479,000	3,400	1,100	2,300
		Sin camas	440,000	700	200	500
		Oficinas g.	2,570,000	6,200	1,100	5,100
		Subtotal	3,489,000	10,300	2,400	7,900
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	2,200	1,100	1,100
		4 ~ 8P	1,102,000	1,100	200	900
		9P ~	900,000	800	400	400
		Subtotal	2,503,000	4,100	1,700	63,500
Total Área Urbana			35,229,000	81,800	18,300	63,500
Área Rural	Vivienda	Pendiente > 20°	611,000	5,600	400	5,200
	Casa	Pendiente ≤ 20°	5,216,000	5,800	300	5,500
Área Barrio	Vivienda	Pendiente > 20°	2,349,000	33,800	4,900	28,900
	Casa	Pendiente ≤ 20°	3,058,000	41,500	2,700	38,800
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	86,700	8,300	78,400
Total (Mill. Bs)			46,463,000	168,500	26,600	141,900
Mill. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	88	14	74

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla S6-3.3.4 Perdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Severos y Colapso por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004)

Área	Categoría		Edificación	Pérdida monetaria de edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (Mill. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	10,200	5,100	5,100
		Clase media	2,271,000	63,800	29,600	34,200
		Clase baja	1,754,000	80,500	37,600	42,900
		Subtotal	4,551,000	154,500	72,300	82,200
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	56,900	11,500	45,400
		4 ~ 8P	7,594,000	293,500	45,500	248,900
		9P ~	6,074,000	186,600	54,600	132,000
		Subtotal	15,110,000	537,000	111,600	425,400
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	42,000	25,800	16,200
		4 ~ 8P	4,131,000	160,100	24,800	135,300
		9P ~	4,506,000	138,000	39,600	98,400
		Subtotal	9,576,000	340,100	90,200	249,900
	Hospitales Y Oficina de Gob.	/c camas	479,000	45,600	11,400	34,200
		Sin camas	440,000	13,400	7,700	5,700
		Oficinas g.	2,570,000	91,300	28,600	62,700
		Subtotal	3,489,000	150,300	47,700	102,600
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	34,500	17,000	17,500
		4 ~ 8P	1,102,000	17,600	4,400	13,200
		9P ~	900,000	12,600	3,600	9,000
		Subtotal	2,503,000	64,700	25,000	39,700
Total Área Urbana			35,229,000	1,246,600	346,800	899,800
Área Rural	Vivienda Casa	Pendiente > 20°	611,000	58,900	6,400	52,500
		Pendiente ≤ 20°	5,216,000	66,600	5,300	61,300
Área Barrio	Vivienda Casa	Pendiente > 20°	2,349,000	354,300	64,300	290,000
		Pendiente ≤ 20°	3,058,000	454,000	45,900	408,100
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	933,800	121,900	811,900
Total Total (Mill. Bs)			46,463,000	2,180,400	468,700	1,711,700
Mill. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	1,135	244	891

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla S6-3.3.5 Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004)

Área	Categoría		Edificación	Pérdida monetaria de edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (Mill. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	2,000	1,000	1,000
		Clase media	2,271,000	12,800	5,900	6,900
		Clase baja	1,754,000	16,100	7,500	8,600
		Subtotal	4,551,000	30,900	14,400	16,500
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	11,400	2,300	9,100
		4 ~ 8P	7,594,000	58,700	9,100	49,600
		9P ~	6,074,000	37,300	10,900	26,400
		Subtotal	15,110,000	107,400	22,300	85,100
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	8,400	5,200	3,200
		4 ~ 8P	4,131,000	32,000	5,000	27,000
		9P ~	4,506,000	27,600	7,900	19,700
		Subtotal	9,576,000	68,000	18,100	49,900
	Hospitales Y Oficina de Gob.	/c camas	479,000	9,100	2,300	6,800
		Sin camas	440,000	2,700	1,500	1,200
		Oficinas g.	2,570,000	18,300	5,700	12,600
		Subtotal	3,489,000	30,100	95,000	20,600
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	6,900	3,400	3,500
		4 ~ 8P	1,102,000	3,500	900	2,600
		9P ~	900,000	2,500	700	1,800
		Subtotal	2,503,000	12,900	5,000	7,900
Total Área Urbana			35,229,000	249,300	69,300	180,000
Área Rural	Vivienda Casa	Pendiente > 20°	611,000	17,700	1,900	15,800
		Pendiente ≤ 20°	5,216,000	20,000	1,600	18,400
Área Barrio	Vivienda Casa	Pendiente > 20°	2,349,000	106,300	19,300	87,000
		Pendiente ≤ 20°	3,058,000	136,200	13,800	124,400
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	280,200	36,600	243,600
Total (Mill. Bs)			46,463,000	529,500	105,900	423,600
Mill. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	276	55	221

