



**Figura S6-3.2.5 Ejemplo del Reforzamiento del Soporte de Acero**

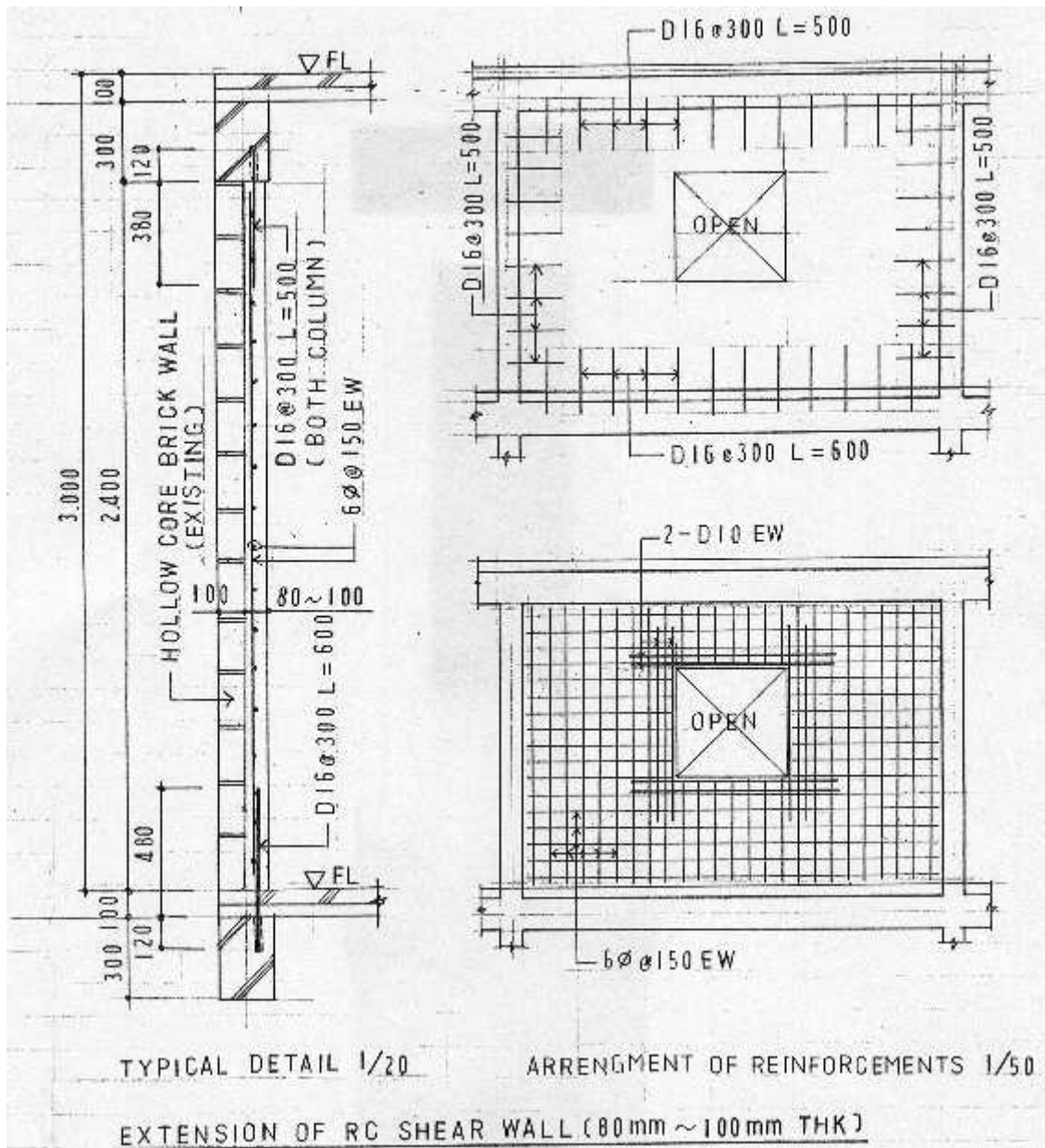


**Aislador**



**Gran Deformabilidad del Aislador**

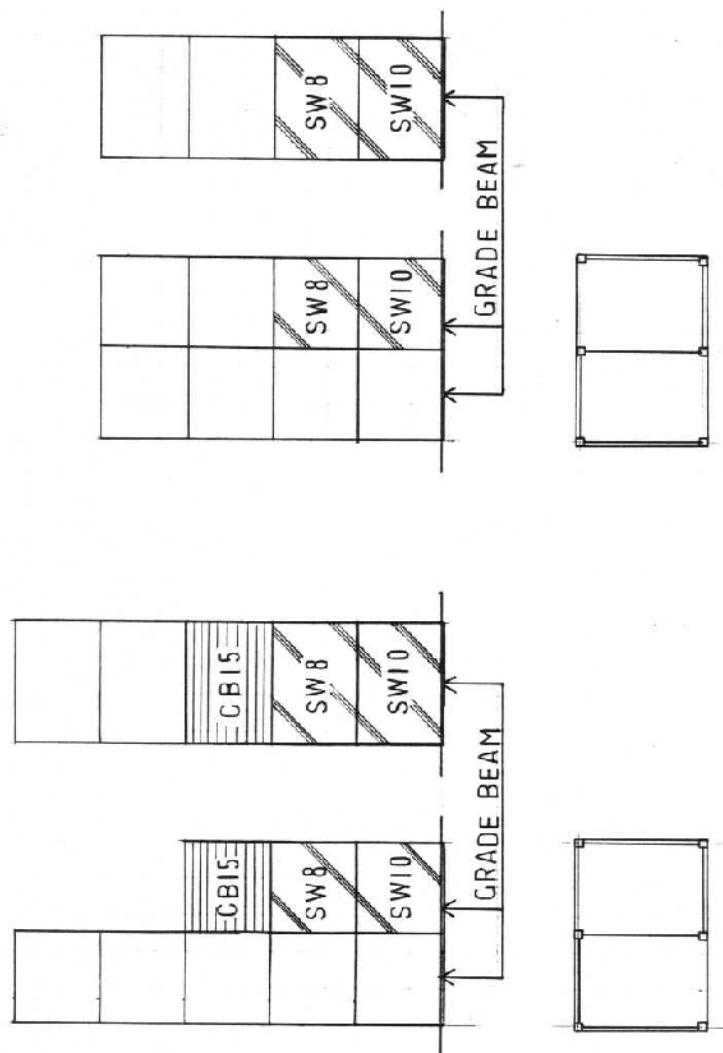
**Figura S6-3.2.6 Sistema de Aislamiento para la Base**



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

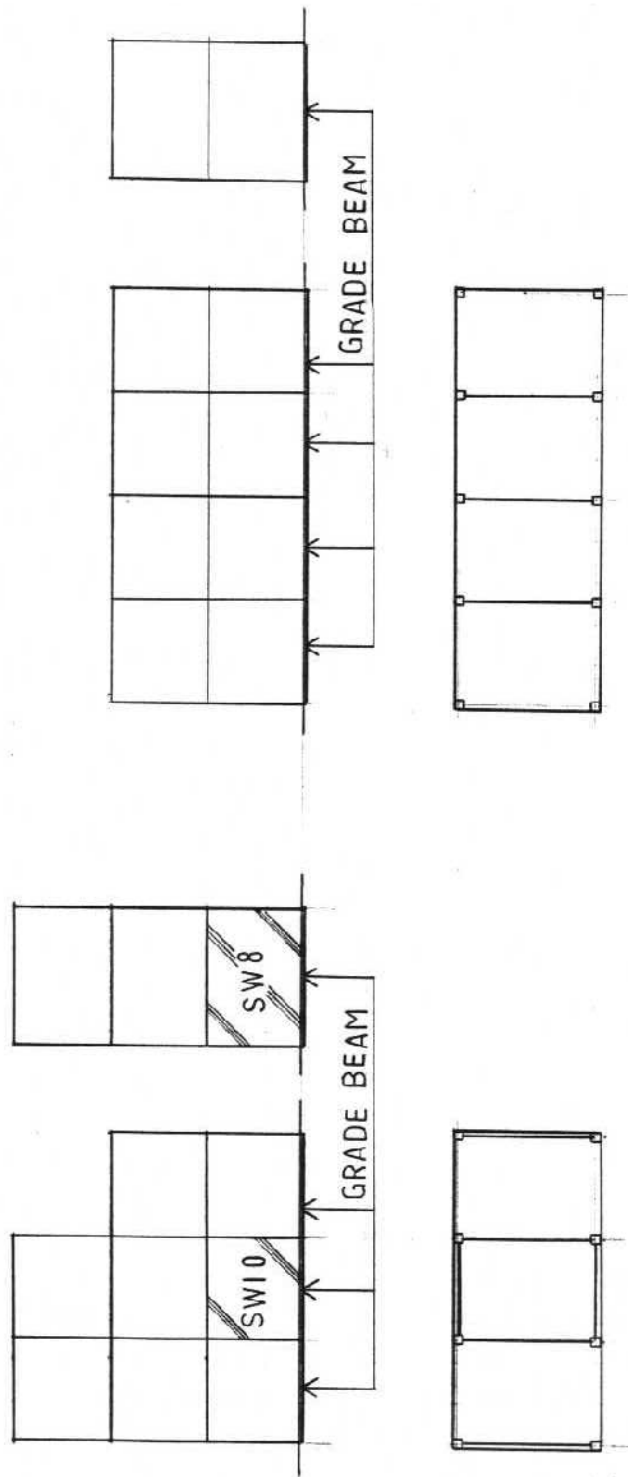
Figura S6-3.2.7 Método de Reforzamiento Sísmico: Instalación de Pared de Corte CR

**Donde:** CB15; pared de bloques de concreto espesor 150mm con barra de refuerzo  
 Vertical; D10 @ 800mm, Horizontal; 10 Ø @ 600mm  
 SW8; pared de corte CR espesor 80mm (Referirse a la Figura 3.2.7)  
 SW10; pared de corte CR espesor 100mm (Referirse a la Figura 3.2.7)  
 SW12; pared de corte CR espesor 120mm con barra de refuerzo de D10 @ 250mm e.w.,  
 Barra de anclaje de D16 @ 250 (Similar a la Figura 3.2.7)  
 SW15; pared de corte CR espesor 150mm con barra de refuerzo de D10 @ 200mm e.w.,  
 Barra de anclaje de D16 @ 250 (Similar to Figure 3.2.7)  
 Viga de pendiente; W200mm x D300mm w/4D13, Strr. 6 Ø @ 200mm



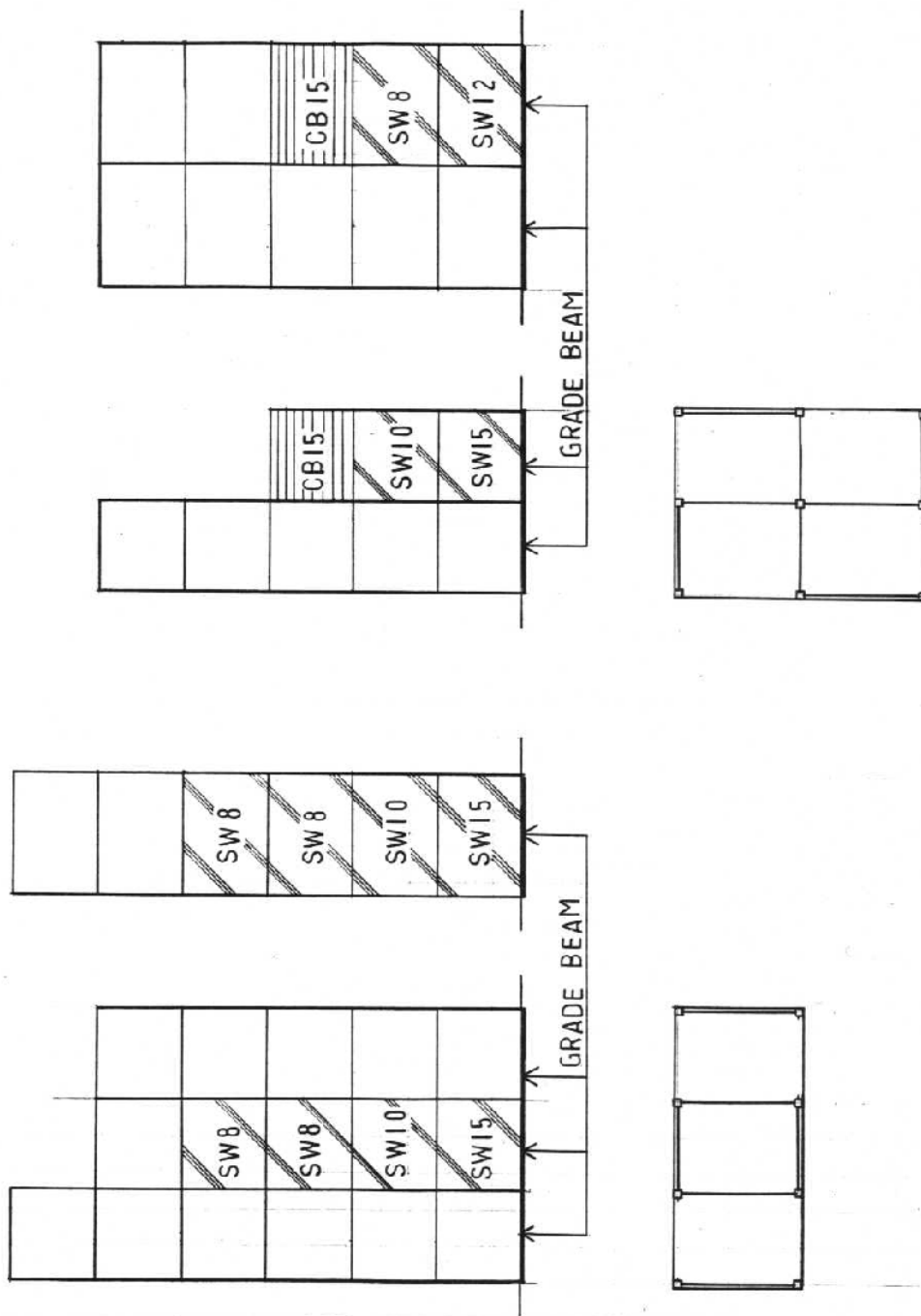
Casa típica: 8-unidades de 3m x 4m

**Figura S6-3.2.8 Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Unifamiliares (1)**



Casa típica: 8-unidades de 3m x 4m

**Figura S6-3.2.9 Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Unifamiliares (2)**



Casa típica: 16-unidades de 3m x 4m

**Figura S6-3.2.10 Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Multifamiliares (1)**

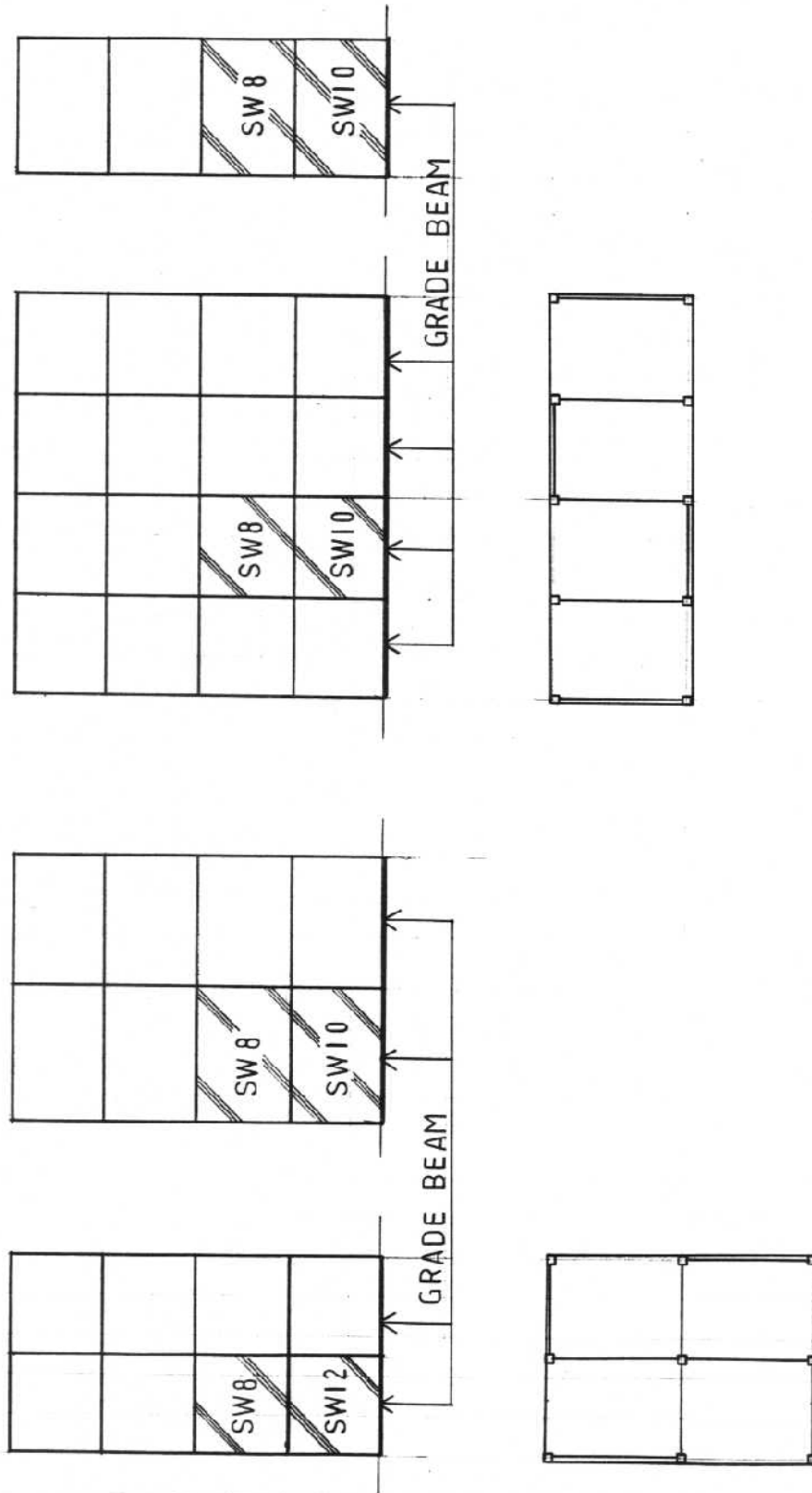
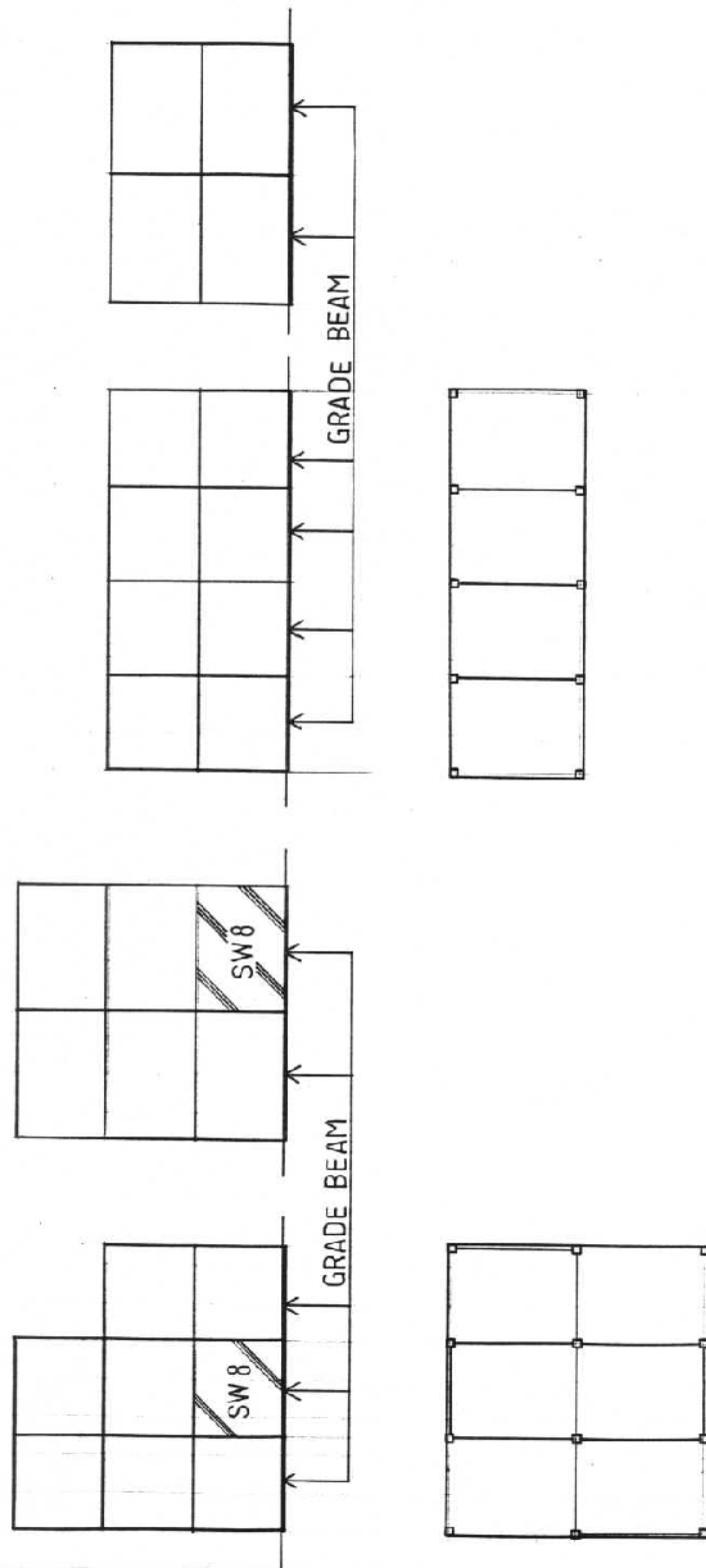


Figura S6-3.2.11 Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Multifamiliares (2)



Casa típica: 16-unidades de 3m x 4m

**Figura S6-3.2.12 Métodos de Reforzamiento Sísmico para Casas de Barrio Multifamiliares (3)**



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Figura S6-3.2.13 Reforzamiento de Paredes Exteriores y Columnas por Método Jacketing**

Año	05	06	07	08	09	10	15	16	17	18	19	20	
Inspección Visual Rápida (IVR)	3 años: 100 ingenieros			Area Urbana: 62,600 Edif.									
				Rural y Barrio: 184,900 Edificaciones									
Evaluación Sísmica Detallada	13 años: 800 ingenieros			Area Urbana: 50,080 Edif.									
				Rural y Barrio: 166,400 Edif.									
Diseño del Reforzamiento Sísmico	13.5 años: 640 ingenieros			Area Urbana: 40,060 Edif.									
				Rural y Barrio: 142,700 Edif.									
Trabajos de Construcción	14 años			Area Urbana: 40,060 Edif.									
				Rural y Barrio: 142,700 Edif.									

**Figura S6-3.3.1 Cronograma para el Plan de Reforzamiento Sísmico para las Edificaciones**



## **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DEL COSTO DE LAS EDIFICACIONES**

El efecto del reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes puede ser demostrado mediante el costo efectivo por el costo de inversión. Sin embargo, las pérdidas humanas no pueden ser estimadas mediante la pérdida monetaria.

En este estudio, los precios vigentes en Caracas se establecieron como los de Febrero 2004.

### **4.1 Costo Unitario del Trabajo de Construcción de Nuevas Edificaciones (Costo de Reemplazo de Edificaciones)**

El Equipo de Estudio de JICA investigó cada costo del trabajo de construcción de nuevas edificaciones, o en su lugar el costo del reemplazo de edificaciones, como se muestra en las Tablas S6-4.2.1.