Fuente: Equipo de Estudio JICA

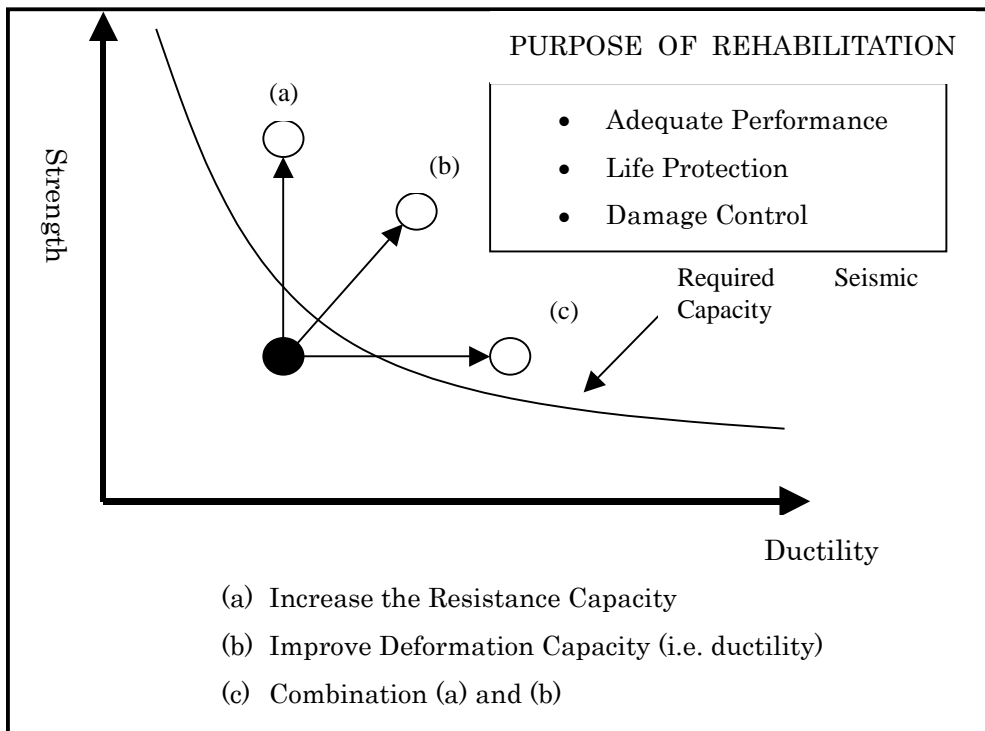
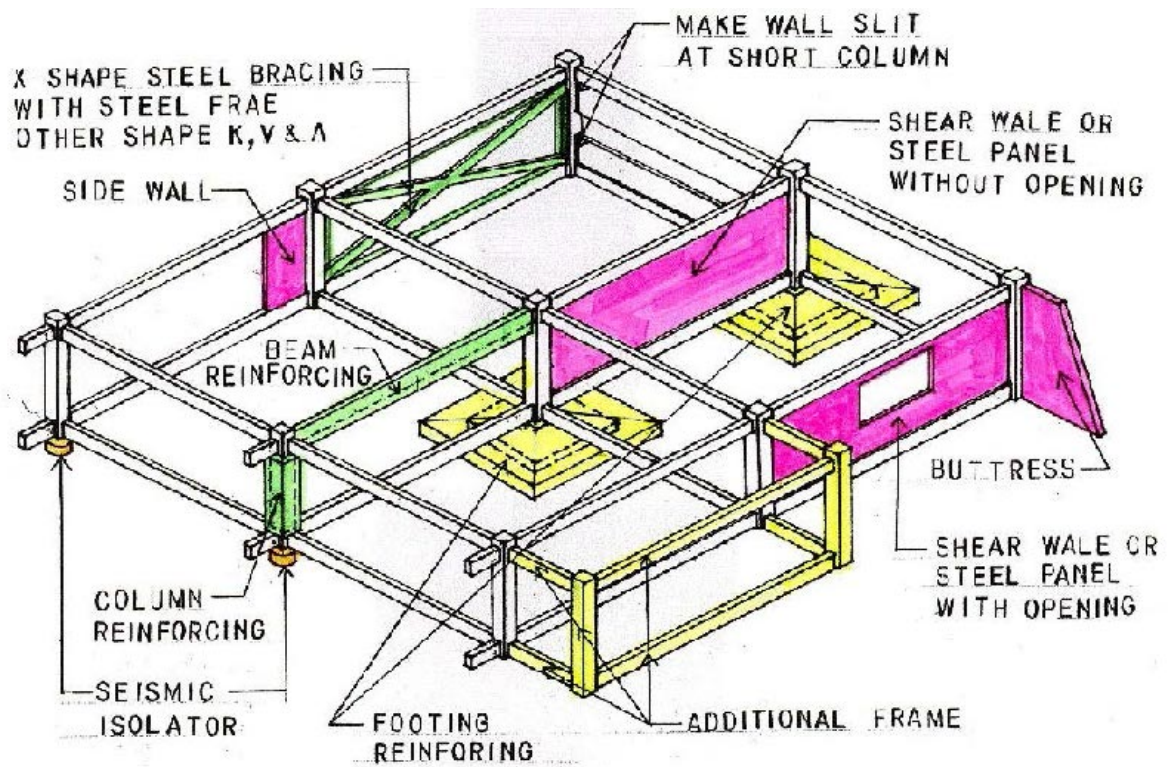