Los precios referenciales de materiales y de materiales más mano de obra se muestran en la Tabla S6-4.1.1.

El costo bruto unitario típico para el trabajo de reemplazo de edificaciones en Caracas se muestra en la Tabla S6-4.1.2.

### **4.2 Costo Total de Reemplazo y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones Existentes**

En concordancia con los datos del inventario de edificaciones, el Equipo de Estudio de JICA asumió e investigó el número de edificaciones y el área total de superficie para cada uso, el costo de reemplazo de edificaciones y del trabajo de reforzamiento de las edificaciones existentes en el área de estudio. A través de nuestra evaluación sísmica y planificación de reforzamiento nosotros asumimos e investigamos la proporción requerida para la evaluación sísmica y el trabajo de reforzamiento, y el costo del reforzamiento sísmico por costo de reemplazo de edificaciones.

El área total de superficie, el costo total de reemplazo y del trabajo de reforzamiento sísmico de edificaciones existentes en el área de estudio se muestra en la Tabla S6-4.2.1.

El número y uso de las edificaciones en cada área se muestran en la Tabla S6-4.2.2.

La proporción de la evaluación sísmica requerida y el reforzamiento, y el costo de reforzamiento sísmico por costo de reemplazo, por cada categoría de las edificaciones existentes, se muestran en la Tabla S6-4.2.3.

**Tabla S6-4.1.1 Precios de Referencia en Caracas**  
**(Continúa en la Siguiete Página)**

(Febrero 2004, 1920Bs = 1US\$)

A. Materiales Básicos: (+IVA)	
1. Concreto Premezclado: Fc250	240,000 Bs./ m <sup>3</sup> + Mano de Obra
2. Concreto mezclado en el Sitio	200,000 Bs./ m <sup>3</sup> + Mano de Obra
3. cabillas: fy4,200 (12m de largo)	1,400 Bs./ Kg. : 1 paquete: 2 toneladas.
4. Malla de acero	1,500 Bs./ m <sup>2</sup>
5. Ladrillos de 15 cm de espesor	380 Bs./ No.      17 Nos./m <sup>2</sup>
6. Bloques de Concreto de 15 cm de espesor	500 Bs./ No.      17 Nos./m <sup>2</sup>
7. Cemento	10,000 Bs./ paquete      42.5 Kg./ 1 paquete
8. Gravilla/ Arena/ Friso	18,500/ 22,500/ 20,000 Bs./ m <sup>3</sup>
9. Estructura de madera: Plato; 0.3m x 2.4m x 25mm Hoja; 1.2m x 0.6m x 25mm Barra Cuadrada; 50mm x 100mm	30,000 Bs./ m <sup>2</sup> : para Viga & Columna 10,000 Bs./ Bs.: para Plancha & Pared 3,000 Bs./ ml: para Soporte
10. Losas de Cerámica: 33cm x 33cm	10,000 Bs./ m <sup>2</sup> : 9 unidades/ 1m <sup>2</sup>
B. Materiales y Mano de Obra: (+IVA)	
1. Nueva Construcción (Precio Total)	500,000 ~ 600,000 Bs./ m <sup>2</sup>
2. Estructura y Paredes de Ladrillo (Sin Acabados)	280,000 Bs./ m <sup>2</sup>
3. Mano de Obra de la Estructura Solamente	60,000 Bs./ m <sup>2</sup>
4. Mano de Obra de las Paredes Solamente	4,000 Bs./ m <sup>2</sup>
Pared + Friso de ambos lados	12,000 Bs./ m <sup>2</sup>
5. Acabado de Pintura	8,000 Bs./ m <sup>2</sup>
6. Asfalto de Impermeabilización de 6mm espesor	12,000 Bs./ m <sup>2</sup>
7. Instalación de Losas de Cerámica con Mortero	10,000 Bs./ m <sup>2</sup>
8. Trabajo de Fabricación de Estructura de Acero	6,500 Bs./ Kg
9. Tubería Cuadrada de Acero	8,000 Bs./ Kg
10. Plancha Base	10,500 Bs./ Kg
11. Pernos de Remache (A-32S)	16,500 Bs./ Kg

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Tabla S6-4.1.1 Precios de Referencia en Caracas (Continuación)**

(Febrero 2004, 1920Bs = 1US\$)

C. Otros: (+IVA)	
1. Demolición a Mano y Disposición de Escombros	6,000 Bs./ m <sup>3</sup>
2. Excavación con Maquinaria	5,000 Bs./ m <sup>3</sup>
3. Excavación a Mano	7,000 Bs./ m <sup>3</sup>
4. Trabajo Eléctrico (Cable 12mm)	45,000 Bs./ punto: 6 puntos/ 50 m <sup>2</sup>
5. Plomería (PVC)	30,000 Bs./ punto: 2 puntos/ 50 m <sup>2</sup>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Tabla S6-4.1.2 Costo Unitario Bruto Típico para los Trabajos de Reemplazo de Edificaciones en Caracas**

(Febrero 2004, 1920Bs = 1US\$)

1A. Casas en el Área Urbana	
1) Casas de Clase Baja ( 80-100 m <sup>2</sup> ) (100 m <sup>2</sup> )	400,000 - 600,000 Bs./ m <sup>2</sup> 50,000,000 Bs./ 1 Casa
2) Casas de Clase Media (100-200 m <sup>2</sup> ) (150 m <sup>2</sup> )	600,000 - 800,000 Bs./ m <sup>2</sup> 105,000,000 Bs./ 1 Casa
1B. Casas en el Área de Barrio (70-100 m <sup>2</sup> ) (100 m <sup>2</sup> )	150,000 - 200,000 Bs./ m <sup>2</sup> 17,500,000 Bs./ 1 Casa
Precio de venta	300,000 Bs./ m <sup>2</sup>
2A. Apartamentos en el Área Urbana (150 m <sup>2</sup> )	600,000 Bs./ m <sup>2</sup> 90,000,000 Bs./ 1 Familia
2B. Apartamentos en el Área de Barrio (100 m <sup>2</sup> )	300,000 - 400,000 Bs./ m <sup>2</sup> 35,000,000 Bs./ 1 Familia
3. Edificios de Oficinas	
1). Edificaciones de Concreto Reforzado (CR)	
Trabajo Arquitectónico	210,000 Bs./ m <sup>2</sup> (42%)
Trabajo Estructural	190,000 Bs./ m <sup>2</sup> (38%)
Trabajo de Equipamiento de la Construcción	100,000 Bs./ m <sup>2</sup> (20%)
Trabajo Eléctrico	30,000 Bs./ m <sup>2</sup>
Trabajo de Plomería	20,000 Bs./ m <sup>2</sup>
Trabajo de Aire Acondicionado	20,000 Bs./ m <sup>2</sup>
Elevadores	30,000 Bs./ m <sup>2</sup>
Total	500,000 Bs./ m <sup>2</sup>
2). Edificaciones de Estructura de Acero	
Trabajo Arquitectónico	250,000 Bs./ m <sup>2</sup> (41.7%)
Trabajo Estructural	250,000 Bs./ m <sup>2</sup> (41.7%)
Trabajo de Equipamiento de la Construcción	100,000 Bs./ m <sup>2</sup> (16.6%)
Total	600,000 Bs./ m <sup>2</sup>
3). Edificaciones de Ladrillo (Edificios Existentes)	
Trabajo Arquitectónico	330,000 Bs./ m <sup>2</sup> (60%)
Trabajo Estructural	150,000 Bs./ m <sup>2</sup> (25%)
Trabajo de Equipamiento de la Construcción	120,000 Bs./ m <sup>2</sup> (20%)
Total	600,000 Bs./ m <sup>2</sup>
4). Edificaciones Comerciales (Excluyendo Acabados Internos)	500,000 Bs./ m <sup>2</sup>
5). Hospitales (Excluyendo Equipos Médicos)	
Hospitales Pequeños (Sin Camas)	600,000 Bs./ m <sup>2</sup>
Grandes Hospitales (Con Camas)	900,000 - 1,000,000 Bs./ m <sup>2</sup>
6. Edificaciones Escolares	400,000 Bs./ m <sup>2</sup>
7. Edificaciones Industriales (Estructura de Acero con techos Ligeros)	200,000 Bs./ m <sup>2</sup>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Tabla S6-4.2.1 Area Total de Piso, Costo de Reemplazo y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones Existentes en Caracas (Febrero 2004)**

Área	Categoría		Área Total de Piso (m <sup>2</sup> )	Costo de Construcción de Reemplazo (M. Bs.)	Costo del Reforzamiento Sísmico (M. Bs.)
	Tipo de Construcción	Componente			
Área Urbana	Casa	Clase Alta	526,000	526,000	36,200
		Clase media	3,244,000	2,271,000	156,500
		Clase Baja	3,507,000	1,754,000	120,900
		Subtotal	7,277,000	4,551,000	313,600
	Apartamento	Poca Altura: 1 ~ 3	2,404,000	1,442,000	99,400
		Altura Media: 4 ~ 8	11,683,000	7,594,000	629,500
		Mayor Altura: 9 ~	9,345,000	6,074,000	434,900
		Subtotal	23,432,000	15,110,000	1,163,800
	Edificio de Oficinas	Poca Altura: 1 ~ 3	1,878,000	939,000	64,700
		Altura Media: 4 ~ 8	7,511,000	4,131,000	342,500
		Mayor Altura: 9 ~	7,510,000	4,506,000	322,600
		Subtotal	16,899,000	9,576,000	729,800
	Hospital y Oficinas de Gobierno	Con Camas	504,000	479,000	39,700
		Sin Camas	734,000	440,000	30,300
		Oficinas de Gobierno	4,672,000	2,570,000	213,000
		Subtotal	5,910,000	3,489,000	283,000
	Otras Edificaciones Importantes	Poca Altura: 1 ~ 3	1,002,000	501,000	34,500
		Altura Media: 4 ~ 8	2,004,000	1,102,000	91,400
		Mayor Altura: 9 ~	1,500,000	900,000	64,400
		Subtotal	4,506,000	2,503,000	190,300
Total Área Urbana			58,024,000	35,229,000	2,680,500
Área Rural	Casa	Pendiente > 20grados	1,527,000	611,000	58,700
		Pendiente 20grados	9,639,000	816,000	173,000
Área de Barrio	Casa	Pendiente > 20grados	13,424,000	2,349,000	300,700
		Pendiente 20grados	17,474,000	3,058,000	275,200
	Total Rural & Barrio			42,064,000	11,234,000
Gran Total			100,088,000	46,463,000	3,488,100
US\$ (1920 Bs.= 1US\$)				24,200 M.US\$	1,817 M.US\$

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Tabla S6-4.2.2 Cantidad de Edificaciones en Cada Area y su Uso**

Área	No. de Edif.	%	Categoría	No. de Edif.	%	Clase, Pisos	No. de Edif.	%
Área Urbana	83,499	100	Casa	58,449	70	Clase Alta	1,753	3
						Clase Media	21,626	37
						Clase Baja	35,070	60
			Apartamento	6,680	8	1 ~ 3	2,004	30
						4 ~ 8	3,340	50
						9 -	1,336	20
			Edificio de Oficinas	12,526	15	1 ~ 3	3,758	30
						4 ~ 8	5,010	40
						9 -	3,758	30
			Hospital y Oficinas de Gobierno	3,340	4	Con Camas	84	2.5
						Sin Camas	918	27.5
						Ofic. Gob.	2,338	70
			Otras Edificaciones Importantes	2,504	3	1 ~ 3	1,002	40
						4 ~ 8	1,002	40
						9 -	500	20
Total Área Urbana			83,449	100		83,449		
Área Rural	25,175	10.9	Pendiente >20grados	10,182	40.4	---	---	
			Pendiente 20grados	14,993	59.6	---	---	
			Subtotal	25,175	100			
Área de Barrio	205,983	89.1	Pendiente > 20grados	89,491	43.4	---	---	
			Pendiente 20grados	116,492	56.6	---	---	
			Subtotal	205,983	100			
			231,158	100	Total Rural & Barrio	231,158	100	
			314,657		Gran Total	314,657	100	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Tabla S6-4.2.3 Tasa de Evaluación Sísmica y Reforzamiento Requeridos, y el Costo del Reforzamiento Sísmico por Costo de Reemplazo de Edificaciones**

Área	Categoría			Tasa de Número de Edif..	Tasa de Evaluación Sísmica Requerida  (Tasa de Reforzamiento Sísmico)	Costo de Reforzamiento Sísmico / Costo de Reemplazo de Construcción	
	Tipo	Componente	Año Construc.				
Área Urbana	Tipo de Estructura	Estructura de CR		82.1%			
		Estructura de Acero		3.7%			
		Ladrillo		14.2%			
	Año de Construcción	Antes de 1967 *1			51.7%		15%
		1968 ~ 1982 *2			37.4%		10%
		Después de 1983			10.9%		5%
	Número de Pisos			*1	44.1%	75%, (80%)	15%
		Baja Altura: 1 ~ 3		*2	30.4%	75%, (70%)	10%
				*3		75%, (60%)	5%
				*1	6.4%	80%, (90%)	15%
		Altura Media: 4~8		*2	4.6%	80%, (80%)	10%
				*3		80%, (70%)	5%
				*1	1.1%	90%, (70%)	15%
Mayor Altura: 9 ~			*2	2.5%	90%, (60%)	10%	
		*3		90%, (50%)	5%		
Área Rural	Casa	Pendiente > 20grados	---	40.4%	80%, (80%)	15%	
		Pendiente < 20grados	---	54.6%	80%, (75%)	10%	
Área Barrio	Casa	Pendiente > 20grados	---	43.4%	80%, (80%)	20%	
		Pendiente < 20grados	---	56.6 %	80%, (75%)	15%	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**S7**

**PRUEBA DE CAMPO SOBRE EL REFORZAMIENTO  
SISMICO DE EDIFICACIONES**

*“Caracas,*

*ayúdanos a no permitir que tu cuna se convierta en un desastre”*

*Karen Jiménez*



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

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S7

PRUEBA DE CAMPO SOBRE EL REFORZAMIENTO SISMICO DE EDIFICACIONES

**CONTENIDO**

CAPITULO 1. INTRODUCCION

1.1	Casas de Barrio-----	S7-1
1.2	Objetivos de la Prueba de Campo-----	S7-1
1.3	Flujo de la Prueba de Campo -----	S7-1

CAPITULO 2. MODELOS EVALUADOS

2.1	Modelo Base-----	S7-2
2.2	Modelos Evaluados -----	S7-2

CAPITULO 3. CONSTRUCCION DE MODELOS

3.1	Secuencia de Construcción -----	S7-14
3.2	Aspectos de la Carencia de Ingeniería durante la Construcción -----	S7-14

CAPITULO 4. PRUEBAS DE MATERIALES

4.1	Información General de Materiales -----	S7-25
4.2	Prueba de Materiales-----	S7-25

CAPITULO 5. CARGAMENTO Y MEDIDAS HORIZONTALES

5.1	Cargamento Horizontal-----	S7-29
5.2	Medida-----	S7-29

CAPITULO 6. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CAMPO

6.1	Horario de la Prueba -----	S7-31
6.2	Resultados-----	S7-31
6.3	Resumen -----	S7-33

APÉNDICE A1. ANÁLISIS ELÁSTICO Y DE LA FUERZA PARA EL MODELO 1

A1.1. Condiciones para el Análisis Elástico -----S7-44

A1.2. Análisis de la Fuerza-----S7-44

A1.3. Análisis de la Curva de Desviación de la Carga -----S7-45

APÉNDICE A2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD SÍSMICA PARA LAS CASAS  
EXISTENTES DEL BARRIO EN PENDINETE, CARACAS

A2.1. Condiciones y Asunciones -----S7-45

**LISTA DE TABLAS**

Tabla S7-2.2.1	Reforzamiento Sísmico e Impacto del Costo de cada Modelo -----	S7-4
Tabla S7-2.2.2	Peso del Modelo-----	S7-4
Tabla S7-4.2.1	Pruebas de los Materiales (Concreto, Barras de Refuerzo, Ladrillo de Arcilla, Bloque de Concreto)-----	S7-26
Tabla S7-6.2.1	Modelo 1 – Desviación de la Carga-----	S7-35
Tabla S7-6.2.2	Modelo 2 - Desviación de la Carga -----	S7-36
Tabla S7-6.2.3	Modelo 3 - Desviación de la Carga -----	S7-37
Tabla S7-6.2.4	Modelo 4 - Desviación de la Carga -----	S7-37
Tabla A2.1	Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio (1)-----	S7-53
Tabla A2.2	Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio (2)-----	S7-53
Tabla A2.3	Estimación de las Casas de Barrio Severamente Dañadas -----	S7-54

**LISTA DE FIGURAS**

Figura S7-2.2.1	Detalle del Piso de los Modelos -----	S7-5
Figura S7-2.2.2	Detalle del Piso y Fundación de los Modelos -----	S7-5
Figura S7-2.2.3	Armazón de Elevación del Modelo 1 (1) -----	S7-6
Figura S7-2.2.4	Armazón de Elevación del Modelo 1 (2)-----	S7-7
Figura S7-2.2.5	Armazón de Acero para Transferencia de Carga Horizontal -----	S7-8
Figura S7-2.2.6	Armazón de Elevación del Modelo 2 -----	S7-9
Figura S7-2.2.7	Armazón de Elevación del Modelo 3 -----	S7-10
Figura S7-2.2.8	Armazón de Elevación del Modelo 4 -----	S7-11
Figura S7-2.2.9	Detalle de la Viga de Carga y Armazón para Medición -----	S7-12
Figura S7-2.2.10	Detalle del Armazón para Medición -----	S7-13
Figura S7-4.2.1	Distribución de la Fuerza del Concreto con la Prueba del Cilindro, Probado por IMME -----	S7-28
Figura S7-6.2.1	Plano de los Modelos -----	S7-38
Figura S7-6.2.2	Fachada de los Modelos -----	S7-38
Figura S7-6.2.3	Vista lateral A-----	S7-38
Figura S7-6.2.4	Vista lateral B-----	S7-38
Figura S7-6.2.5	Curva de Desviación de la Carga-----	S7-39
Figura A1.1	Modelo de Análisis-----	S7-49
Figura A1.2	Momento de Flexión (tm) -----	S7-49
Figura A1.3	Desplazamiento (cm) -----	S7-50
Figura A1.4	Resultado del Análisis de la Curva de Desviación de la Carga Modelo 1 -----	S7-50
Figura A2.1	Espectro de Respuesta y Coeficiente de Esquileo Base para el Código 1982 -----	S7-51
Figura A2.2	Espectro de Respuesta y Coeficiente de Esquileo Base para el Código 2001 -----	S7-52

## Lista de Fotos

Foto 3.1	Trabajo de Preparación del Sitio -----	S7- 17
Foto 3.2	Trabajo de Excavación -----	S7- 17
Foto 3.3	Trabajo de Columnas -----	S7- 17
Foto 3.4	Trabajo de Vigas -----	S7- 17
Foto 3.5	Trabajos de Piso-----	S7- 17
Foto 3.6	Trabajo de Columnas -----	S7- 17
Foto 3.7	Trabajo de Techos -----	S7- 18
Foto 3.8	Trabajo de Paredes de Ladrillo-----	S7- 18
Foto 3.9	Mezclado de Concreto-----	S7- 18
Foto 3.10	Agregado de Piedra -----	S7- 18
Foto 3.11	Cemento Portland (45kg/bolsa)-----	S7- 18
Foto 3.12	Cilindros de Prueba de Concreto -----	S7- 18
Foto 3.13	Fabricación Barras Refuerzo(1) -----	S7- 19
Foto 3.14	Fabricación Barras Refuerzo (2)-----	S7- 19
Foto 3.15	Fabricación Barras Refuerzo (3)-----	S7- 19
Foto 3.16	Excavación para Fundación-----	S7- 19
Foto 3.17	Vaciado Concreto para Fundación-----	S7- 19
Foto 3.18	Col. Corta de Barra Refuerz -----	S7- 19
Foto 3.19	Trabajo Encofrado Col. Corta(1) -----	S7- 20
Foto 3.20	Trabajo Encofrado Col. Corta(2) -----	S7- 20
Foto 3.21	Columna Corta de Concreto -----	S7- 20
Foto 3.22	Columna Corta Concretada(1) -----	S7- 20
Foto 3.23	Columna Corta Concretada (2) -----	S7- 20
Foto 3.24	Columna Corta Concretada (3) -----	S7- 20
Foto 3.25	Columna Larga en Concreto -----	S7- 21
Foto 3.26	Columna Larga Concretada -----	S7- 21
Foto 3.27	Vigas de Piso -----	S7- 21
Foto 3.28	Instal. Barras Refuerzo de Viga -----	S7- 21
Foto 3.29	Const. de Junta en la Viga -----	S7- 21
Foto 3.30	Remoción Trabajo de Encofrado-----	S7- 21
Foto 3.31	Culumnas Largas y Piso -----	S7- 22
Foto 3.32	Piso de Tabelaone de Concreto -----	S7- 22
Foto 3.33	Trabajo Encofrado Coll. (1)-----	S7- 22
Foto 3.34	Trabajo Encofrado Col. (2)-----	S7- 22
Foto 3.35	Trabajo Encofrado Vigas Techo -----	S7- 22

Foto 3.36	Trabajo del Piso del Techo -----	S7- 22
Foto 3.37	Trabajo Pared Ladrillo Arcilla (1) -----	S7- 23
Foto 3.38	Trabajo Pared Ladrillo Arcilla (2)-----	S7- 23
Foto 3.39	Ladrillo Ahuecado de Arcilla -----	S7- 23
Foto 3.40	Viga de Carga -----	S7- 23
Foto 3.41	Pared Bloque Concreto (1)-----	S7- 23
Foto 3.42	3.42 Pared Bloque Concreto (2) -----	S7- 23
Foto 3.43	Muro de Contención -----	S7- 24
Foto 3.44	Completación de los Modelos -----	S7- 24
Foto 5.1	Vista general -----	S7- 30
Foto 5.2	Armazón de Acero para Transferencia de Carga -----	S7- 30
Foto 5.3	Gato Hidráulico -----	S7- 30
Foto 5.4	Bomba Hidráulica-----	S7- 30
Foto 5.5	Equipo de Medición (1) -----	S7- 30
Foto 5.6	Equipo de Medición (2) -----	S7- 30
Foto 6.1	Falla Columna Corta Modelo 1 (1) -----	S7- 40
Foto 6.2	Falla Columna Corta Modelo 1 (2) -----	S7- 40
Foto 6.3	Falla Columna Corta Modelo 1 (3) -----	S7- 40
Foto 6.4	Falla Columna Larga Modelo 1 -----	S7- 40
Foto 6.5	Modelo 2 -----	S7- 40
Foto 6.6	Falla de Esquileo Columna Corta Modelo 2 (1) -----	S7- 40
Foto 6.7	Falla de Esquileo Columna Corta Modelo 2 (2) -----	S7- 41
Foto 6.8	Esquileo de Quiebre Columna Corta Modelo (3)-----	S7- 41
Foto 6.9	Falla Columna Larga Modelo 2 -----	S7- 41
Foto 6.10	Foto 6.10 Columna Corta debajo Viga de Carga Model0 2 -----	S7- 41
Foto 6.11	Modelo 3-----	S7- 41
Foto 6.12	Quiebre Diagonal por Presión Columna Corta Modelo 3-----	S7- 41
Foto 6.13	Falla por Presión de Columna y Pared Ladrillo de Arcilla (1) -----	S7- 42
Foto 6.14	Agrietamiento de la Columna y Pared de Ladrillo de Arcilla (2) -----	S7- 42
Foto 6.15	Separación de Pared y Armazón -----	S7- 42
Foto 6.16	Modelo 4-----	S7- 42
Foto 6.17	Separación Pared Bloque Concreto sin Barras Reforzadas del Armazón ---	S7- 42
Foto 6.18	Falla de Columna y Pared Bloque Concreto -----	S7- 42
Foto 6.19	Falla de Esquileo de Columna y Pared Bloque Concreto con Barras Reforzadas (1) -----	S7- 43
Foto 6.20	Falla de Esquileo de Columna y Pared Bloque Concreto con Barras Reforzadas (2)-----	S7- 43

Foto 6.21	Falla Pared Bloque Concreto con Barras Reforzadas-----	S7- 43
Foto 6.22	Demolición de los Modelos -----	S7- 43
Foto 1.1	Casas de barrio en colina(1) -----	S7- 48
Foto 1.2	Casas de barrio en colina (2) -----	S7- 48
Foto 1.3	Una casa de barrio en construcción-----	S7- 48
Foto 1.4	Casa de barrio en pendiente (1) -----	S7- 48
Foto 1.5	Casas de barrio en pendiente (2) -----	S7- 48

## **S-7 PRUEBA DE CAMPO SOBRE EL REFORZAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICACIONES**

### **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Casas de Barrio**

Muchas casas de los barrios en Caracas se han construido sobre pendientes (foto 1.1, 1.2). Aunado a esto, el Código Sísmico no se ha aplicado para el diseño y construcción de estas casas de barrios.

Una casa de barrio en proceso de construcción se muestra en la foto 1.3. La armazón principal es de estructura de concreto reforzado y las paredes son de ladrillos huecos de arcilla. La calidad de la estructura de concreto reforzado parece baja. Todas las casas son edificaciones que no siguen las normas de ingeniería tanto en diseño sísmico como en la construcción contra terremotos.

#### **1.2 Objetivos de la Prueba de Campo**

Las casas de barrio no están construidas respetando normas de construcción y sobretodo aquellas construidas sobre pendientes serán las más vulnerables contra terremotos. Sin embargo, hasta la fecha se desconocen datos de casas resistentes a terremotos ubicadas en barrios de pendientes.

Los objetivos de la prueba de campo son los siguientes:

- Evaluar la vulnerabilidad de las casas de barrio
- Evaluar el efecto del reforzamiento sísmico para las casas de barrio, con técnicas disponibles y a un costo razonable.
- Incrementar la conscientización pública acerca de la vulnerabilidad de las casas de barrio y efectuar el reforzamiento.

#### **1.3 Flujo de la Prueba de Campo**

En primer lugar, se construyeron cuatro modelos iguales de viviendas sin ingeniería. El reforzamiento sísmico fue llevado a cabo para tres de las cuatro edificaciones. Este reforzamiento fue realizado considerando el impacto en el costo y en el efecto técnico, como se describe en el Capítulo 2.2. Una carga horizontal fue aplicada a cada modelo para medir su resistencia y así poder evaluar el reforzamiento sísmico.

Un video de la prueba de campo fue grabado y usado como material de concientización pública.



## **CAPÍTULO 2. MODELOS EVALUADOS**

### **2.1 Modelo Base**

Un ejemplo de las casas de barrio construidas sobre las pendientes se muestra en las fotos 2.1 y 2.2. La foto 2.1 muestra estructuralmente una casa de una (1) planta y de dos (2) pisos. La planta baja es una estructura de concreto armado sólo. La foto 2.2 muestra estructuralmente una casa de dos (2) a (3) tres pisos. Estas casas tienen una estructura de concreto armado sólo en la planta baja y las plantas superiores están hechas con muros de ladrillos. Estas casas fueron utilizadas como referencia para un modelo base.

Una casa de barrio que estructuralmente consiste de 2 plantas/pisos, construida sobre una pendiente de aproximadamente 20 grados, fue seleccionada como modelo base para la prueba de campo. Un modelo en escala real fue utilizado para esta prueba con el fin de determinar la condición de la edificación sin ingeniería. Las dimensiones del modelo son: 3m x 4m en sus dimensiones externas, 2,8m x 3,8m entre columnas (de centro a centro de las columnas), una altura de 2,4m para el piso superior y 2,4m para el piso inferior (el lado más bajo de la pendiente). Las dimensiones de la fundación son 1,0m x 1,0m x 0,2m. Las paredes de ladrillo de arcilla fueron instaladas en la planta superior únicamente para la carga de dirección horizontal.

### **2.2 Modelos Evaluados**

#### **(1) Detalle de las Piezas**

El diseño de las piezas y barras de reforzamiento fueron especificados en base a las interpeleaciones de las casas de barrio antes de la construcción de los modelos, y supervisados para la construcción de edificaciones sin ingeniería.

A continuación se describen los detalles de los miembros estructurales construidos, comunes en cada modelo:

Las dimensiones de las columnas son 20cm x 20cm, las 4 barras reforzadas principales son de 1/2" (12,5mm,  $A=1,27\text{cm}^2$ ) de A42 ( $f_y = 4.200\text{kg/cm}^2$ ), los estribos reforzados son de 4mm de 5.000kg/cm<sup>2</sup> de @200.

Las dimensiones de las vigas son 20cm x 20cm, las principales 4 barras reforzadas son de 1/2" (12,5mm,  $A=1,27\text{cm}^2$ ) de A42 ( $f_y = 4,00\text{kg/cm}^2$ ), los estribos reforzados son de 4mm de 5.000kg/cm<sup>2</sup> de @200.

Los pisos fueron construidos usando un piso de Tabelone, el cual consiste en una vigueta-H de acero @800; un piso de ladrillo de arcilla (Tabelone) y una capa de concreto con acoplamiento/ malla de alambre. El grosor total del piso es de 10cm.

El empotramiento de la fundación es a una profundidad entre 1,0m y 1,2m desde la superficie existente después de la calificación del sitio.

## **(2) Reforzamiento Sísmico e Impacto del Costo**

En general, hay dos métodos para el reforzamiento sísmico, uno es para mejorar la fuerza y el otro es para mejorar la ductilidad. En este caso, mejorar la ductilidad no es factible técnicamente, por lo que se propone mejorar la fuerza. Los criterios de selección, tales como la factibilidad técnica y económica del método, han sido considerados para el reforzamiento sísmico. Como resultado, la incorporación de vigas de carga, paredes de ladrillo ahuecados de arcilla y paredes de bloques de concreto se utilizan como método de reforzamiento sísmico. Estos materiales se compran fácilmente en el mercado local.

Un total de 4 modelos fueron construidos y probados. El modelo 1 es un modelo sin reforzamiento sísmico. El modelo 2 es un modelo con reforzamiento sísmico incorporando vigas de carga. El impacto del costo es aproximadamente del 5 al 7% del costo total de la construcción. El modelo 3 es un modelo con reforzamiento sísmico incorporando vigas de carga y paredes de ladrillo de arcilla. El impacto del costo es aproximadamente del 10%. El modelo 4 es un modelo con reforzamiento sísmico incorporando vigas de carga y paredes de bloque de concreto. Un lado de la pared de bloques de concreto tiene barras reforzadas verticales y horizontales. El impacto del costo es aproximadamente del 15%. El resumen se muestra en la Tabla S7-2.2.1..

Las Figuras S7-2.2.1 a la S7-2.2.10 muestran los detalles de cada modelo. Las vigas de carga son del mismo tamaño que las vigas y la conexión a las columnas es detallada para poderlas instalar como reforzamiento después de la construcción de las columnas (Figura S7-2.2.9). Una columna de una longitud mínima de 600mm (3 veces el ancho de la columna de 200mm) se mantiene entre la viga del piso y la viga de carga (lado superior de la pendiente). El peso de un modelo para la evaluación sísmica es de 9,8 toneladas (2,45 toneladas/columna) como se muestra en la Tabla S7-2.2.2.

**Tabla S7-2.2.1 Reforzamiento Sísmico e Impacto del Costo de cada Modelo**

No.	Reforzamiento	Impacto del Costo	Método de Reforzamiento
1	No	0 %	Ninguno
2	Si	5 to 7%	Vigas de carga
3	Si	10%	Vigas de carga & paredes de ladrillo
4	Si	15%	Vigas de carga & paredes de bloque de concreto

**Tabla S7-2.2.2 Peso del Modelo**

**Carga Pasiva**

Piso	Concreto $t=3,4\text{cm}$ x $2,4\text{kg/cm}^2$	= $82\text{kg/m}^2$
	Tabelone (8kg/pieza (20cm x 80cm x 6cm))	= $50\text{kg/m}^2$
	Juntas de Acero ( $7\text{kg/m}@800$ )	= $9\text{kg/m}^2$ total $141\text{kg/m}^2$
Viga	$20\text{cm} \times 20\text{cm}$ x $2,400\text{kg/m}^3$	= $96\text{kg/m}$
	$20\text{cm} \times 30\text{cm}$ x $2,400\text{kg/m}^3$	= $144\text{kg/m}$
Columna	$20\text{cm} \times 20\text{cm}$ x $2,400\text{kg/m}^3$	= $96\text{kg/m}$
Pared Ladrillos:		
	$3\text{kg/pieza} \times 17 \text{ pieza/m}^2 + \text{junta mortero } 30 \text{ (ver.)} + 6 \text{ (hor) kg/m}^2$	= $88\text{kg/m}^2$

**Techo**

Piso	$141\text{kg/m}^2 \times 2,6\text{m} \times 3,6\text{m}$	= $1,320\text{kg}$
Viga	$144\text{kg/m} \times (2,8\text{m} + 3,8\text{m}) \times 2$	= $1,901\text{kg}$
Columna	$96\text{kg/m} \times 2,2\text{m}/2 \times 4$	= $422\text{kg}$

**Piso**

Piso	$141\text{kg/m}^2 \times 2,6\text{m} \times 3,6\text{m}$	= $1,320\text{kg}$
Viga	$144\text{kg/m} \times (2,8\text{m} + 3,8\text{m}) \times 2$	= $1,901\text{kg}$
Columna	$96\text{kg/m} \times (2,2\text{m}/2 \times 4 + 0,6 \times 2 + 2,2 \times 2)$	= $422\text{kg}$
Pared ladrillo	$88\text{kg/m}^2 \times (0,9\text{m} \times 1,2 \times 4\text{m} + 3,6\text{m} \times 1,1\text{m} \times 2)$	= $1,077\text{kg}$
Sub total		$8,901\text{kg}$

Total 900kg de bolsas de arena (20 no x 45 kg) son suministradas sobre el piso para compensar carga activa ( $40\text{kg/m}^2 \times 2,8\text{m} \times 3,8\text{m} = 420\text{kg}$ ) y pared de ladrillo trasnversal ( $60 \text{ kg/m}^2 \times 2,0\text{m} \times 2,0\text{m} \times 2 = 480 \text{ kg}$ , de puertas es calculado, y mortero interno no es considerado).

Total  $9,800\text{kg}$

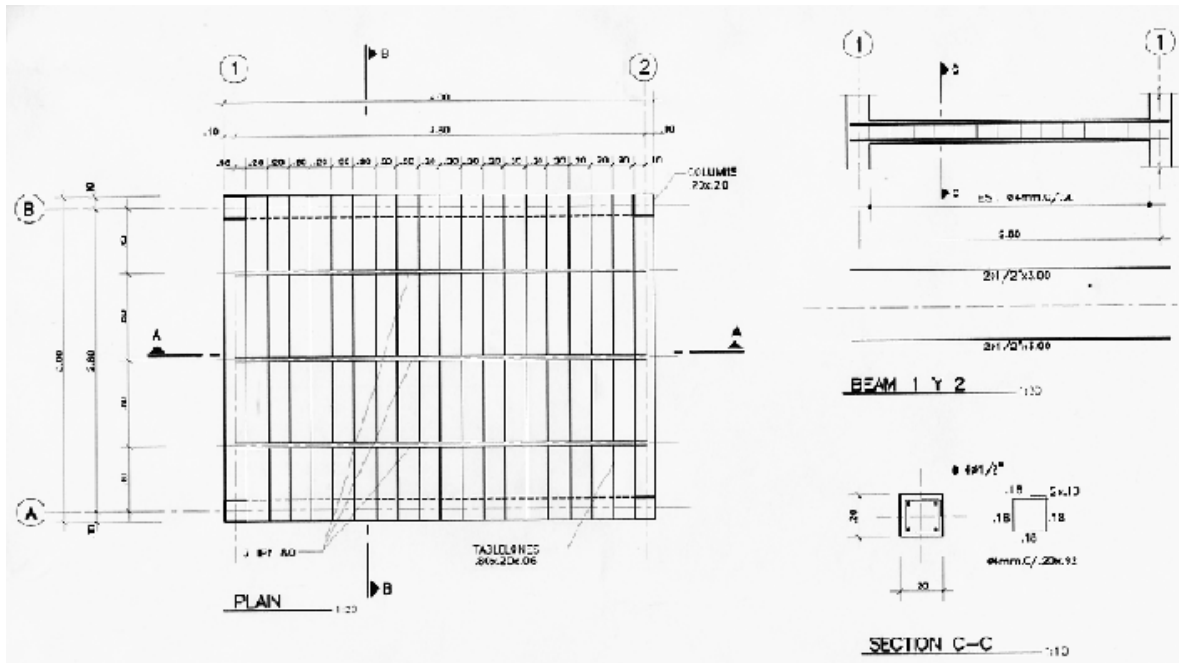


Figura S7-2.2.1 Detalle del Piso de los Modelos

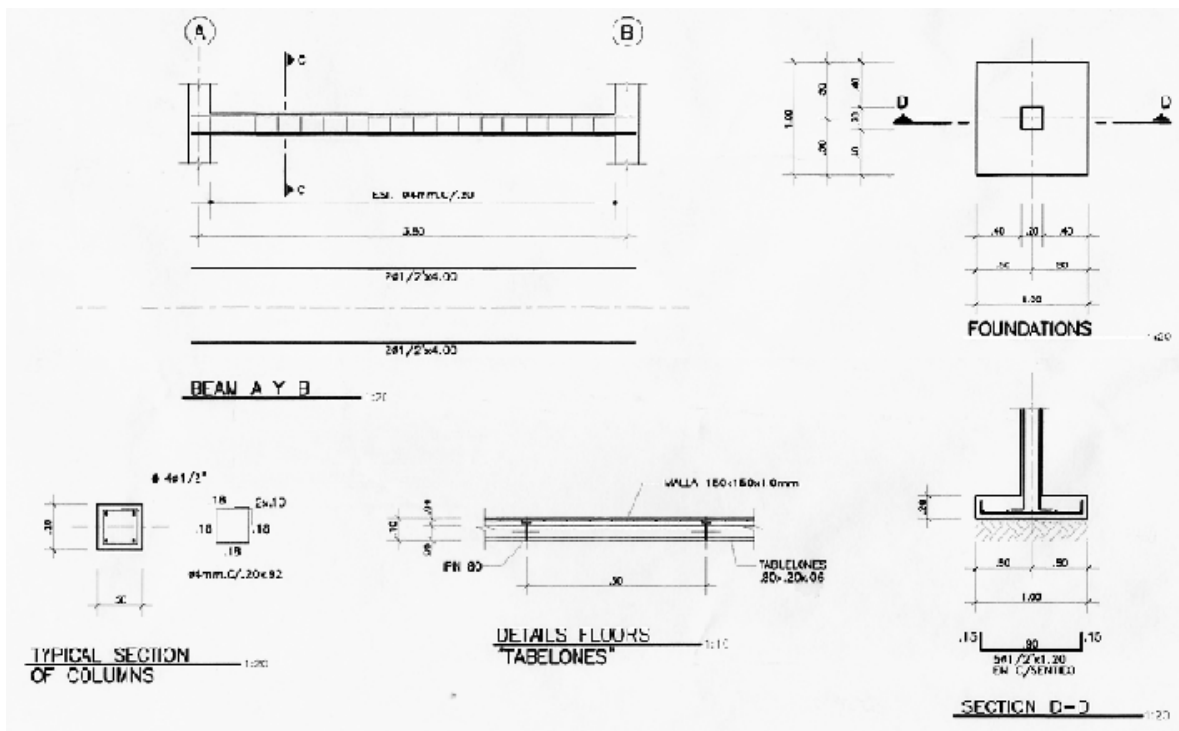


Figura S7-2.2.2 Detalle del Piso y Fundación de los Modelos

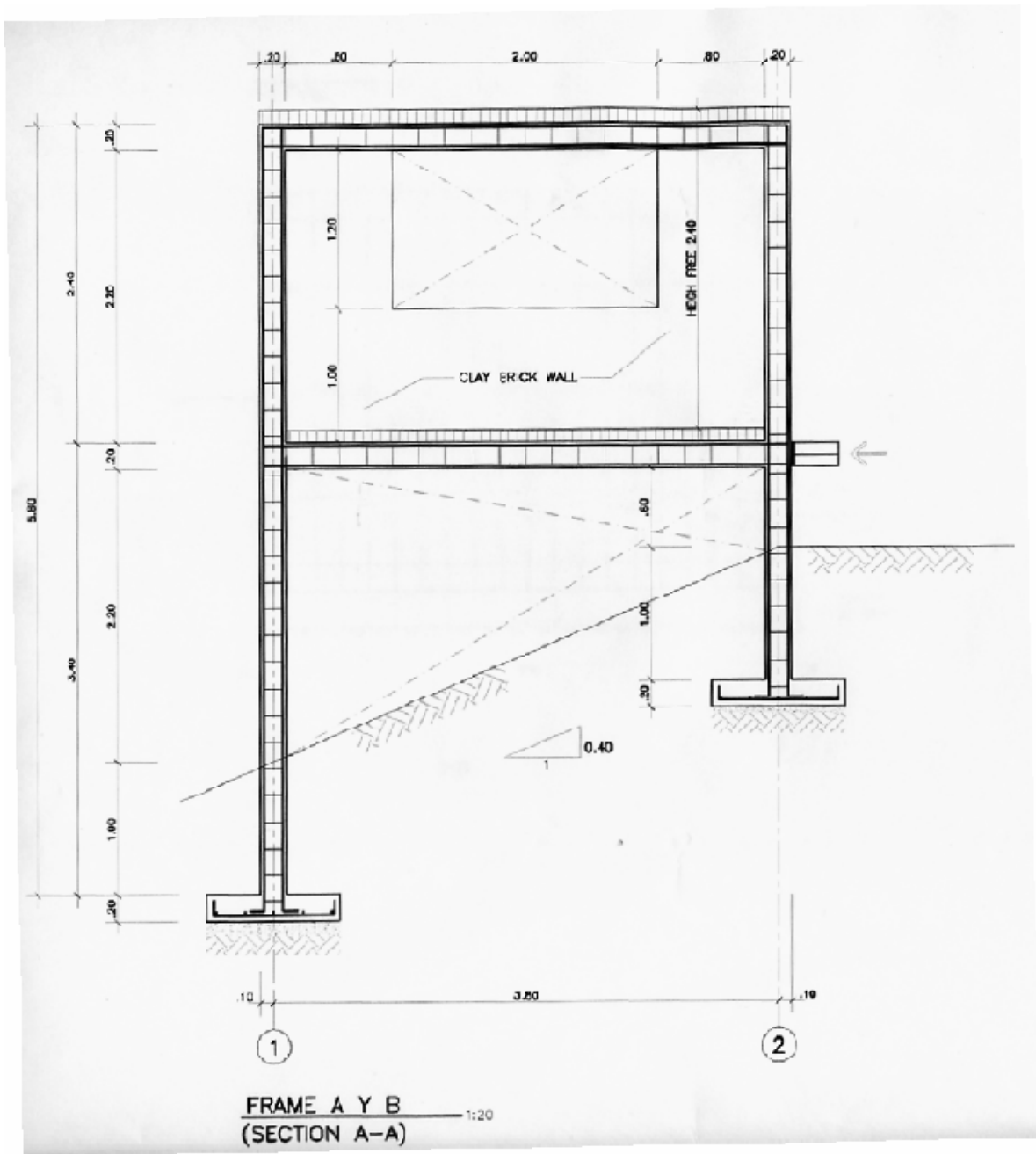


Figura S7-2.2.3 Armazón de Elevación del Modelo 1 (1)

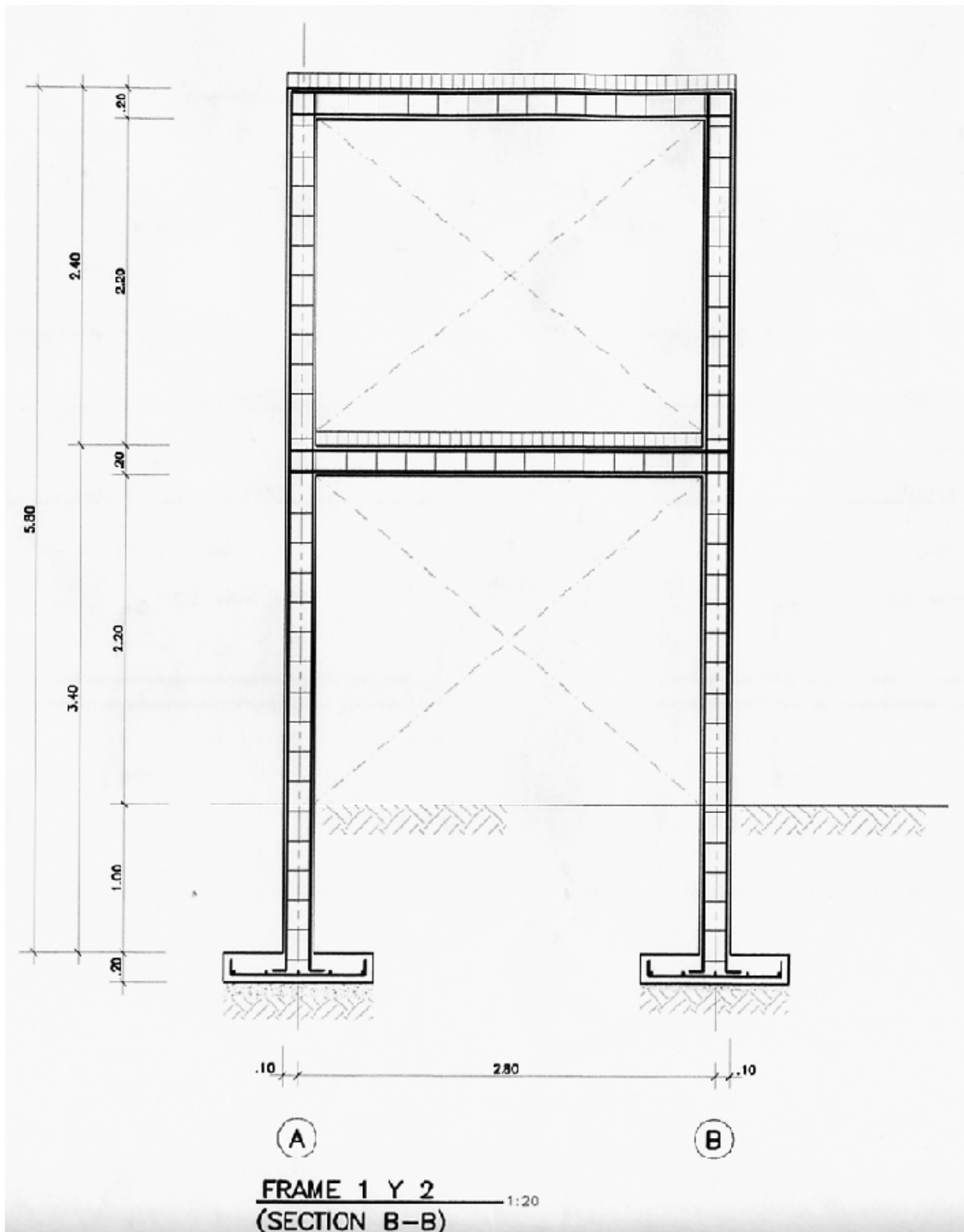


Figura S7-2.2.4 Armazón de Elevación del Modelo 1 (2)