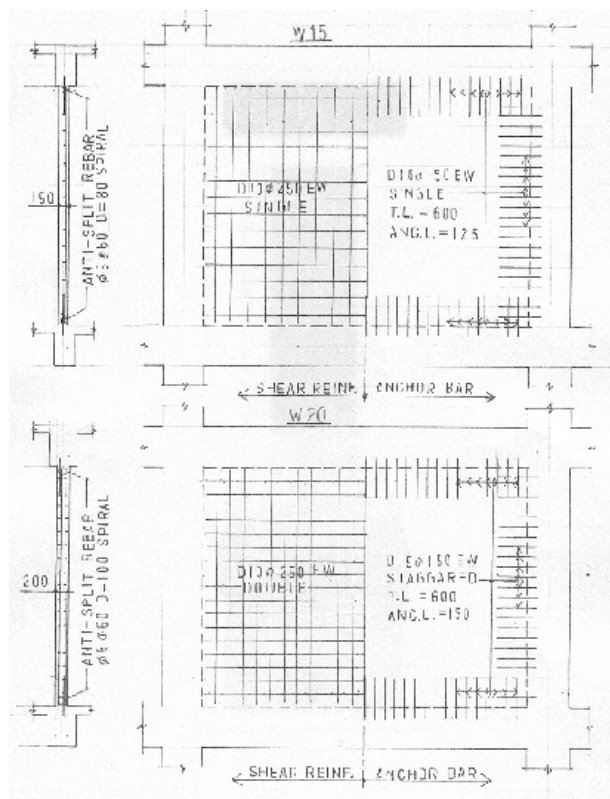
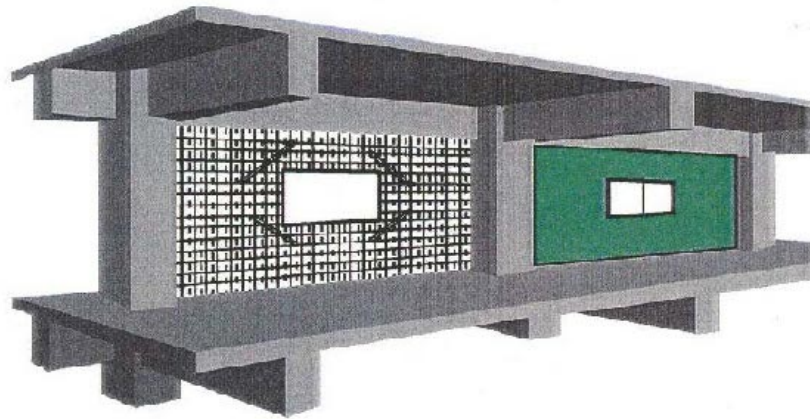
Figura S6-3.1.1 Concepto Básico para el Reforzamiento Sísmico