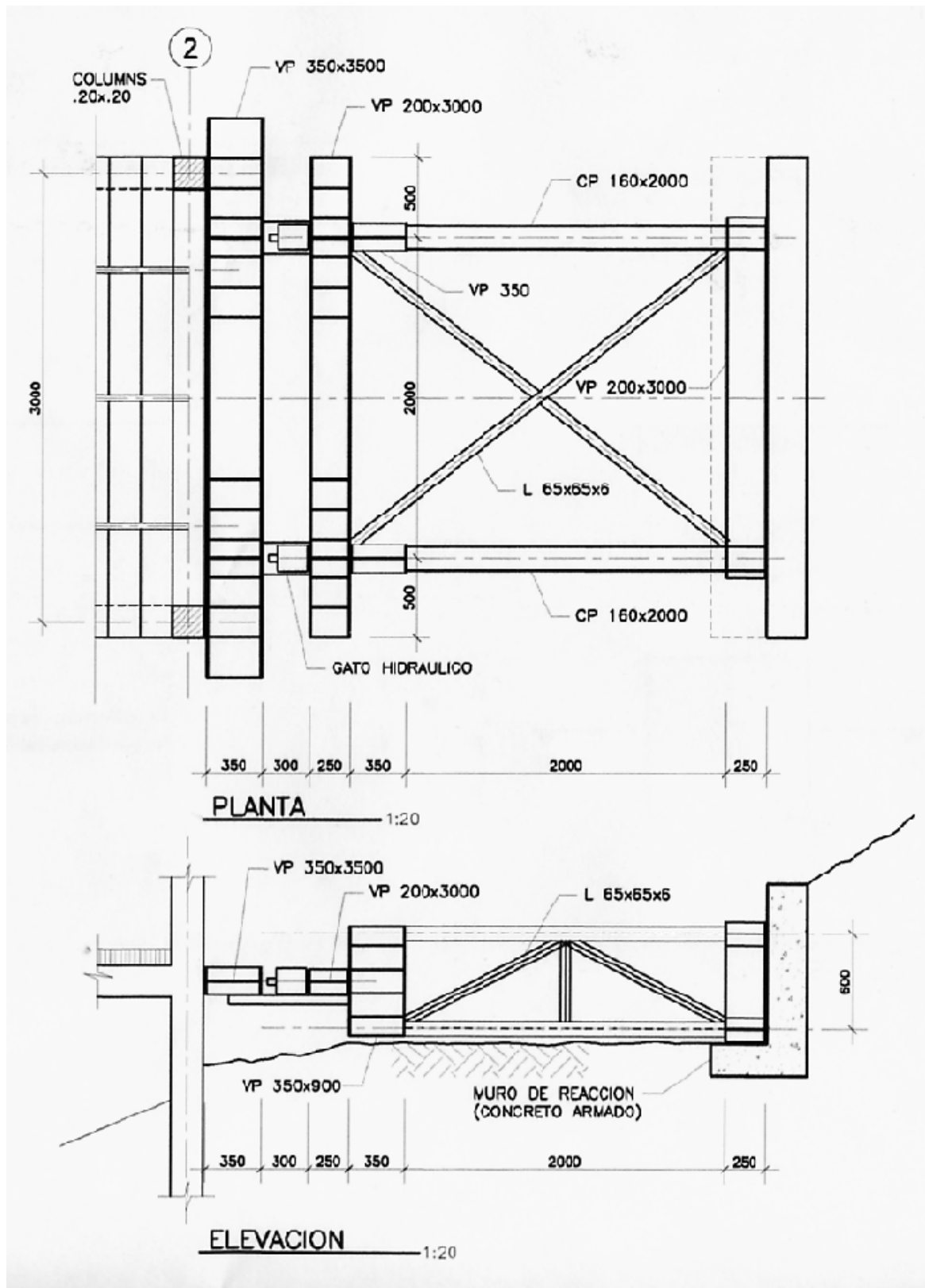


Figura S7-2.2.5 Armazón de Acero para Transferencia de Carga Horizontal

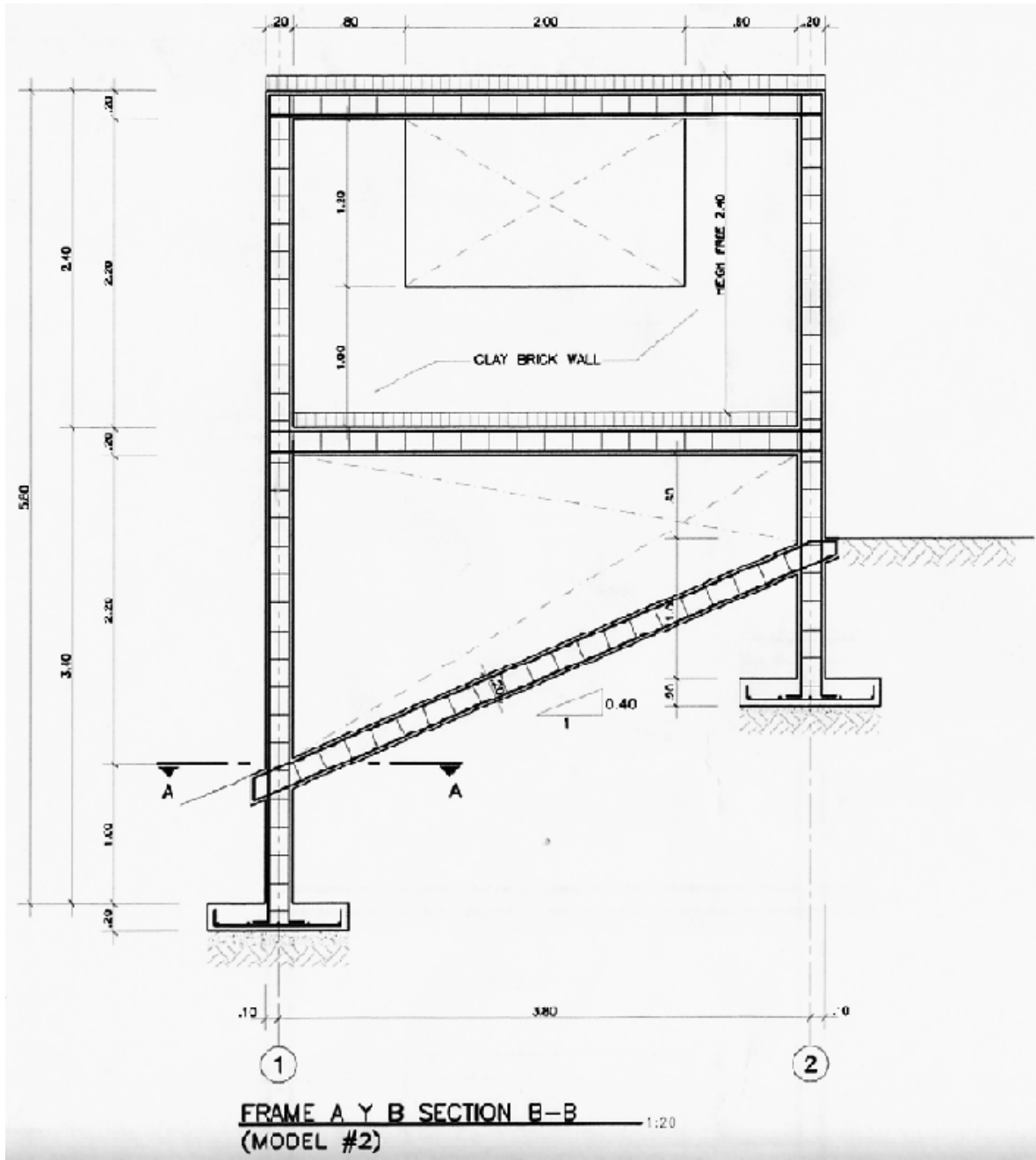


Figura S7-2.2.6 Armazón de Elevación del Modelo 2



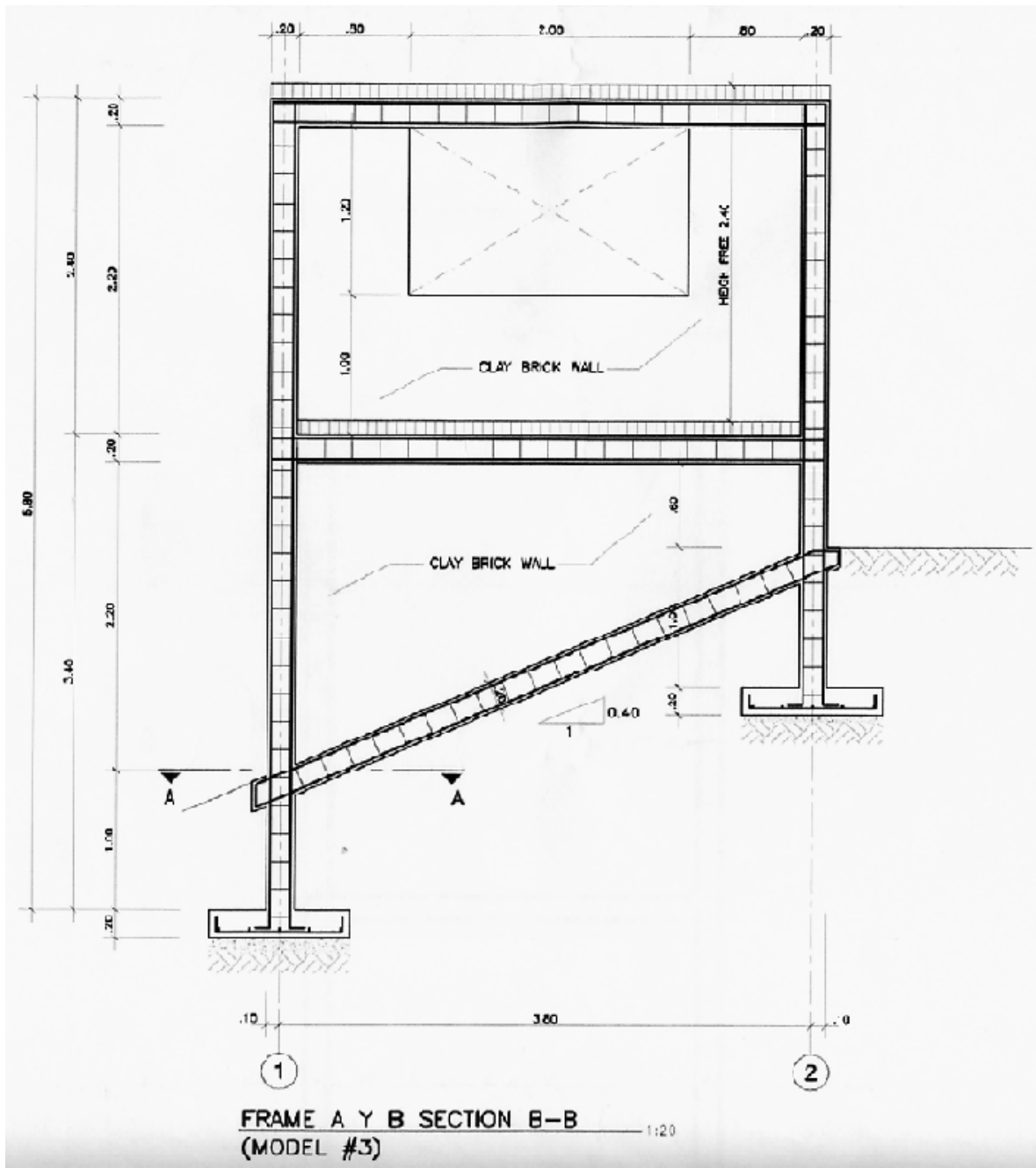


Figura S7-2.2.7 Armazón de Elevación del Modelo 3

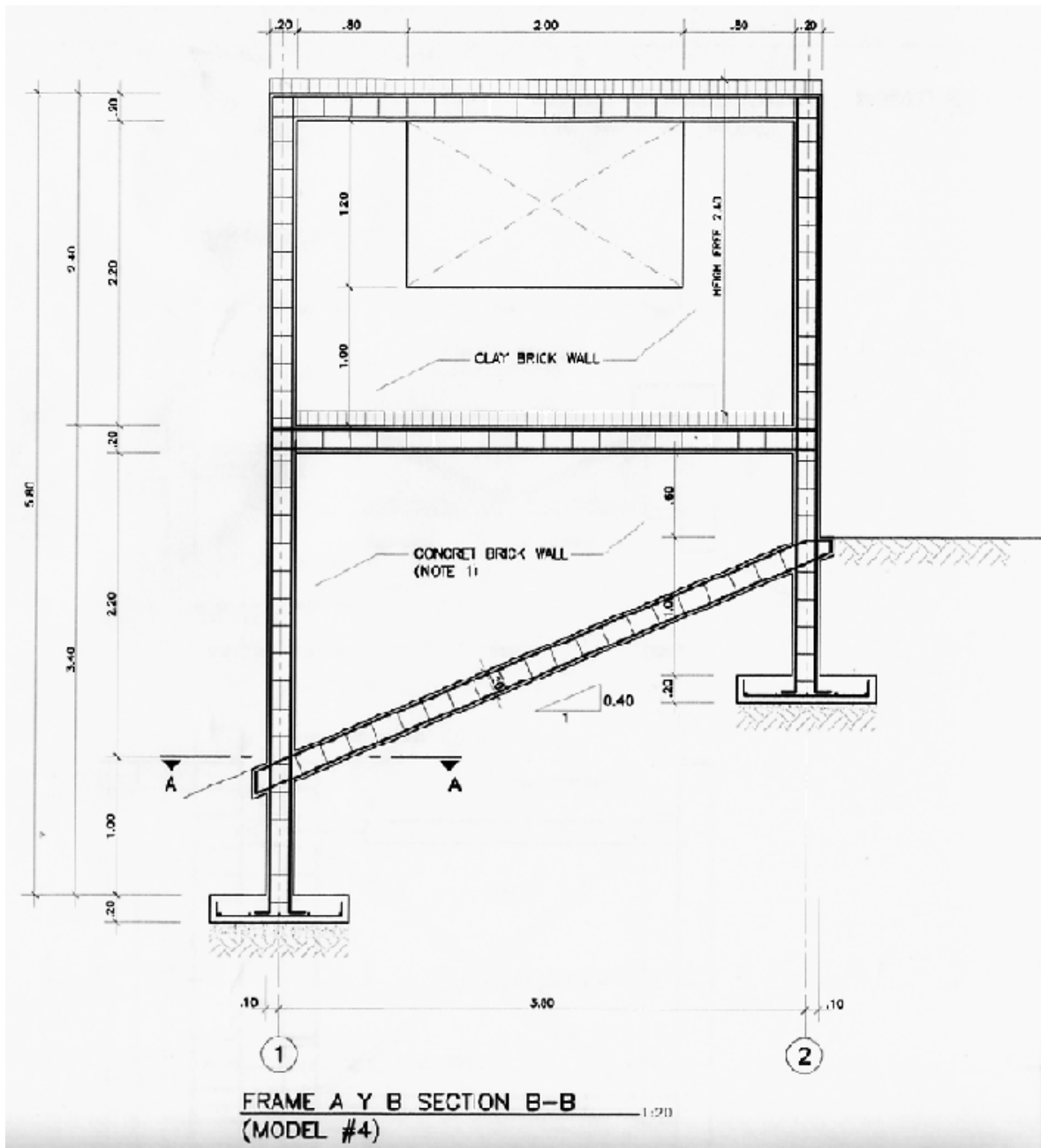


Figura S7-2.2.8 Armazón de Elevación del Modelo 4

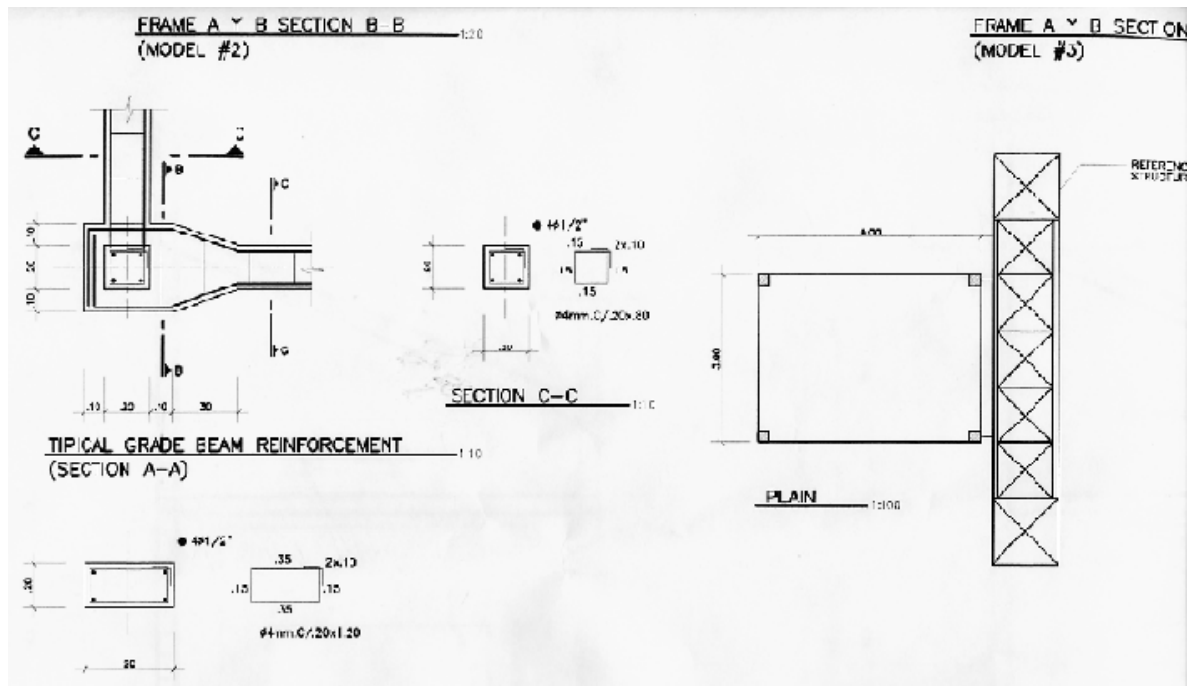
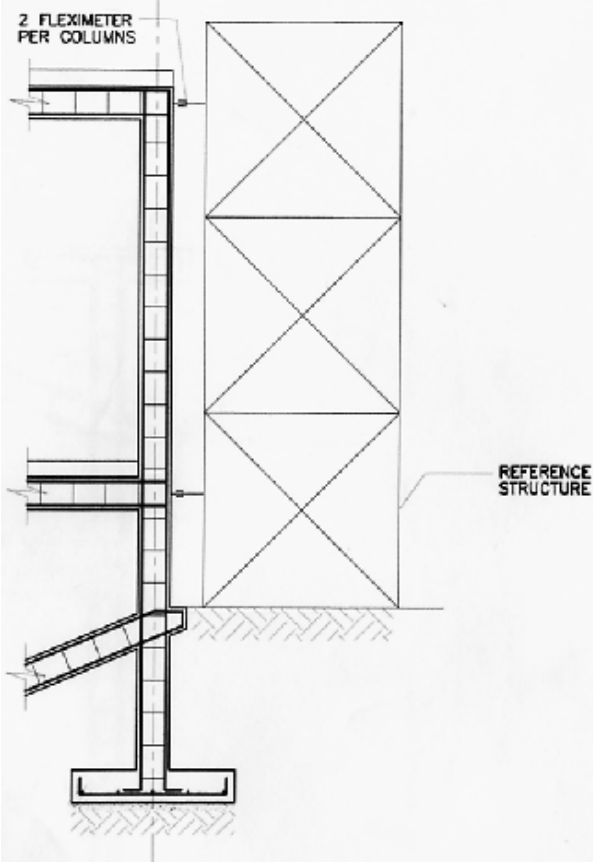


Figura S7-2.2.9 Detalle de la Viga de Carga y Armazón para Medición

FRAME A Y B SECTION B-B  
(MODEL #4) 1:20

- NOTES:  
1.- ONE FACE WITHOUT REBARS  
ONE FACE WITH REBARS  
(#3/B'C/.80 HORIZONTAL)  
(#3/B'C/.60 VERTICAL)



PARTIAL SECTION 1:20

Figura S7-2.2.10 Detalle del Armazón para Medición

## **CAPÍTULO 3. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS**

### **3.1 Secuencia de Construcción**

La ubicación del sitio para los cuatro (4) modelos es el Barrio Las Minas, Baruta. El sitio ha sido proporcionado por el Municipio de Baruta. El sitio es un área que fue rellenada durante la construcción de las autopistas en los años sesenta. La pendiente tiene una inclinación de 21,8 grados (1,0: 0,4). El trabajo de concreto reforzado para los modelos fue hecho al principio, y los trabajos de reforzamiento sísmico, tales como paredes de ladrillo y paredes de bloques de concreto en la planta baja fueron terminados a mediados de julio de 2004 (fotos 3.1~3.8).

El empotramiento de la base de la fundación a una profundidad entre 1,0m a 1,2m desde la superficie existente se asumió en la audiencia antes de llevarse a cabo la construcción, y se utiliza 1,2m al tomar en consideración que es una pendiente rellenada. Los detalles de los trabajos de construcción se muestran en las fotos 3.9~3.44. Estas fotos muestran las características de los trabajos de construcción para las casas de barrio.

### **3.2 Aspectos de la Carencia de Ingeniería durante la Construcción**

Los siguientes aspectos de los trabajos sin ingeniería se observaron durante la construcción:

#### **(1) Mezclado del Concreto**

El mezclado del concreto es “hecho en casa” y se realiza a mano basándose en experiencia. La proporción general de la mezcla de concreto en el sitio fue de 24 carretillas para el agregado fino (arena), 12 carretillas para el agregado grueso (grava), 4 bolsas (45kg por bolsa) de cemento, y un poco de agua para un  $1\text{m}^3$  de concreto. Se observa que la proporción de la mezcla de arena y de grava es opuesta comparada a la mezcla de ingeniería debido a la facilidad de trabajarla, y el volumen del agua que es lo que decide la fuerza del concreto, no se mide. Debido a que el agente aditivo de AE no se utiliza, la fuerza concreta se desconoce a la hora de mezclarse. Los pedazos de la prueba del cilindro se tomaron para la prueba de la fuerza de 28 días del concreto. El tamaño de la grava parece ser demasiado grande al considerar el tamaño de la arena (fotos 3.9, 3.10, 3.11, 3.12).

#### **(2) Fabricación de Estribos**

El gancho de los estribos es de 90 grados y no es de 135 grados que es lo que se requiere para el funcionamiento sísmico (foto 3.13, 3.14).

**(3) Fundaciones de Concreto**

El concreto de las fundaciones se coloca sin encofrado perimetral. Al mezclar la tierra con el concreto, se reduce la calidad del concreto (Foto 3.17).

**(4) Longitud de Solape de las Barras Reforzadas**

Se ha observado que las columnas de las barras reforzadas tienen una longitud insuficiente de solape. Esto se debe a la carencia de la coordinación de ingeniería entre el arreglo de las barras reforzadas y la posición del empalme de la construcción (foto 3.18).

**(5) Cubierta de Concreto**

Se ha observado la exposición de las barras reforzadas principales de la columna sin recubrimiento de concreto, lo que reduce la fuerza y la durabilidad de las columnas. Esto es causada por la carencia de la coordinación de ingeniería del tamaño de los aros, tamaño del encofrado y el tamaño del agregado grueso del concreto (foto3.22).

**(6) Anclaje de las Barras Reforzadas**

Se ha observado la falta del anclaje de la barra reforzada de la viga a la columna. Las barras reforzadas principales de la viga paran en la cara externa del encofrado, y pegan el lado externo del encofrado. Esto es causado por la falta de entendimiento de la importancia del anclaje de la barra reforzada. el arreglo inapropiado de la barra reforzada en el empalme de la viga y de la columna también. El aspecto del concreto colado lo demuestra (foto 3.28).

**(7) Empalmes de la Construcción**

Se ha observado un empalme horizontal inapropiado de la viga. El empalme horizontal de la construcción de la viga reduce la fuerza de la viga (foto 3.29).

**(8) Retiro del Trabajo de la Forma**

Se ha observado que el encofrado de la base de la viga se retira antes de tiempo. El encofrado inferior de la viga se retira únicamente uno o dos días después de haber vaciado el concreto. Esto puede causar la desviación y las grietas en las vigas. Se requiere de un período más largo para curarse, al confirmarse la fuerza del concreto posteriormente a ser removido. (foto 3.30).

**(9) Otros**

Se ha observado que las columnas presentan torceduras. Esto es causado por la instalación torcida de las barras reforzadas de la columna al no examinar previamente el concreto colado de la fundación (foto 3.23). Asimismo, se ha observado cierta diferencia en la altura de los empalmes de la columna, lo que requiere que se ajuste la altura de la columna echando concreto adicional o nivelando posteriormente la diferencia de las vigas y de los pisos (foto 3.24).



**Foto 3.1 Trabajo de Preparación del Sitio**



**Foto 3.2 Trabajo de Excavación**



**Foto 3.3 Trabajo de Columnas**



**Foto 3.4 Trabajo de Vigas**



**Foto 3.5 Trabajos de Piso**



**Foto 3.6 Trabajo de Columnas**





**Foto 3.7 Trabajo de Techos**



**Foto 3.8 Trabajo de Paredes de Ladrillo**



**Foto 3.9 Mezclado de Concreto**



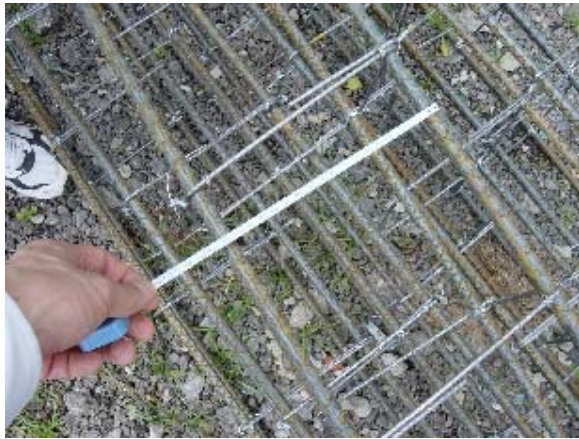
**Foto 3.10 Agregado de Piedra**



**Foto 3.11 Cemento Portland (45kg/bolsa)**



**Foto 3.12 Cilindros de Prueba de Concreto**



**Foto 3.13 Fabricación Barras Refuerzo(1)**



**Foto 3.14 Fabricación Barras Refuerzo (2)**



**Foto 3.15 Fabricación Barras Refuerzo (3)**



**Foto 3.16 Excavación para Fundación**



**Foto 3.17 Vaciado Concreto para Fundación**



**Foto 3.18 Col. Corta de Barra Refuerzo**



**Foto 3.19 Trabajo Encofrado Col. Corta(1)**



**Foto 3.20 Trabajo Encofrado Col. Corta (2)**



**Foto 3.21 Columna Corta de Concreto**



**Foto 3.22 Columna Corta Concretada(1)**



**Foto 3.23 Columna Corta Concretada (2)**



**Foto 3.24 Columna Corta Concretada (3)**



**Foto 3.25 Columna Larga en Concreto**



**Foto 3.26 Columna Larga Concretada**



**Foto 3.27 Vigas de Piso**



**Foto 3.28 Instal. Barras Refuerzo de Viga**



**Foto 3.29 Const. de Junta en la Viga**



**Foto 3.30 Remoción Trabajo de Encofrado**



**Foto 3.31 Columnas Largas y Piso**



**Foto 3.32 Piso de Tabelone de Concreto**



**Foto 3.33 Trabajo Encofrado Coll. (1)**



**Foto 3.34 Trabajo Encofrado Col. (2)**



**Foto 3.35 Trabajo Encofrado Vigas Techo**



**Foto 3.36 Trabajo del Piso del Techo**



Foto 3.37 Trabajo Pared Ladrillo Arcilla (1)



Foto 3.38 Trabajo Pared Ladrillo Arcilla (2)



Foto 3.39 Ladrillo Ahuecado de Arcilla



Foto 3.40 Viga de Carga



Foto 3.41 Pared Bloque Concreto (1)



Foto 3.42 Pared Bloque Concreto (2)



**Foto 3.43 Muro de Contención**



**Foto 3.44 Completación de los Modelos**

## CAPÍTULO 4. PRUEBAS DE MATERIALES

### 4.1 Información General de Materiales

**Concreto:** referirse al Capítulo 3.2. (1) Mezclado del Concreto.

**Refuerzo de la barra de acero principal:** Grado A42 ( $f_y$  (fuerza del rendimiento) =  $4,200\text{kg/cm}^2$ ), diámetro 1/2" ( $\text{Area}=1,27\text{cm}^2$ ).

**Barras reforzadas y de estribo:** ningún material estándar específico, y  $f_y = 5,000\text{kg/cm}^2$ , diámetro de 4mm.

**Ladrillo de arcilla:** ningún material estándar específico, con un tamaño de 10cm x 20cm x 30cm, tiene un promedio de 17 piezas/ $\text{m}^2$ . El hueco de la placa mide 5~7mm (foto 2.3.31).

**Bloque de concreto:** ningún material estándar específico, y mide 15cm x 20cm x 40cm (foto 2.3.33).

**Tabelone para el piso:** medidas 6,5cm x 20cm x 80cm, y un peso de 8kg/pedazo, el grueso del concreto del piso tiene un promedio de 3,5cm, localizado en la vigueta del H-acero (peso 7 kg/m).

**Lechada de epoxy:** utilizado en la perforación para el empotramiento de la barra reforzada (3/8 "grado A36) a las columnas existentes y vigas para las paredes de concreto de bloque, para el modelo 4.

### 4.2 Prueba de Materiales

La prueba del cilindro de concreto a los 28 días se resume en la Figura S7-4.2.1. La fuerza media del concreto para la viga/columna es de  $58\text{ kg/cm}^2$  solamente y alrededor de 1/3 del concreto normal de ingeniería. La proporción del cemento y del agua se estima aproximadamente en 110%, que es muy alta pues el concreto normal de ingeniería no debe ser más del 65%. Otros resultados de la prueba, incluyendo los resultados del concreto se resumen en la Tabla S7-4.2.1. Los materiales fueron probados por IMME de UCV.



**Tabla S7-4.2.1 Pruebas de los Materiales (Concreto, Barras de Refuerzo, Ladrillo de Arcilla, Bloque de Concreto)**

Prueba de Concreto

Cilindro	Max. Presión (kg/cm <sup>2</sup> , para la sección completa)	
1	124	Fundaciones
2	113	
3	96	
4	97	
5	122	
6	121	
7	103	
8	101	
9	49	Columnas sobre fundaciones de vigas
10	53	
13	58	
14	68	
15	72	Vigas
16	68	
17	37	Vigas de carga
18	39	
19	66	Viga de carga modelo 1
20	57	
21	69	Piso
23	64	Columnas modelo 1 -2
25	62	Viga de techo modelo 1
26	66	Columna modelo 3 - viga modelo 2
28	29	techo
29	133	techo
40	62	pared
41	40	pared

Barra Reforzada

Diámetro	Presión Aplicada	Max. Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
3/8"	4729	6643
3/8	4761	6789
1/2	4532	6683

1/2

4532

6532

Diámetro: 3,85 mm    Carga max.: 840 kgf    Presión max.: 7216 kg/cm<sup>2</sup>

Ladrillo de arcilla:                      Presión Max. (kg/cm<sup>2</sup> para la sección completa)

10 cms                                      23

10 cms                                      23

10 cms                                      17

10 cms                                      21,8

10 cms                                      23

Medidas ladrillos de arcilla:

9,60 x 19,6 x 29,7cm                      peso 3,80 kg

9,60 x 19,9 x 29,7cm                      peso 3,80 kg

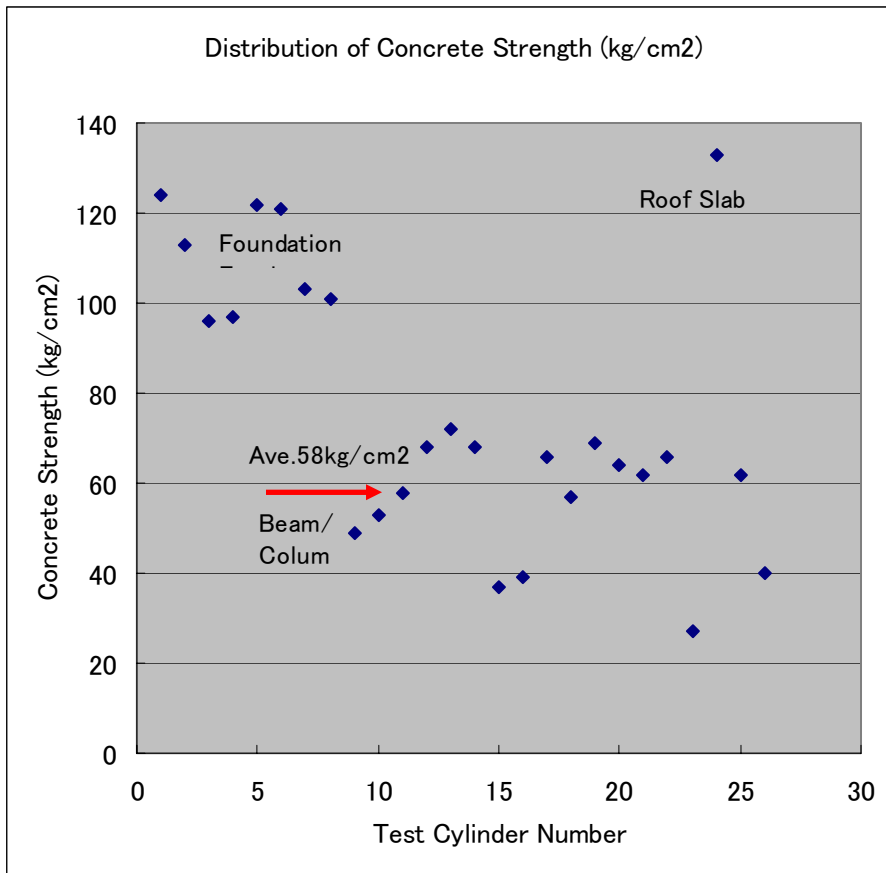
9,80 x 20,2 x 29,8cm                      ---      3,9 kg

Medidas bloques de concreto:

14,3 x 19,8 x 39,0                      peso 10,40 Kg

Resistencia bloque concreto (kg/cm<sup>2</sup>, para la sección completa)

15cms                                      19



**Figura S7-4.2.1 Distribución de la Fuerza del Concreto con la Prueba del Cilindro, Probado por IMME**

## **CAPÍTULO 5. CARGAMENTO Y MEDIDA HORIZONTALES**

### **5.1 Cargamento Horizontal**

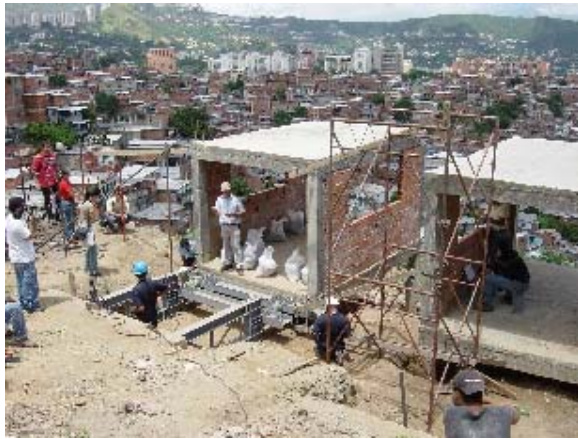
La carga horizontal se aplica al piso en la dirección de la pendiente y es aplicada estáticamente por los gatos hidráulicos. Se utilizan dos gatos hidráulicos no sincronizados con una capacidad de 50 toneladas cada uno y con un movimiento de 50mm para el cargamento del modelo. Se utiliza una operación manual para el bombeo. Un cargamento de  $2\text{kg/cm}^2$  para la presión de la bomba hidráulica se utiliza para el cargamento y esto se convierte en 500kg/cargamento para los gatos hidráulicos según el resultado de la prueba de calibración. El reajuste de los gatos hidráulicos que tiene un movimiento de 50mm, solamente se planea para cuando sea requerido.

La célula de carga para la medida del cargamento no se utiliza, y el cargamento después de la fuerza máxima no se mide en este caso. La pared de reacción del RC es proporcionada en el lado de la pendiente para resistir la carga horizontal de los gatos hidráulicos a través de los marcos de acero. Los marcos de acero tienen una longitud de 2,85m, y se han detallado para que sean ensamblados con facilidad. Una viga de acero del cargamento se proporciona a nivel del piso, para transferir las cargas de los gatos hidráulicos a los marcos del modelo. El tamaño de las paredes de reacción es de 1,2m x 3,0m para los modelos del 1 al 3, y de 1,2m x 4,0m para el modelo 4 (fotos 3.43, 5.1~5.4, Figura S7-2.2.5).

### **5.2 Medida**

La desviación horizontal para los modelos ha sido medida por medio de flexómetros (medidores de disco) situados a nivel del piso. La desviación a nivel de la azotea y al nivel del suelo también se mide como referencia. Un total de ocho (8) ubicaciones se miden para la desviación horizontal. La longitud del movimiento de los flexómetros es entre 5cm y 2,5cm.

El cargamento y las mediciones han sido realizadas por IMME de UCV (foto 5.5~5.6, Figura S7-2.2.10).



**Foto 5.1 Vista general**



**Foto 5.2 Armazón de Acero para Transferencia de Carga**



**Foto 5.3 Gato Hidráulico**



**Foto 5.4 Bomba Hidráulica**



**Foto 5.5 Equipo de Medición (1)**



**Foto 5.6 Equipo de Medición (2)**

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CAMPO

Como se indica en el Capítulo 5, la fuerza del modelo 1 y el aumento de la fuerza para los modelos reforzados 2, 3 y 4 se evalúa principalmente a través de la curva de desviación de la carga hasta la fuerza máxima. La curva de desviación de la carga no fue medida después de la fuerza máxima debido a las limitaciones del equipo de medición, mientras que el comportamiento general se observa visualmente hasta la desviación horizontal de 100mm~130mm. Se tomaron fotos también para guardarlas como expediente de esta etapa final.

### 6.1 Horario de la Prueba

La prueba de campo fue realizada de la siguiente manera;

26 de agosto de 2004	: Prueba de campo para el Modelo-2
27 de agosto	: Prueba de campo para el Modelo-1
31 de agosto	: Prueba de campo para el Modelo-3
1 <sup>ro</sup> de septiembre	: Prueba de campo para el Modelo-4

### 6.2 Resultados

La curva de desviación de la carga y la fuerza máxima para los cuatro (4) modelos se muestran en la Figura S7-6.2.5. Los datos de carga y desviación de cada modelo se muestran, de la Tabla S7-6.2.1 a la Tabla S7-6.2.4. En estas tablas, los puntos 2 y 5 son las desviaciones en el piso, y el valor medio utilizado se muestra en la Figura S7-6.2.1. Los puntos 1 y 4 son las desviaciones en la azotea, los puntos 3 y 6 son las desviaciones del piso en el lado superior, y los puntos 7 y 8 son las desviaciones en el lado inferior de la pendiente.

Los puntos con los números nones corresponden al lado derecho del marco y los puntos con los números pares corresponden al lado izquierdo, vistos desde los gatos hidráulicos. El nivel del piso a la hora de la prueba es de 20cm a 30cm en la posición de las columnas cortas y 50cm a 60cm para la posición de las columnas largas respectivamente, más arriba que los demostrados de la Figura S7-2.2.1 a la Figura S7-2.2.10, debido a la precipitación y otras razones.

#### (1) Modelo-1

La manera en que falla el marco del modelo 1 es por el colapso de la columna y las bisagras del plástico que se proporcionan en la parte superior de las columnas. Las vigas del piso no sufrieron daños serios. La rigidez elástica es 8,25t/cm y la fuerza de rendimiento es 8,75 tons. La fuerza máxima (carga máxima) es 10,25 ton (fotos 6.1~6.4). La desviación en la fuerza de rendimiento es 10,6mm, y la desviación del piso es 1/170 (10,6/1.800) para la columna corta y

1/226 (10,6/2.400) para la columna larga respectivamente. La desviación en la fuerza máxima es 16,4mm, y la desviación del piso es 1/110 (16,4/1.800) para la columna corta y 1/207 (16,4/3.400) para la columna larga respectivamente. La falla de la flexión de las columnas ocurre al principio, y la grieta diagonal en las columnas cortas también se observa a mediados de la fase posterior (foto 6.2). Después de la excavación, y por medio de la inspección visual, se confirma que la parte inferior de la columna corta no está dañada (foto 6.3).

El punto de rendimiento se evalúa como el rendimiento de las columnas cortas, y el punto de la fuerza máxima se evalúa como el rendimiento de las columnas largas. Por el aspecto de la parte superior de la columna en la etapa final de la prueba, se estima que la desviación horizontal es aproximadamente 120mm y se espera cierto grado de ductilidad.

La tensión axial de la columna por la carga vertical es  $2,500\text{kg}/20,5\text{cm} \times 20,5\text{cm} = 5,95\text{kg}/\text{cm}^2$ , y el cociente de la tensión es  $5,95/58 = 0,10$ . La tensión de agrietamiento de la columna corta en la fuerza de rendimiento se estima como  $11,6\text{kg}/\text{cm}^2 (8,750 \times 0,85/(2 \times 0,8\text{BD}))$ , si el 85% es apoyado por las columnas cortas. Este nivel de tensión es alto y es aproximadamente 1/5 de la fuerza compresiva del concreto.

## (2) Modelo-2

La manera en que fallaron las columnas cortas fue por flexión en la fuerza de rendimiento y la falta de agrietamiento ocurre en la etapa final de la prueba. La manera en que fallaron las columnas largas fue por flexión, además de que se observa una grieta diagonal también (fotos 6,5~6,10). La fuerza de rendimiento es 10,25 ton, que es 1,17 veces que la fuerza del modelo 1. La fuerza máxima es 14,75 tons, que es 1,44 veces que la fuerza del modelo 1. La rigidez inicial aumenta a 25,0 ton/cm, que es 3,0 veces la rigidez del modelo 1. La desviación en la fuerza de rendimiento es 4,1mm, y la desviación del piso es 1/439 (4,1/1.800) para la columna corta y 1/829 (4,1/3.400) para la columna larga respectivamente. La desviación en la fuerza máxima es 17,6mm, y la desviación del piso es 1/102 (17,6/1.800) para la columna corta y 1/193 (17,6/3.400) para la columna larga respectivamente. La desviación en el suelo (casi es la misma para la viga) en la fuerza de rendimiento y máxima es 2,4mm (a nivel del suelo inferior) y 1,1mm (a nivel del suelo inferior) respectivamente.

Las vigas se proporcionan para mantener un cociente de 3,0 entre la longitud/profundidad de la columna para prevenir la falla por agrietamiento que es una falla frágil. Se ha determinado que la falla por agrietamiento ocurre en las columnas cortas debido a que la fuerza inferior del concreto tiene un promedio de  $58 \text{ kg}/\text{cm}^2$ . Por medio de la inspección visual efectuada

después de la excavación, se confirma que la columna corta no es dañada si está bajo una viga (foto 6.10). El impacto del costo del fortalecimiento es del 5 al 7% del costo total de edificio.

### **(3) Modelo-3**

La curva de desviación de la carga es similar a la del modelo 2. La separación que ocurre entre las paredes de ladrillos huecos de arcilla, y las columnas y vigas aparece al principio del cargamento y no se espera el efecto combinado con los marcos. La fuerza máxima es 16,75 tons, o sea, únicamente 1,13 veces que el modelo 2, con una desviación de 17,6mm. Se observa que las paredes de ladrillo de arcilla no tienen ninguna contribución a la rigidez y tienen una fuerza comparada a las del modelo 2. La rigidez y la fuerza de las paredes de ladrillo de arcilla son muy bajas para el uso estructural y para el reforzamiento estructural (foto 6.11~6.15). El impacto del costo es 10 % del costo total del edificio.

### **(4) Modelo-4**

La separación de las paredes hechas de bloques de concreto hueco sin barras reforzadas, de las columnas y de las vigas se inicia desde la fase inicial de carga de 6~7 ton. La fuerza de rendimiento aparece en la carga de 13,75 toneladas y en la desviación de 2,7mm, separándose los bloques de concreto huecos con barras reforzadas, de las columnas (foto 6.16~6.21). La fuerza máxima de 15,25 toneladas se observa en la desviación 12,8mm. La rigidez inicial aumenta proporcionando bloques de concreto huecos, a pesar de que la fuerza es casi similar a las de los modelos 2 y 3. La desviación horizontal aumenta después de la fuerza máxima y proporciona más de 100mm en la etapa final de la carga. Se observa que la fuerza de los bloques de concreto huecos es baja para el uso estructural y para el reforzamiento sísmico. La pared de bloques de concreto huecos sin las barras reforzadas se separa de la columna/viga desde las primeras etapas, mientras que la pared con las barras reforzadas no se separa hasta que se quiebra el empalme de las barras reforzadas horizontales. La fuerza del bloque de concreto es baja, aún más baja que la del mortero (foto 3.41, 6.21).

El impacto del costo es el 15% del costo total de un edificio.

## **6.3 Resumen**

- La fuerza de los marcos sin reforzamiento es de 9 a 10 toneladas para 4 columnas.
- La incorporación de las vigas de carga es efectivo para el fortalecimiento sísmico puesto que aumentan la fuerza aproximadamente 40%. Es necesario estar atentos a la longitud clara de la



columna para prevenir la falla por agrietamiento, considerando la fuerza del concreto. El impacto del costo es 5%~7 %.

- La pared de ladrillo hueco de arcilla no es eficaz para el fortalecimiento sísmico. El impacto del costo es el 10%.
- La pared de bloque de concreto es eficaz para el reforzamiento sísmico, si se aumenta la fuerza del bloque de concreto , y se usan junto con las barras reforzadas.
  - El método de perforación y de mampostería de epoxy se sugieren para anclar la barra reforzada a la columna/viga existente.
  - El impacto del costo será el 15%.
- El informe de video se utiliza para incrementar la concientización pública
- También se sugiere investigar en el futuro otros métodos (prácticos y económicos) de reforzamiento sísmicos.

Este tipo de prueba de campo a toda escala se realiza por vez primera en Caracas.

Se recomienda que en el futuro se continúe y se desarrolle tanto la evaluación como el reforzamiento sísmico por medio de pruebas y análisis de modelos para las casas de barrio.