SEISMIC STRENGTHENING METHOD

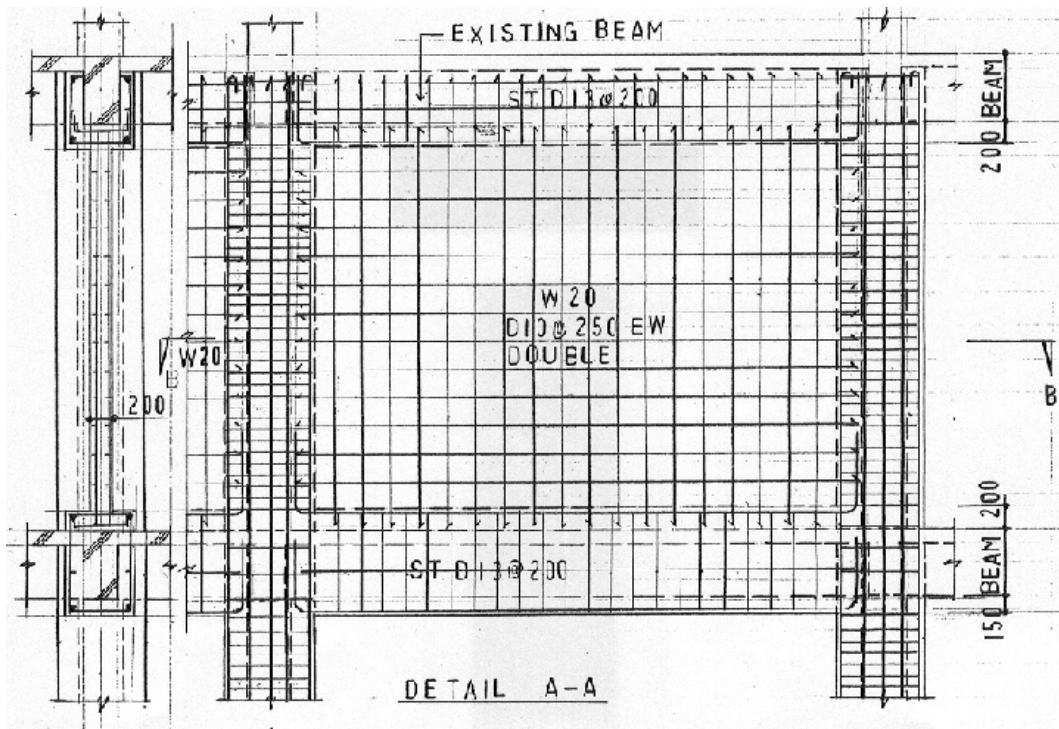
Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S6-3.2.1 Método de Reforzamiento para las Edificaciones Existentes de Acero y CR

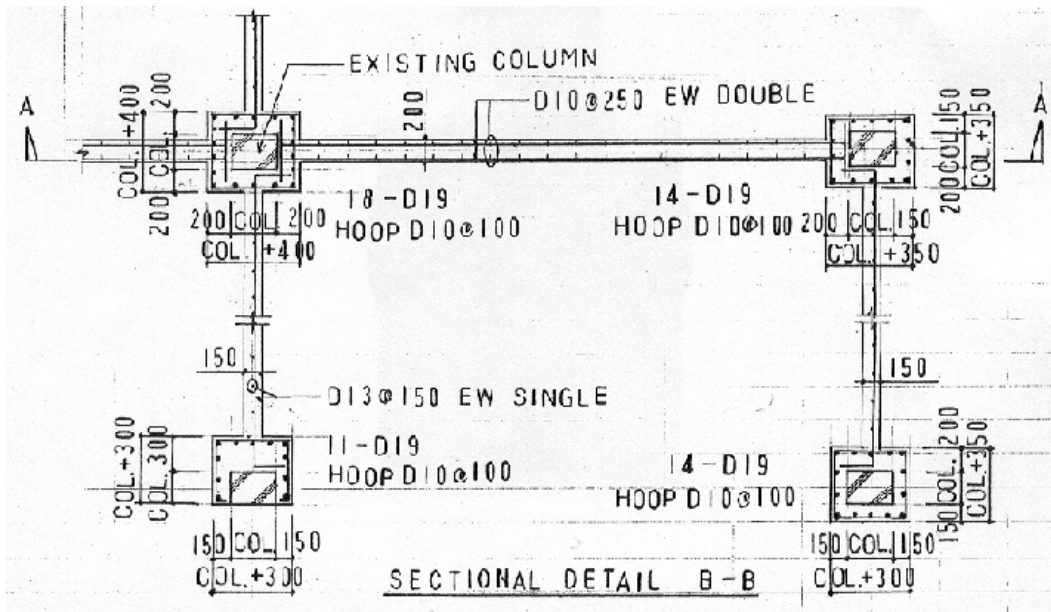


Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S6-3.2.2 Método de Reforzamiento Sísmico: Instalación de Pared de Corte CR