**Tabla S7-6.2.1 Modelo 1 – Desviación de la Carga**

Manometer	Pressure	Loading (t)		Reading #5 (mm)	Reading #2 (mm)	Deflection #5 (mm)	Deflection#2 (mm)	Average Deflection(mm)
				19.74	19.36			
	3	0	0	19.74	19.74	19.36	0	0
	6	3	0.75	19.74	19.36	19.65	0.09	0.06
	8	5	1.25	19.74	19.36	19.26	19.14	0.22
	10	7	1.75	19.74	19.36	18.84	18.78	0.74
	12	9	2.25	19.74	19.36	18.98	18.15	0.985
	14	11	2.75	19.74	19.36	17.11	17.4	2.295
	16	13	3.25	19.74	19.36	15.74	16.26	3.55
	18	15	3.75	19.74	19.36	14.48	15.23	4.695
	20	17	4.25	19.74	19.36	13.23	14.14	5.865
	22	19	4.75	19.74	19.36	12.28	13.24	6.79
	24	21	5.25	19.74	19.36	11.75	12.58	7.385
	26	23	5.75	19.74	19.36	11.44	11.94	7.86
	28	25	6.25	19.74	19.36	11.2	11.25	8.325
	30	27	6.75	19.74	19.36	11.02	10.54	8.77
	32	29	7.25	19.74	19.36	10.85	9.88	9.185
	34	31	7.75	19.74	19.36	10.69	9.16	9.625
	36	33	8.25	19.74	19.36	10.49	8.39	10.11
	38	35	8.75	19.74	19.36	10.3	7.54	10.63
	40	37	9.25	19.74	19.36	9.72	5.7	11.84
	42	39	9.75	19.74	19.36	8.49	2.75	13.93
	44	41	10.25	19.74	19.36	6.43	-0.1	16.385
	46	43	10.75	20.39	20.78			

Reading #6 (mm)	Reading #3 (mm)	Deflection#6 (mm)	Deflection#3 (mm)	Reading #7 (mm)	Reading #8 (mm)	Deflection#7 (mm)	Deflection#8 (mm)	Reading #1 (mm)	Reading #4 (mm)	Deflection#1 (mm)	Deflection#4 (mm)
20.8	20.2			0.39	0.95			53.6	48.39		
20.8	20.2	0	0	0.39	0.95	0	0	53.6	48.39	0	0
20.72	20.19	0.08	0.01	0.42	0.96	0.03	0.01	53.6	48.29	0	0.1
20.52	20.05	0.28	0.15	0.47	0.99	0.08	0.04	53.6	47.95	0	0.44
20.21	19.81	0.59	0.39	0.56	1.05	0.17	0.1	53.12	47.48	0.48	0.91
19.6	19.35	1.2	0.85	0.77	1.18	0.38	0.23	52.35	46.58	1.25	1.81
18.96	18.78	1.84	1.42	1.04	1.36	0.65	0.41	52.35	45.6	1.25	2.79
17.98	17.84	2.82	2.36	1.49	1.72	1.1	0.77	50.12	44.22	3.48	4.17
17.05	16.88	3.75	3.32	1.95	2.09	1.56	1.14	49.35	42.92	4.25	5.47
16.14	16.07	4.66	4.13	2.46	2.49	2.07	1.54	47.82	41.65	5.78	6.74
15.44	15.28	5.36	4.92	2.84	2.85	2.45	1.9	46.78	40.67	6.82	7.72
15.05	14.69	5.75	5.51	3.05	3.11	2.66	2.16	46	40.15	7.6	8.24
14.81	14.14	5.99	6.06	3.23	3.37	2.84	2.42	45.4	39.82	8.2	8.57
14.62	13.45	6.18	6.75	3.41	3.67	3.02	2.72	44.5	39.6	9.1	8.79
14.52	12.78	6.28	7.42	3.55	3.97	3.16	3.02	43.7	39.4	9.9	8.99
14.37	12.09	6.43	8.11	3.68	4.28	3.29	3.33	42.86	39.27	10.74	9.12
14.28	11.41	6.52	8.79	3.82	4.56	3.43	3.61	41.85	39.12	11.75	9.27
14.17	10.66	6.63	9.54	4.04	4.87	3.65	3.92	41.1	38.94	12.5	9.45
14.04	9.95	6.76	10.25	4.24	5.22	3.85	4.27	40.12	38.73	13.48	9.66
13.55	8.58	7.25	11.62	4.59	5.97	4.2	5.02	38.27	37.92	15.33	10.47
12.61	6.7	8.19	13.5	5.19	6.91	4.8	5.96	35.73	36.71	17.87	11.68
11.05	4.09	9.75	16.11	5.98	8.15	5.59	7.2	31.42	34.72	22.18	13.67

**Tabla S7-6.2.2 Modelo 2 - Desviación de la Carga**

Manometer	Pressure	Loading (t)	Reading #5 (mm)	Reading #2 (mm)	Deflection #5 (mm)	Deflection#2 (mm)	Average Deflection(mn(mm)	Reading #6 (mm)	Reading #3 (mm)	Deflection#6 (mm)	Deflection#3 (mm)
8	5	1.25	18.21	17.26				17.01	19.25		
10	7	1.75	18.06	17.25	0.15	0.01	0.08	17.01	19	0	0.25
12	9	2.25	18.06	17.19	0.15	0.07	0.11	16.98	19	0.03	0.25
14	11	2.75	17.87	16.98	0.34	0.28	0.31	16.85	18.93	0.16	0.32
16	13	3.25	17.7	16.84	0.51	0.42	0.465	16.77	18.83	0.24	0.42
18	15	3.75	17.44	16.55	0.77	0.71	0.74	16.61	18.69	0.4	0.56
20	17	4.25	17.16	16.3	1.05	0.96	1.005	16.45	18.51	0.56	0.74
22	19	4.75	16.81	15.93	1.4	1.33	1.365	16.27	18.31	0.74	0.94
24	21	5.25	16.5	15.65	1.71	1.61	1.66	16.08	18.17	0.93	1.08
26	23	5.75	16.18	15.24	2.03	2.02	2.025	15.88	17.89	1.13	1.36
28	25	6.25	15.8	14.89	2.41	2.37	2.39	15.62	17.66	1.39	1.59
30	27	6.75	15.41	14.4	2.8	2.86	2.83	15.37	17.33	1.64	1.92
32	29	7.25	15.24	14.08	2.97	3.18	3.075	15.29	17.15	1.72	2.1
34	31	7.75	15.08	13.83	3.13	3.43	3.28	15.23	17	1.78	2.25
36	33	8.25	15.02	13.65	3.19	3.61	3.4	15.21	16.89	1.8	2.36
38	35	8.75	14.91	13.35	3.3	3.91	3.605	15.17	16.66	1.84	2.59
40	37	9.25	14.81	13.11	3.4	4.15	3.775	15.14	16.54	1.87	2.71
42	39	9.75	14.71	12.83	3.5	4.43	3.965	15.11	16.38	1.9	2.87
44	41	10.25	14.59	12.6	3.62	4.66	4.14	15.07	16.36	1.94	2.89
46	43	10.75	14.39	12.04	3.82	5.22	4.52	15.02	15.91	1.99	3.34
48	45	11.25	13.83	10.28	4.38	6.98	5.68	14.72	14.7	2.29	4.55
50	47	11.75	13.18	8.22	5.03	9.04	7.035	14.45	13.69	2.56	5.56
52	49	12.25	12.99	5.92	5.22	11.34	8.28	14.29	13.04	2.72	6.21
54	51	12.75	12.57	5.5	5.64	11.76	8.7	14.08	12.43	2.93	6.82
56	53	13.25	12.34	4.15	5.87	13.11	9.49	13.88	11.65	3.13	7.6
58	55	13.75	11.92	2.74	6.29	14.52	10.405	13.59	10.95	3.42	8.3
60	57	14.25	11.46	0.5	6.75	16.76	11.755	13.06	9.33	3.95	9.92
62	59	14.75	11.46	15.44	6.75	17.81	12.28	10.99		6.02	
62	59	14.75	9.59	5.99		27.26	17.94				
64	61	15.25	7.8		10.41						
66	63	15.75									

Reading #7 (mm)	Reading #8 (mm)	Deflection#7 (mm)	Deflection#8 (mm)	Reading #1 (mm)	Reading #4 (mm)	Deflection#1 (mm)	Deflection#4 (mm)
3.2	1.9			47.78	49.49		
3.2	1.9	0	0	47.78	49.49	0	0
3.2	1.92	0	0.02	47.78	49.38	0	0.11
3.22	1.98	0.02	0.08	47.63	49.12	0.15	0.37
3.26	2.01	0.06	0.11	47.45	49	0.33	0.49
3.3	2.09	0.1	0.19	47.15	48.66	0.63	0.83
3.35	2.14	0.15	0.24	46.88	48.33	0.9	1.16
3.42	2.21	0.22	0.31	46.52	48.02	1.26	1.47
3.51	2.29	0.31	0.39	46.26	47.68	1.52	1.81
3.58	2.39	0.38	0.49	45.8	47.25	1.98	2.24
3.67	2.51	0.47	0.61	45.37	46.8	2.41	2.69
3.76	2.64	0.56	0.74	44.81	46.34	2.97	3.15
3.83	2.72	0.63	0.82	44.45	46.15	3.33	3.34
3.86	2.81	0.66	0.91	44.15	46.02	3.63	3.47
3.89	2.85	0.69	0.95	43.98	45.97	3.8	3.52
3.91	2.92	0.71	1.02	43.62	45.93	4.16	3.56
3.94	3.01	0.74	1.11	43.28	45.85	4.5	3.64
3.99	3.1	0.79	1.2	42.87	45.81	4.91	3.68
4.03	3.19	0.83	1.29	42.4	45.69	5.38	3.8
4.1	3.37	0.9	1.47	41.63	45.55	6.15	3.94
4.28	3.72	1.08	1.82	39.7	44.89	8.08	4.6
4.46	4.04	1.26	2.14	38.05	44.5	9.73	4.99
4.56	4.32	1.36	2.42	36.87	44.21	10.91	5.28
4.67	4.55	1.47	2.65	35.49	43.82	12.29	5.67
4.81	4.91	1.61	3.01	34.05	43.5	13.73	5.99
4.95	5.24	1.75	3.34	32.57	43.03	15.21	6.46
5.17	5.86	1.97	3.96	30.29	42.37	17.49	7.12
5.49	7.1	2.29	5.2				



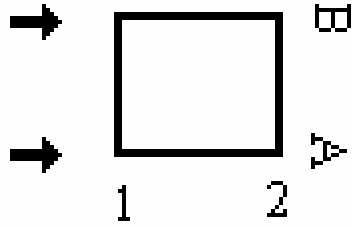


Figura S7-6.2.1 Plano de los Modelos

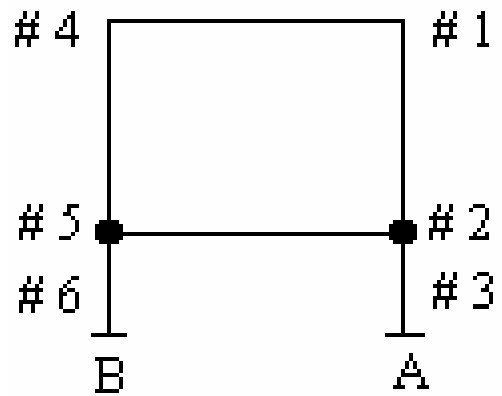


Figura S7-6.2.2 Fachada de los Modelos

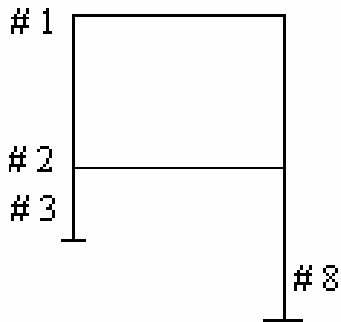


Figura S7-6.2.3 Vista lateral A

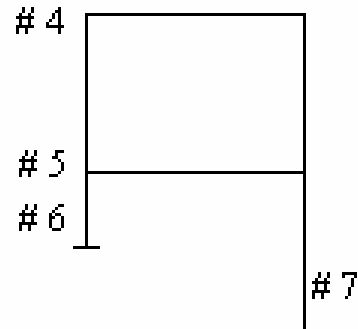


Figura S7-6.2.4 Vista lateral B



**Figura S7-6.2.5 Curva de Desviación de la Carga**



**Foto 6.1 Falla Columna Corta Modelo 1 (1)**



**Foto 6.2 Falla Columna Corta Modelo 1 (2)**



**Foto 6.3 Falla Columna Corta Modelo 1 (3)**



**Foto 6.4 Falla Columna Larga Modelo 1**



**Foto 6.5 Modelo 2**



**Foto 6.6 Falla de Esquileo Columna Corta Modelo 2 (1)**



Foto 6.7 Falla de Esquileo Columna Corta Modelo 2 (2)



Foto 6.8 Esquileo de Quiebre Columna Corta Modelo (3)



Foto 6.9 Falla Columna Larga Modelo 2



Foto 6.10 Columna Corta debajo Viga de Carga Modelo 2



Foto 6.11 Modelo 3



Foto 6.12 Quiebre Diagonal por Presión Columna Corta Modelo 3





**Foto 6.13** Falla por Presión de Columna y Pared Ladrillo de Arcilla (1)

**Foto 6.14** Agrietamiento de la Columna y Pared de Ladrillo de Arcilla (2)



**Foto 6.15** Separación de Pared y Armazón

**Foto 6.16** Modelo 4



**Foto 6.17** Separación Pared Bloque Concreto sin Barras Reforzadas del Armazón

**Foto 6.18** Falla de Columna y Pared Bloque Concreto



**Foto 6.19 Falla de Esquileo de Columna y Pared Bloque Concreto con Barras Reforzadas (1)**



**Foto 6.20 Falla de Esquileo de Columna y Pared Bloque Concreto con Barras Reforzadas (2)**



**Foto 6.21 Falla Pared Bloque Concreto con Barras Reforzadas**



**Foto 6.22 Demolición de los Modelos**

## APÉNDICE A1

### Análisis Elástico y de la Fuerza para el Modelo 1

Para el modelo 1 se realizó el análisis elástico que considera la reacción del piso de las columnas y fundación, así como el simple método de la bisagra plástica para la evaluación de la fuerza. El resultado del análisis de la curva de desviación de la carga fue comparado al resultado del modelo 1.

#### A1.1. Condiciones para el Análisis Elástico

1. Tamaño de los miembros estructurales: columna de 20,5 x 20,5cm, viga 20,5 x (20+10)cm (la dureza es aumentada por  $\Phi$  1,5 para el piso), fundación 100 x 100 x 20cm.
2. Módulo de Young: columna y viga  $0,5 \times 2,1 \times 10^{-5} \text{kg/cm}^2$  (reducida por la fuerza del concreto  $60 \text{kg/cm}^2$ ).
3. Momento de inercia de la sección de la columna/viga aumenta 1,5 veces para el área de la barra principal reforzada.
4. Soporte de la clavija en la base de la fundación para el apoyo de la carga vertical.
5. La constante de resorte para el suelo: coeficiente de reacción horizontal del suelo  $k_h = 6,0 \text{kg/cm}^3$  (se asume un equivalente del valor  $N = 10$ ) para la columna y fundación subterránea con la fórmula siguiente, y se convierte a la unidad en  $\text{kg/cm}^3$ ;  $k_h = 0,08 E_0 (B/10)^{-3/4} (\text{N/mm}^3)$ , donde  $E_0$  es el coeficiente de la desviación de tierra y  $E_0 = 0,7N$  estimado  
B es el tamaño de la columna
6. Carga axial para cada columna: 2,45 toneladas, fundación: 0,5ton
7. Carga horizontal para el piso de cada columna: 2,25ton (referido del resultado de la prueba)

#### A1.2. Análisis de la Fuerza

Las fuerzas horizontales de las columnas cortas y largas se calculan simplemente usando la resistencia de flexión en la parte superior de las columnas y la distribución del momento del análisis elástico.

**Nota:** Las bisagras plásticas en la parte superior de las columnas se observan en la prueba del modelo 1, mientras que no es muy claro si en la porción inferior las condiciones plásticas ocurren en el suelo o en la base de la fundación. Después de la excavación por medio de la inspección visual se observa que la parte inferior de las columnas no es dañada (foto 6.3).

### **A1.3. Análisis de la Curva de Desviación de la Carga**

La rigidez y fuerza elástica de cada columna corta y larga está combinada conjuntamente, y la curva tri-linear de desviación de la carga para el modelo1 se muestra en la Figura A1.4.

La fuerza por medio de este análisis es 9,6 toneladas y es 9% más bajo que el del resultado de la prueba. La razón posible de esta diferencia es que el nivel real del suelo es 50cm~60cm más alto que el nivel diseño del lado más bajo de la pendiente.

La fuerza de las columnas largas es estimada más baja de acuerdo al análisis.

#### **Anexo: Figura A1.1 Análisis del Modelo - Modelo 1**

**Figura A1.2 Diagrama del Momento de Flexión (tm)**

**Figura A1.3 Diagrama del Desplazamiento (cm)**

**Figura A1.4 Curva de la Desviación de la Curva**

## **Apéndice A2**

### **Evaluación de la Capacidad Sísmica para las Casas Existentes del Barrio en Pendinete, Caracas**

La evaluación sísmica de las casas de barrio en pendientes, de 1 a 5 pisos se muestra en el Apéndice A2. El espectro de respuesta y el coeficiente base de esquiroleo se estiman usando el código sísmico 1982 de Venezuela, y se muestra la estimación de las casas de barrio que sufrieron de daños graves.

**Nota:** La evaluación anterior se lleva a cabo con respecto al marco general, solamente como parte del Plan de la Prevención de Desastres de Caracas, y únicamente para fines de una futura planificación y no aplica directamente a ninguna casa en particular. Para la evaluación de una casa individual se deberá realizar una investigación y un estudio en base a las características de cada casa.

#### **A2.1. Condiciones y asunciones;**

##### **(1) Marco y Medidas de los Miembros Estructurales**

- Palmo de columnas; 13,8m x 2,8m (de centro a centro de la columna) y un marco de 2 columnas.
- Medida de los miembros; columna 20cm x 20cm, viga 20cm x 30cm (incluye un piso de 10cm), y el mismo tamaño para cada piso (en general, esto se sobreentiende en las casas de barrio).

**(2) Materiales Usados**

- Piso; Piso de Tabela, concreto 3,4cm con malla de alambre, y vigueta de acero con un grosor total de 10cm,
- Pared; pared de ladrillo hueco de arcilla de 10cm y acabado interno de mortero 1,5cm
- Azotea; hoja de metal con vigueta de acero

**(3) Unidad de Peso por Área**

- Peso unitario del piso por área incluyendo la carga viva  $60\text{kg}/\text{cm}^2$ , para el cálculo:  $600\text{kg}/\text{m}^2$ , para la azotea:  $200\text{kg}/\text{m}^2$
- Para la capacidad sísmica se determina una casa en pendiente, de 1 a 5 pisos (5 tipos de pisos)

**(4) Capacidad del Marco (Fuerza Horizontal) y Fuerza Material**

- La capacidad del marco de 2 columnas en pendiente se evalúa dentro de un rango de 4 a 5 tons.
- La capacidad del marco de 2 columnas en un piso típico se asume aproximadamente de 3 toneladas (manera de colapso de la viga) a 4 toneladas (manera de colapso de la columna). fuerza concreta;  $60\text{kg}/\text{cm}^2$
- Barra principal reforzada: total 4 con diámetro 1/2" ( $A = 1,27\text{cm}^2$ ),  $f_y = 4700\text{kg}/\text{cm}^2$  para las columnas y vigas.

**(5) Máxima Aceleración del Suelo**

- El terremoto de 1967 se estima en m.g.a  $A = 0,15g$ , o sea, la mitad del terremoto de 1812 que es estimado como  $A = 0,30g$ .

**(6) Respuesta Espectral**

- Se utiliza la respuesta espectral del Código Sísmico Venezolano de 1982, y la aceleración de máxima del suelo
- Se utiliza  $A_0=0,30g$ , y se estima igual al del terremoto de 1812.

**(7) Ductilidad de los Marcos**

- Se asume y se disminuye el factor de la ductilidad en base a la proporción de la carga axial de la columna/fuerza de rendimiento axial. Se asume un factor de ductilidad de no mayor que 3.

**(8) Misceláneos**

- El período de construcción se estima como  $T = 0,02h$  (altura total), en lugar de  $T = 0,061h^{3/4}$ , del Código 1982.
- La distribución de la fuerza sísmica de esquileo en cada piso se calcula usando la forma modificada del Código 1982.

**Anexo: Fig. A2.1 Respuesta Espectral y Coeficiente Base de Esquileo, Código 1982**

**Fig. A2.2 Respuesta Espectral y Coeficiente Base de Esquileo, Código 2001 (referencia)**

**Tabla A2.1 Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio(1)**

**Tabla A2.2 Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio (2)**

**Tabla A2.3 Estimación de Viviendas de Barrio Severamente Dañadas**

**Anexos: Tablas, Figuras and Fotos**



**Foto 1.1 Casas de barrio en colina(1)**



**Foto 1.2 Casas de barrio en colina (2)**



**Foto 1.3 Una casa de barrio en construcción**



**Foto 2.1 Casa de barrio en pendiente (1)**



**Foto 2.2 Casas de barrio en pendiente (2)**

## Apendice A1

### Análisis de Rigidez y Resistencia para el Modelo 1

#### 1. Análisis Elástico y Resultados– Modelo 1

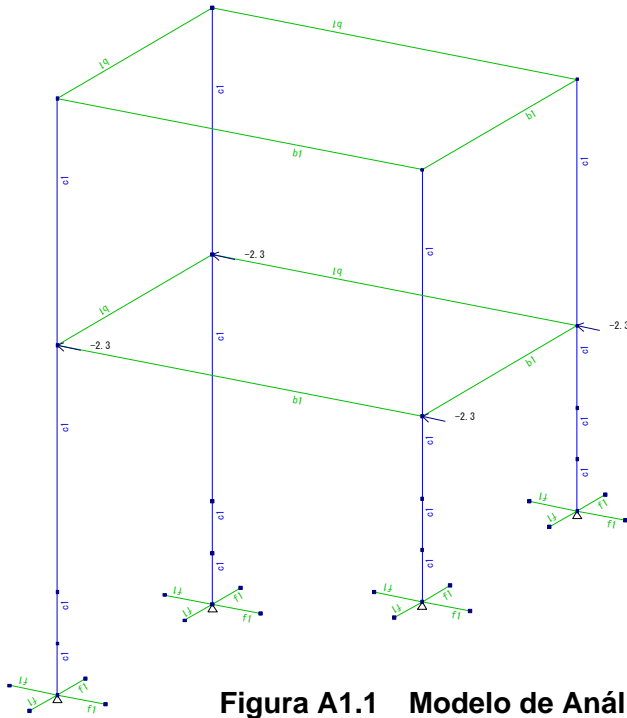


Figura A1.1 Modelo de Análisis

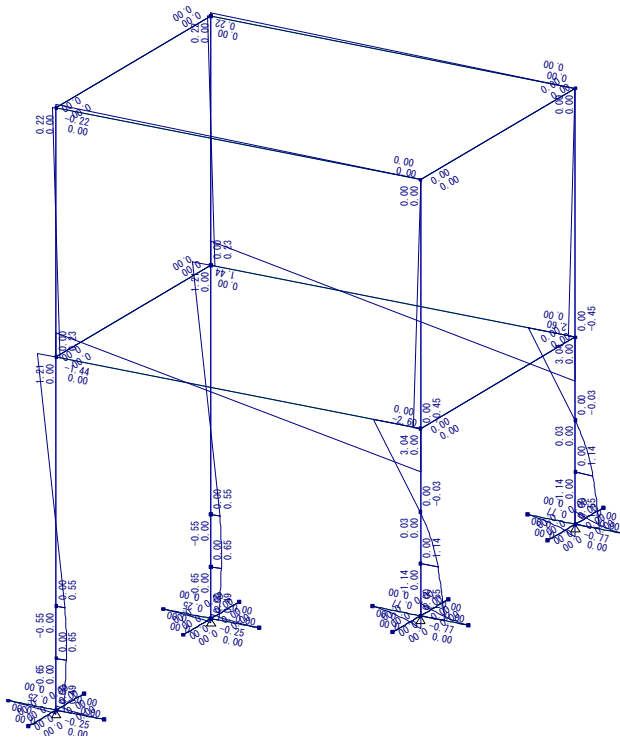


Figura A1.2  
Momento de Flexión (tm)



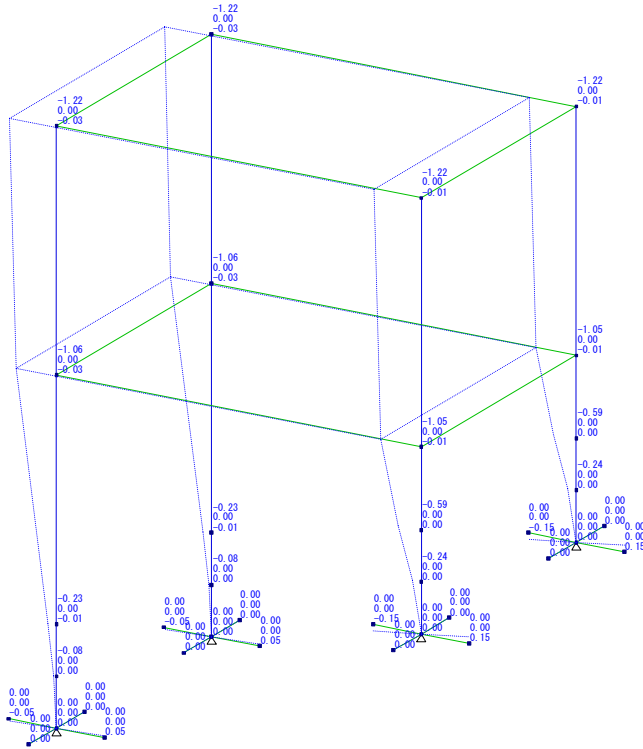


Figura A1.3

Desplazamiento (cm)

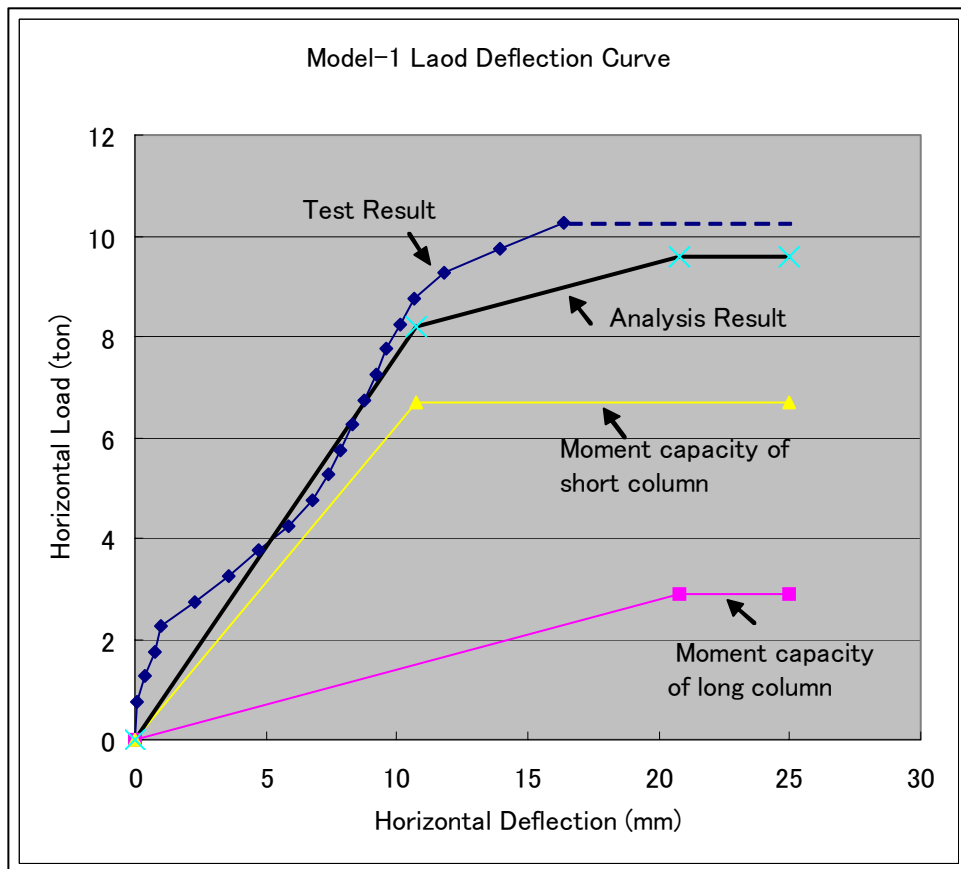


Figura A1.4 Resultado del Análisis de la Curva de Desviación de la Carga Modelo 1

Apéndice A2

Evaluación de la Capacidad Sísmica para las Casas de Barrio Existentes en Pendientes, Caracas  
(PRELIMINAR)

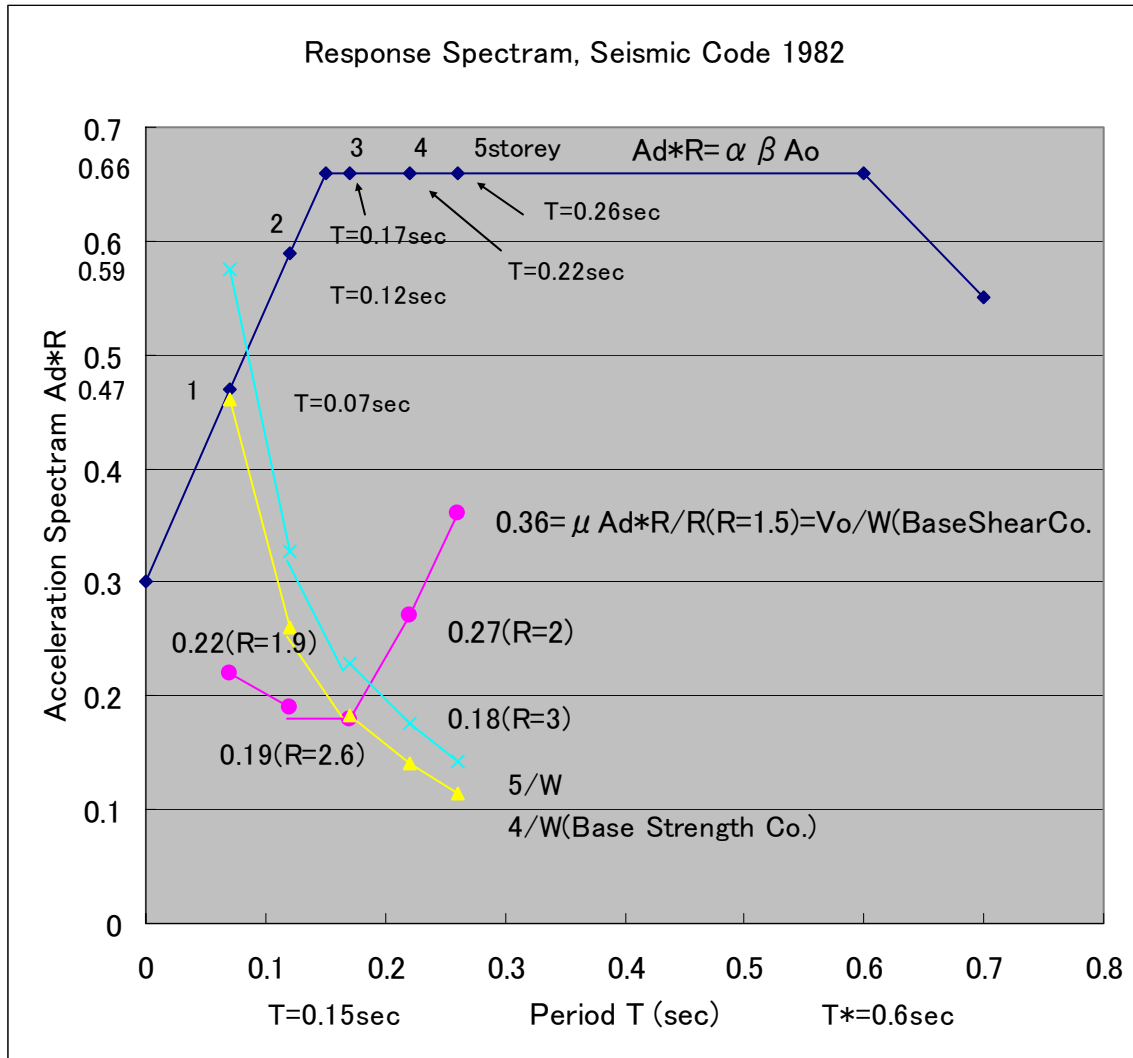


Figura A2.1 Espectro de Respuesta y Coeficiente de Esqueleto Base para el Código 1982

Donde: Ad (Coordenada del espectro diseñado)

$A_o = 0,30g$  (Aceleración máxima horizontal del suelo), Zona 4

$\beta = 2,2$  (Factor de magnificación promedio),  $T^* = 0,6$  sec, Perfil del Suelo S2

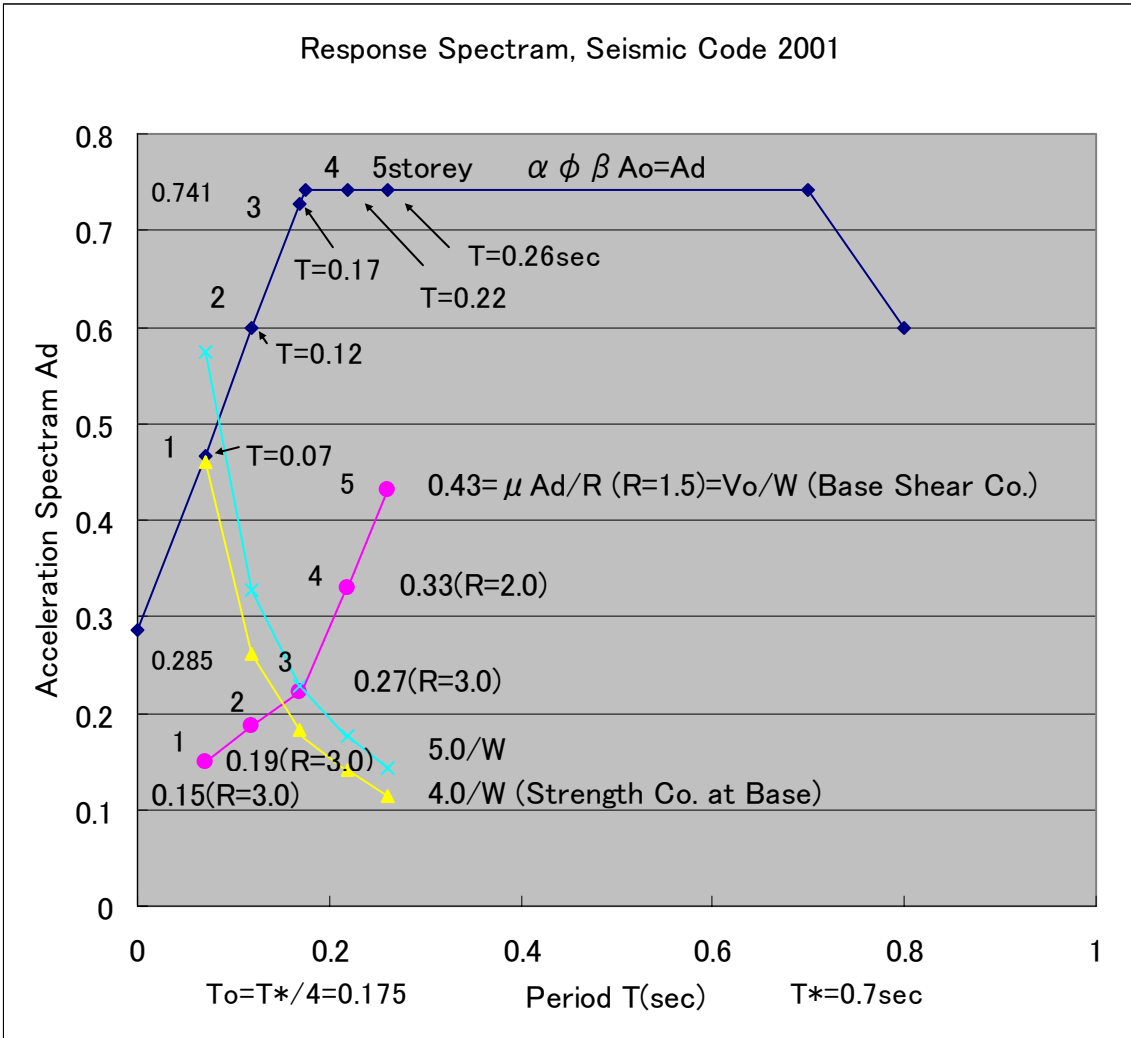
$\alpha = 1,0$  (coeficiente de uso)

$R = 3$  to  $1,5$  (factor de reducción de respuesta)

$D = 3$  to  $1,5$  (factor de ductilidad)

$\mu$  (factor relacionado al número de pisos)

$W$  (peso total de la edificación)



**Figura A2.2 Espectro de Respuesta y Coeficiente de Esquileo Base para el Código 2001**

**(Referencia solo con el propósito de comparación)**

- Donde:
- Ad (Coordenada del espectro diseñado)
  - Ao = 0,30 (coeficiente de aceleración horizontal en la zona 5)
  - φ = 0,95 (factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal, usando S2)
  - α = 1,0 (coeficiente de importancia)
  - β = 2,6 (factor de magnificación promedio, P = 1,0, T\* = 0,7sec, forma espectral S2)
  - R = 3,0 to 1,5 es usado (factor de reducción)
  - μ (factor de modificación de esquileo)
  - W (peso total de la edificación)

**Tabla A2.1 Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio (1)**

Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio en Pendientes (fuerza para 1 marco (2 columnas)) rev.1

		Peso (ton)	Wi	$\sigma / F_c$		Qi(ton)	Ductilidad	
				(60kg/cm <sup>2</sup> )	Ci(Co=1.0)		Asumida	Factor
5 pisos h=13.2m T=0.26seg	RFL(5F)	2.18	2.18	0.046	2.15	4.69	3	3
	5FL(4F)	6.55	8.73	0.182	1.51	13.18	3	3
	4FL(3F)	6.55	15.28	0.318	1.32	20.17	3	3
	3FL(2F)	6.55	21.83	0.455	1.19	25.98	3	3
	2FL(1F)	6.55	28.38	0.591	1.09	29.39	2	2
	1FL(B1F)	6.55	34.93	0.728	1	34.93	1.5	1.5
4 pisos h=10.8m T=0.22seg	RFL(4F)	2.18	2.18	0.046	1.94	4.23	3	3
	4FL(3F)	6.55	8.73	0.182	1.4	12.22	3	3
	3FL(2F)	6.55	15.28	0.318	1.22	18.64	3	3
	2FL(1F)	6.55	21.83	0.455	1.1	24.01	3	3
	1FL(B1F)	6.55	28.38	0.591	1	28.38	2	2
3 pisos h=8.4m T=0.17seg	RFL(3F)	2.18	2.18	0.046	1.69	3.68	3	3
	3FL(2F)	6.55	8.73	0.182	1.27	11.09	3	3
	2FL(1F)	6.55	15.28	0.318	1.11	16.96	3	3
	1FL(B1F)	6.55	21.83	0.455	1	21.83	3	3
2 pisos h=6.0m T=0.12seg	RFL(2F)	2.18	2.18	0.046	1.47	3.2	3	2.6
	2FL(1F)	6.55	8.73	0.182	1.13	9.86	3	2.6
	1FL(B1F)	6.55	15.28	0.318	1	15.28	3	2.6
1piso 3.6m.,07se	RFL(1F)	2.18	2.18	0.046	1.2	2.62	3	1.9
	1FL(B1F)	6.55	8.73	0.182	1	8.73	3	1.9

**Tabla A2.2 Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio (2)**

Evaluación Sísmica de las Casas de Barrio en Pendientes (fuerza para 1 marco (2 columnas)) rev.1

	Caso 1(m.g.a.=0.30g) Código Sísmico Venezolano 1982					Caso 2(m.g.a.=0.15G)		
	Ad(0.66/R) (coordenada)	$\mu$ Ad= Vo/W	Vi(ton) (xQi)	Vui(ton) Asumida	Evaluar	$\mu$ Ad (0.33/R)	Vi(ton)	Evaluar
RFL(5F)	0.22	0.178	0.83	3.0 to 4.0	( $\mu=0.808$ )	0.089	0.42	
5FL(4F)	0.22	0.178	2.35	3.0 to 4.0		0.089	1.17	
4FL(3F)	0.22	0.178	3.59	3.0 to 4.0		0.089	1.8	
3FL(2F)	0.22	0.178	4.62	3.0 to 4.0		0.089	2.31	
2FL(1F)	0.33	0.267	7.84	3.0 to 4.0		0.134	3.92	
1FL(B1F)	0.44	0.356	12.44	4.0 to 5.0	colapso	0.178	6.22	colapso
RFL(4F)	0.22	0.18	0.76	3.0 to 4.0	( $\mu=0.818$ )	0.09	0.38	
4FL(3F)	0.22	0.18	2.2	3.0 to 4.0		0.09	1.1	
3FL(2F)	0.22	0.18	3.36	3.0 to 4.0		0.09	1.68	
2FL(1F)	0.22	0.18	4.32	3.0 to 4.0		0.09	2.16	
1FL(B1F)	0.33	0.27	7.66	4.0 to 5.0	colapso	0.135	3.83	daños serios
RFL(3F)	0.22	0.183	0.67	3.0 to 4.0	( $\mu=0.833$ )	0.092	0.34	
3FL(2F)	0.22	0.183	2.03	3.0 to 4.0		0.092	1.02	
2FL(1F)	0.22	0.183	3.1	3.0 to 4.0		0.092	1.55	
1FL(B1F)	0.22	0.183	3.99	4.0 to 5.0	daños serios	0.092	2	daños
RFL(2F)	0.23	0.194	0.62	3.0 to 4.0	( $\mu=0.857$ )	0.097	0.31	
2FL(1F)	0.23	0.194	1.91	3.0 to 4.0		0.109	0.96	
1FL(B1F)	0.23	0.218	2.96	4.0 to 5.0	daños	0.109	1.48	daños leves
RFL(1F)	0.25	0.222	0.58	3.0 to 4.0	( $\mu=0.90$ )	0.111	0.29	
1FL(B1F)	0.25	0.312	1.94	4.0 to 5.0	daños	0.156	0.97	sin daños

**Tabla A2.3 Estimación de las Casas de Barrio Severamente Dañadas**

Estimado de Número de Casas de Barrio Dañadas

rev.1

	Caso 1(m.g.a.=0.30g)				Caso 2(m.g.a.=0.15g)			
	Colapso	Daños Serios	Daños	Sin Daños	Colapso	Daños Serios	Daños	Sin Daño/leve
5 pisos	1,214				1,214			
4 pisos	8,390					*4,195	*4,195	
3 pisos		*15,456	*15,456				30,912	
2 pisos			47,582					47,582
1 piso			22,301					22,301
Pendiente 48%	9,604	15,456	85,339		1,214	4,195	35,107	69,883
	(sub total	25,060)			(sub total	5,409)		
5 pisos	1,316					*658	*658	
4 pisos		*4545	*4545				9,090	
3 pisos			33,488					33,488
2 pisos			51,548					51,548
1 piso				24,159				24,159
Otros 52%	1,316	4,545	89,581	24,159		658	9,748	109,195
<b>Total</b>	<b>10,920</b>	<b>20,001</b>	<b>174,920</b>	<b>24,159</b>	<b>1,214</b>	<b>4,853</b>	<b>44,855</b>	<b>179,078</b>

Nota \*muestra números destinados a 50% y 50%

**S8**

**BASE DE DATOS PARA LAS LINEAS  
VITALES/INFRAESTRUCTURA**

*“Una Amenaza conocida y manejada por la comunidad,  
es un riesgo calculado”*

*Marielba Guillén*

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

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S8

BASE DE DATOS PARA LAS LINEAS VITALES/INFRAESTRUCTURA

**CONTENIDO**

CAPITULO 1. OBJETIVOS DEL ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS

CAPITULO 2. DATOS NECESARIOS PARA ESTABLECER LA BASE DE DATOS  
APROPIADA

2.1	General -----	S8-2
2.2	Puentes Viales -----	S8-3
2.3	Red del Metro-----	S8-3
2.4	Red de Acueductos-----	S8-3
2.5	Red de Aguas Servidas -----	S8-4
2.6	Red de Gasoductos-----	S8-5
2.7	Red de Suministro de Energía Eléctrica-----	S8-6
2.8	Red de Telecomunicaciones -----	S8-6
2.9	Instalaciones Peligrosas -----	S8-6

CAPITULO 3. DATOS RECOPIADOS SOBRE LAS LINEAS VITALES E  
INFRAESTRUCTURA

3.1	Datos Disponibles para Establecer la Base de Datos Necesaria del Distrito Metropolitano de Caracas -----	S8-10
3.2	Red de Caminos: MIINFRA y Gobiernos Locales -----	S8-10
	3. 2. 1. Datos de la Red Vial Disponibles en SIG -----	S8-10
	3. 2. 2. Condiciones Actuales de la Red Vial -----	S8-11
	3. 2. 3. Disponibilidad de Datos de Puentes Viales: Equipo de Estudio de JICA -----	S8-11

3.3	Red del Metro: Compañía del Metro -----	S8-12
3.4	Red de Suministro de Agua: Hidrocapital e IMAS -----	S8-12
	3. 4. 1. Disponibilidad de Datos sobre la Red de Suministro de Agua -----	S8-12
	3. 4. 2. Condiciones Actuales del Sistema de Suministro de Agua.-----	S8-13
3.5	Base de Datos de Red de Aguas Servidas: Hidrocapital -----	S8-13
3.6	Suministro de Gas Natural: PDVSA Gas -----	S8-14
3.7	Suministro de Energía Eléctrica: Electricidad de Caracas -----	S8-14
3.8	Telecomunicaciones: CANTV -----	S8-14
	3. 8. 1. Condiciones Existentes del Sistema de Telecomunicaciones -----	S8-14
	3. 8. 2. Disponibilidad de Datos de Telecomunicaciones -----	S8-15
3.9	Instalaciones Peligrosas: División de Material Peligroso -----	S8-15
	3. 9. 1. Condiciones Existentes de Instalaciones Peligrosas -----	S8-15
	3. 9. 2. Disponibilidad de Datos de Instalaciones Peligrosas -----	S8-16

#### CAPITULO 4. RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS EN SIG

4.1	Red Vial con Puentes -----	S8-26
4.2	Red de Suministro de Agua-----	S8-26
4.3	Red de Suministro de Gas Natural-----	S8-26
4.4	Red de Suministro de Energía Eléctrica-----	S8-26
4.5	Red de Telecomunicaciones -----	S8-26
4.6	Materiales y Substancias Tóxicas y Peligrosas-----	S8-26