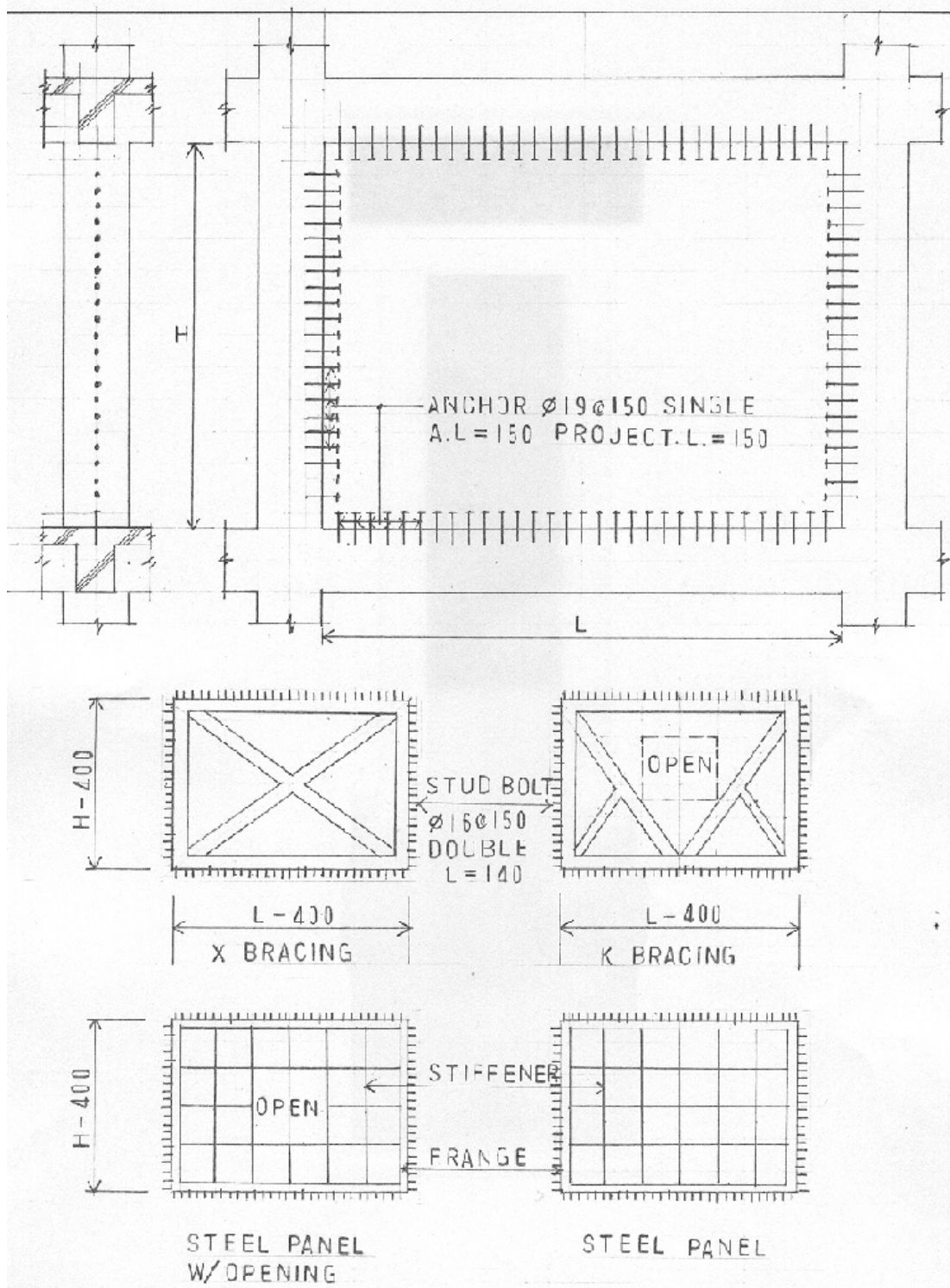
Section



Plan

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S6-3.2.3 Método de Reforzamiento Sísmico: Pared de Corte con Columna y Viga



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura S6-3.2.4 Método de Reforzamiento Sísmico: Soporte de Acero y Panel de Acero