**LISTA DE TABLAS**

Tabla S8-2.1.1	Escenarios de Terremoto con sus Parámetros -----	S8-7
Tabla S8-2.2.1	Formato de Base de Datos de Puentes para el Método de Katayama	S8-7
Tabla S8-2.2.2	Formato de la Base de Datos de Puentes Viales par el Método Metropolitano de Tokio de Estimación de Daños de Autopistas Elevadas -----	S8-7
Tabla S8-2.3.1	Formato de la Base de Datos de la Red del Metro -----	S8-7
Tabla S8-2.4.1	Formato de la Base de Datos de Acueductos para el Método Metropolitano de Tokio -----	S8-8
Tabla S8-2.5.1	Formato de la Base de Datos de Tuberías de Aguas Servidas para el Método Metropolitano de Tokio-----	S8-8
Tabla S8-2.6.1	Formato de la Base de Datos de Tuberías de Aguas Servidas para el Método Metropolitano de Tokio-----	S8-8
Tabla S8-2.7.1	Formato de la Base de Datos Cableado Eléctrico para el Método Metropolitano de Tokio -----	S8-8
Tabla S8-2.9.1	Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo, Tipo de Daño y Proporción de Daño del Método Metropolitano de Tokio -----	S8-9
Tabla S8-2.9.2	Formato de la Base de Datos de Instalaciones Peligrosas para el Método Metropolitano de Tokio -----	S8-9
Tabla S8-3.2.1	Longitud Vial Digitalizada por Municipio y Categoría en el Área Metropolitana de Caracas -----	S8-16
Tabla S8-3.2.2	Base de Datos del Puente para la Estimación de Daños usando el Método de Katayama -----	S8-17
Tabla S8-3.3.1	Lista de las Líneas del Metro en el Área Metropolitana de Caracas-	S8-19
Tabla S8-3.4.1	Lista de Acueductos Digitalizados en el Área Metropolitana de Caracas-----	S8-19
Tabla S8- 3.8.1	Cableado de la Red de Telecomunicación en el Área Metropolitana de Caracas -----	S8-20

**LISTA DE FIGURAS**

Figura S8-3.2.1	Red Vial Digitalizada del Área Metropolitana de Caracas-----	S8-21
Figura S8-3.2.2	Mapa de Ubicación de los Puentes y Viaductos Importantes Listados-----	S8-22
Figura S8-3.3.1	Red del Metro Actual en el Área Metropolitana de Caracas-----	S8-23
Figura S8-3.4.1	Red de Acueductos en el Área Metropolitana de Caracas -----	S8-24
Figura S8-3.9.1	Mapa de Ubicación de Estaciones de Gasolina en el Área Metropolitana -----	S8-25

## **S-8 BASE DE DATOS PARA LAS LINEAS VITALES/INFRAESTRUCTURA**

### **CAPÍTULO 1. OBJETIVOS DEL ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS**

En un país propenso a los terremotos, las ciudades densamente pobladas con millones de ciudadanos enfrentan problemas serios en cuanto a desastres por terremotos catastróficos que causan pérdidas humanas, daños a edificaciones, daños y fallas en las líneas vitales, etc. A nivel mundial, la mayoría de las grandes ciudades no han tenido experiencias de terremotos catastróficos después de su rápida expansión urbana. Con el propósito de resolver estos problemas, los gobiernos centrales y locales de las grandes ciudades están tratando de establecer las bases de datos de condiciones socioeconómicas, edificaciones, líneas vitales e infraestructuras para formular las medidas apropiadas contra los daños previstos por causa de terremotos. Este informe de soporte se enfoca en la creación de una base de datos de SIG para líneas vitales e infraestructuras, las cuales son datos de entrada indispensables para los siguientes trabajos:

1. Estimación de los daños causados por terremotos a las líneas vitales e infraestructura para la formulación de los planes tangibles y operacionales apropiados.
2. Formulación e implementación de medidas de mitigación de daños a líneas vitales e infraestructuras que podrían ser causados por desastres por terremoto.
3. Formulación y operación de planes de respuesta de emergencia para recuperar líneas vitales e infraestructuras dañadas.
4. Formulación e implementación del plan de rehabilitación de líneas vitales e infraestructuras dañadas.
5. Formulación de planes de desarrollo urbano sismorresistentes antes de la ocurrencia de un terremoto, y
6. Establecimiento de un modelo de simulación de daños por terremotos (podrá contribuir con una respuesta de emergencia rápida y apropiada y con los trabajos de rehabilitación, puntos 3 y 4 antes mencionados).

La base de datos de líneas vitales e infraestructuras se utiliza para la estimación de daños en cada escenario de terremoto con el propósito de:

- 1 Identificar colapso y daños a los puentes importantes.

- 2 Evaluar la vulnerabilidad de los túneles del metro tanto los de tipo corte abierto como tipo escudo.
- 3 Estimar el número de puntos dañados en la red de acueductos en cada micro zona.
- 4 Estimar el número de puntos dañados en la red de cloacas en cada micro zona.
- 5 Estimar el número de puntos dañados en la red de gasoductos en cada micro zona, (los resultados analíticos de los daños a tuberías puede ser utilizado para determinar el área de mal funcionamiento de cada servicio).
- 6 Estimar la longitud dañada de cableado de suministro eléctrico en cada micro zona.
- 7 Estimar la longitud dañada de cableado de telecomunicaciones en cada micro zona, (los resultados analíticos de los daños al cableado pueden ser utilizados para determinar el área de mal funcionamiento de cada servicio)
- 8 Estimar el número de incendios en las instalaciones peligrosas identificadas en cada micro zona.

## **CAPÍTULO 2. DATOS NECESARIOS PARA ESTABLECER LA BASE DE DATOS APROPIADA**

En este capítulo se explica la metodología de estimación de daños conjuntamente con el formato de los datos necesarios.

### **2.1 General**

Los daños causados por terremotos en las líneas vitales y redes de infraestructura se estiman con los tres factores de entrada siguientes:

1. **Base de Datos de la Red en SIG:** Sección homogénea de tubería o cableado e instalaciones con sus datos de atributo característicos como tamaño de la tubería, material, presión de gas, etc., los cuales están relacionados con las funciones de daño.
2. **Funciones de Daño en el País:** Proporción de daños por movimiento sísmico y características de cada línea vital e infraestructura en las estadísticas de los terremotos ocurridos en el país.
3. **Movimiento Sísmico en la Micro Zona:** Aceleración y velocidad máxima del terreno, intensidad sísmica, potencial de licuación, y tipo de terreno en cada micro zona sísmica o celda del mallado para cada escenario de terremoto.

Con el propósito de estimar los daños causados por terremoto, toda la información basada en el SIG que se recopiló sobre las redes e instalaciones para cada micro zona u celda del mallado (zona analítica para estimación de daños) tiene que ser clasificada y dividida en secciones homogéneas de tubería o cableado, las cuales corresponden al conjunto de funciones de daño de cada línea vital e infraestructura.

En Venezuela, el método de estimación de daños y las funciones de daños para la infraestructura y las líneas vitales no han sido establecidos todavía, debido al limitado número de terremotos y la falta de experiencia de un terremoto en áreas urbanas importantes y la falta de estadísticas de daños. Bajo estas circunstancias, el equipo de estudio propone aplicar los métodos de estimación de daños japoneses con funciones de daños del Japón para realizar los estimados del estudio los cuales se muestran en la sección 9 del informe de soporte.

Los escenarios de terremoto utilizados para estimar los daños son terremotos como los de 1812 y 1967 ocurridos en Venezuela y que se muestran en la Tabla S8-2.1.1.

## **2.2 Puentes Viales**

Dos tipos de base de datos de puentes se necesitan para aplicar los dos métodos diferentes de estimación de daños de Japón, los cuales son el método de Katayama y el del Estudio de Micro Zonificación Sísmica Metropolitano de Tokio. El método de Katayama se utiliza para evaluar la posibilidad de caída de la viga maestra. El formato de base de datos con los datos requeridos para el método de Katayama es el mostrado en la Tabla S8-2.2.1.

La base de datos de puentes para el otro método de estimación de daños es para puentes del tipo multi tramo en autopistas urbanas. El método evalúa la posibilidad de daños a los pilares del puente, fue establecido basándose en las estadísticas de daños del desastre de Hanshin Awaji y fue aplicado en el estudio de Micro Zonificación Sísmica del Gobierno Metropolitano de Tokio. El formato de la base de datos es el mostrado en la Tabla S8-2.2.2.

## **2.3 Red del Metro**

La base de datos de la red del metro se necesita para evaluar la vulnerabilidad de las secciones del túnel del metro. La red del metro tiene que ser clasificada de acuerdo al tipo de secciones con los atributos de datos mostrados en la Tabla S8-2.3.1.

## **2.4 Red de Acueductos**

La base de datos de la Tabla S8-2.4.1 se necesita para estimar daños a los acueductos según el estudio de Micro Zonificación del Gobierno Metropolitano de Tokio. Los datos recopilados sobre la red de

acueductos tienen que ser sub-clasificados en secciones homogéneas de tubería de acuerdo al tamaño y material de la tubería dentro de cada micro zona o celda del mallado.

Las siguientes categorías del método para el tamaño y el material de la tubería fueron aplicadas a la creación de la base de datos.

Categorías de Material de Tubería	Categorías de Tamaño de Tubería
1: Hierro Fundido Dúctil	1: menos de 75mm
	2: 100mm a menos de 450mm
	3: 500mm a menos de 900mm
	4: más de 1000mm
2: Hierro Fundido	1: menos de 75mm
	2: 100mm a menos de 250mm
	3: 300mm a menos de 900mm
	4: más de 1000mm
3: Acero	1: menos de 75mm
	2: 100mm a menos de 250mm
	3: más de 300mm
4: Cloroetileno	1: menos 75mm
	2: más de 100mm
5: Cemento de Asbestos	1: menos de 75mm
	2: 100mm a menos de 250mm

## 2.5 Red de Aguas Servidas

Se necesita la base de datos de la Tabla S8-2.5.1 para estimar los daños a las cloacas según el estudio de Micro Zonificación del Gobierno Metropolitano de Tokio. Los datos recopilados sobre la red de tuberías de aguas servidas tienen que ser subclasificados en secciones homogéneas de tubería de acuerdo al tamaño y material de la tubería dentro de cada micro zona o celda del mallado.

Las siguientes categorías del método para el tamaño y el material de la tubería fueron aplicadas a la creación de la base de datos.

<b>Material de la Tubería</b>
1. Tubería de Concreto Reforzado
2. Tubería de Concreto
3. Tubería de Cerámica
4. Tubería de Cloro Etileno
5. Tubería Escudo
6. Tubería de Concreto Reforzado en Sitio
7. Cajón de Alcantarilla

<b>Tamaño de la Tubería</b>
1. > 4000mm
2. 2000 a 4000mm
3. 1000 a 2000mm
4. 500 a 1000mm
5. 150 a 500mm
6. 50 a 150mm

## 2.6 Red de Gasoductos

Los datos recopilados sobre la red de gasoductos tienen que ser subclasificados en secciones homogéneas de tubería de acuerdo a la presión del gas, y al tipo de junta y material de la tubería dentro de cada micro zona o celda del mallado. El formato de la base de datos mostrado en la Tabla S8-2.6.1 con sus datos atributos se necesitan para aplicar el método de estimación de daños para gasoductos del Estudio de Micro Zonificación Sísmica del Gobierno Metropolitano de Tokio.

En el método se utilizan las siguientes categorías de presión del gas, y del tipo de junta y material de la tubería.

<b>Categorías de Presión del Gas</b>
1: Media Presión
2: Baja Presión

<b>Categoría de Material y Tipo de Junta de la Tubería</b>
1. Acero
2. Hierro Fundido
3. Acero (soldado)
4. Acero (Atornillado)
5. Acero (Mecánico)
6. Hierro Fundido Dúctil Tipo Viejo (Tipo de Junta-1)
7. Hierro Fundido Dúctil Tipo Viejo (Tipo de Junta-2)
8. Hierro Fundido Dúctil (Mecánico)
9. Hierro Fundido Dúctil (Otras Juntas)
10. Polietileno
11. Cloro-etileno

## **2.7 Red de Suministro de Energía Eléctrica**

Los datos recopilados sobre la red de suministro de energía eléctrica tienen que ser subdivididos y clasificados en secciones aéreas y enterradas dentro de cada micro zona o celda del mallado. El formato de base de datos mostrado en la Tabla S8-2.7.1 se necesita para aplicar el método de estimación de daños del estudio de Micro Zonificación del Gobierno Metropolitano de Tokio.

## **2.8 Red de Telecomunicaciones**

El formato de base de datos con los atributos de datos y categorías que se necesitan para la red de telecomunicaciones es el mismo de la estimación de daños para cableado eléctrico.

## **2.9 Instalaciones Peligrosas**

Durante un terremoto, las instalaciones peligrosas que sufran daños en el área metropolitana pueden generar muchos daños secundarios por incendios, explosiones y diseminación de gases tóxicos. Estos incidentes no pueden ser manejados fácilmente bajo condiciones desordenadas de los equipos de emergencia. Antes del evento de un terremoto, las instalaciones débiles con materiales y productos peligrosos y tóxicos tienen que ser definidos para mitigar los daños secundarios.

Las funciones de daño para instalaciones peligrosas del estudio de Micro Zonificación Sísmica del Gobierno Metropolitano de Tokio se basan en la correlación obtenida de los datos de terremoto pasados en términos de movimiento del terreno (PGA: aceleración máxima del terreno) y los daños identificados para cada categoría de instalaciones peligrosas clasificadas por el Departamento de Bomberos Metropolitanos de Tokio.

Las categorías de instalaciones peligrosas, tipo de daño, y proporción de daño por PGA del método se muestra en la Tabla S8-2.9.1

El formato de base de datos mostrado en la Tabla S8-2.9.2 se utiliza en el método e incluye 3 categorías de instalaciones peligrosas, número de tanque/almacén y tamaño del tanque o almacén.



**Tabla S8-2.1.1 Escenarios de Terremoto con sus Parámetros**

Escenario	Mw.	Profundidad Sismogénica	Largo de Falla	Mecanismo	Sistema de Fallas
1812	7.1	5 Km.	105 Km.	Transcurrente	San Sebastián
1967	6.6	5 Km.	42 Km.	Transcurrente	San Sebastián

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2004

**Tabla S8-2.2.1 Formato de Base de Datos de Puentes para el Método de Katayama**

No. Código de Puente	Nombre o Número de Puente	Nombre o Número de Vía	Nombre o Número de Vía, Río o Metro que Cruza	Tipo de Viga	Soporte	Altura Máx. del Estribo /Pilar	Número de Tramos	Materiales del Estribo y del Pilar	Ancho Min. del Asiento del Puente	Tipo de Fundación

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-2.2.2 Formato de la Base de Datos de Puentes Viales par el Método Metropolitano de Tokio de Estimación de Daños de Autopistas Elevadas**

No. Código de Puente.	Nombre o Número de Puente	Nombre o Número de Vía	Nombre o Número de Vía, Río o Metro que Cruza	Ancho (m)	Largo (m)	Rango/Función de la Vía

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-2.3.1 Formato de la Base de Datos de la Red del Metro**

No. Código de la Sección	Número de Línea del Metro	Categoría de la sección	Tipo de construcción	Longitud (m)	Año de Culminación
		1. Estación	1. Túnel Escudo		
		2. Carruaje	2. Túnel Montaña		
			3. Túnel Corte Abierto		
			4. Otros		

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-2.4.1 Formato de la Base de Datos de Acueductos para el Método  
Metropolitano de Tokio**

Código de sección de Tubería	Código del Municipio	Código de la Micro zona o Celda del Mallado	Tamaño de la Tubería (diámetro)	Categoría del Material de la Tubería	Longitud de la Sección de la Tubería

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-2.5.1 Formato de la Base de Datos de Tuberías de Aguas Servidas para el  
Método Metropolitano de Tokio**

Código de sección de Tubería	Código del Municipio	Código de la Micro zona o Celda del Mallado	Tamaño de la Tubería (diámetro)	Categoría del Material de la Tubería	Longitud de la Sección de la Tubería

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-2.6.1 Formato de la Base de Datos de Tuberías de Aguas Servidas para el  
Método Metropolitano de Tokio**

Código de sección de Tubería	Código del Municipio	Código de la Micro zona o Celda del Mallado	Presión del Gas	Categoría del Material de la Tubería / Tipo de Junta	Longitud de la Sección de la Tubería

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-2.7.1 Formato de la Base de Datos Cableado Eléctrico para el Método  
Metropolitano de Tokio**

Código de Sección de Cableado	Código del Municipio	Código de la Micro zona o Celda del Mallado	Aéreo o Enterrado	Longitud de la Sección de Cableado
			1. Aéreo	
			2. Enterrado	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-2.9.1 Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo, Tipo de Daño y Proporción de Daño del Método Metropolitano de Tokio**

Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo	Tipo de Daño	PGA										
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
1. Tanque de Almacenamiento Grande de Líquidos Inflamables	1. Derrame pequeño del tanque o en las juntas de las tuberías	4.10E-05	1.50E-04	4.90E-04	1.40E-03	3.30E-03	6.90E-03	1.30E-02	2.00E-02	3.00E-02	3.80E-02	4.70E-02
	2. Derrame continuo de cierto volumen	1.00E-05	3.80E-05	1.20E-04	3.40E-04	8.20E-04	1.70E-03	3.20E-03	4.90E-03	7.50E-03	9.40E-03	1.20E-02
	3. Derrame del dique de protección	2.40E-06	8.90E-06	2.90E-05	8.00E-05	1.90E-04	4.00E-04	7.40E-04	1.10E-03	1.70E-03	2.20E-03	2.80E-03
	4. Incendio del dique de protección	1.00E-06	3.80E-06	1.20E-05	3.40E-05	8.20E-05	1.70E-04	3.20E-04	4.90E-04	7.50E-04	9.40E-04	1.20E-04
	5. Gran incendio extendiéndose en el patio de tanques	2.40E-07	8.90E-07	2.90E-06	8.00E-06	1.90E-05	4.00E-05	7.40E-05	1.10E-04	1.70E-04	2.20E-04	2.80E-04
2. Tanques y Contenedores de Gases Inflamables	6. Fuga de junta de tubería en el tanque cierre de emergencia	1.50E-05	4.20E-05	1.10E-04	2.50E-04	5.60E-04	1.10E-03	2.20E-03	3.70E-03	6.30E-03	9.50E-03	1.40E-02
	7. Fuga continua de cierto volumen: peligro de explosión	3.80E-06	1.00E-05	2.70E-05	6.30E-05	1.40E-04	2.80E-04	5.40E-04	9.20E-04	1.60E-03	2.40E-03	3.50E-03
	8. Incendio de fuga de gas en el dique de contención	3.80E-07	1.00E-06	2.70E-06	6.30E-06	1.40E-05	2.80E-05	5.40E-05	9.20E-05	1.60E-04	2.40E-04	3.50E-04
	9. Explosión de fuga grande de gas	3.80E-08	1.00E-07	2.70E-07	6.30E-07	1.40E-06	2.80E-06	5.40E-06	9.20E-06	1.60E-05	2.40E-05	3.50E-05
3. Tanques de Gases Tóxicos / Nitrógeno Líquido	10. Fuga de juntas de tubería o tanque	3.00E-06	8.40E-06	2.10E-05	5.10E-05	1.10E-04	2.30E-04	4.30E-04	7.40E-04	1.30E-03	1.90E-03	2.80E-03
	11. Fuga continua de cierto volumen (peligro ciudadano)	7.60E-08	2.10E-07	5.30E-07	1.30E-06	2.80E-06	5.70E-06	1.10E-05	1.80E-05	3.20E-05	4.70E-05	7.10E-05

Fuente: Relación de daño de instalaciones de alto riesgo en el Estudio de Micro Zonificación del Gobierno Metropolitano de Tokio.

**Tabla S8-2.9.2 Formato de la Base de Datos de Instalaciones Peligrosas para el Método Metropolitano de Tokio**

Nº de Código de la Instalación	Código del Municipio	Código de la Micro zona o Celda del Mallado	Categoría de la Instalación	Tamaño de Tanque o Almacén (m <sup>3</sup> )	Número de Tanque o Almacén
			1. Líquido Inflamable		
			2. Gas Inflamable		
			3. Gas Tóxico		

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

### **CAPÍTULO 3. DATOS RECOPIADOS SOBRE LAS LÍNEAS VITALES E INFRAESTRUCTURA**

Los trabajos de recopilación de información para establecer la base de datos de las líneas vitales e infraestructura se realizaron durante el primer y segundo período de trabajo en Venezuela en la primera fase del estudio.

En el trabajo de recopilación, se obtuvo de los organismos y autoridades competentes información limitada sobre la red de acueductos, red de telecomunicaciones e instalaciones peligrosas. Sin embargo no se pudo obtener los datos sobre la red de gasoductos y la red de suministro de energía eléctrica de las agencias competentes por razones de seguridad. Un sistema de disposición de aguas servidas no se ha establecido apropiadamente en el área de estudio. Los detalles y condición de los datos disponibles recopilados se describen a continuación.

#### **3.1 Datos Disponibles para Establecer la Base de Datos Necesaria del Distrito Metropolitano de Caracas**

El estado del establecimiento de una base de datos digital o basada en SIG de las líneas vitales e infraestructura están directamente relacionadas con las necesidades de desarrollar, actualizar y mejorar cada sector de las líneas vitales e infraestructura. Por un lado, bases de datos avanzadas en SIG han sido establecidas para la red de gasoductos basándose en las necesidades sociales de desarrollo y expansión y la necesidad de un sistema apropiado de gerencia por seguridad. Por otro lado, las bases de datos de vialidad y puentes no han sido establecidas debido a la falta de necesidad de puentes y vialidad importantes. La mayoría de la vialidad y puentes ha sido desarrollada y establecida antes de 1990. La disponibilidad de los datos requeridos para establecer la base de datos en SIG para la estimación de daños de cada línea vital e infraestructura es limitada como se muestra a continuación.

#### **3.2 Red de Caminos: MIINFRA y Gobiernos Locales**

La mayoría de las redes de caminos con puentes fueron desarrollados y establecidos por el gobierno central (MIINFRA) en 1990. La red principal de caminos de autopistas regionales, autopistas urbanas y caminos arteriales están siendo mantenidos por MIINFRA. El mantenimiento de las otras redes de caminos locales es responsabilidad del gobierno municipal.

##### **3.2.1. Datos de la Red Vial Disponibles en SIG**

Actualmente, la base de datos de la red vial no ha sido establecida por MIINFRA en formato digital y de SIG para el área metropolitana. Las agencias competentes de los gobiernos locales tampoco han

establecido la base de datos de la vialidad local. Sin embargo, el Estudio de Factibilidad del Desarrollo del Metro que fue presentado por la compañía Metro Caracas, estableció la base de datos en SIG en años recientes como se muestra en la Figura S8-3.2.1, la cual será útil para el estudio. Sin embargo en general, ese estudio no cubre las redes de vialidad local.

### **3. 2. 2. Condiciones Actuales de la Red Vial**

La longitud total de la red vial digitalizada del estudio mencionado anteriormente es de 77.727 Km. para los cinco municipios del área metropolitana y 56.845 Km. en el área de estudio como se muestra en la Tabla S8-3.2.1. La red vial digitalizada está compuesta de 184 Km. de autopistas (15% de la longitud total), 347 Km. de arterias viales (29%), 192 Km. de vías colectoras primarias (16%), 201 Km. de vías colectoras secundarias (17%), 194 Km. de vialidad local (16%), y 89 Km. de otra vialidad (7%).

La red de autopistas existente conforma la estructura de la red vial del área metropolitana con el concepto de Anillo y Radial. Sin embargo, parte del Anillo, el cual es un sistema de un solo anillo que rodea gran parte del área metropolitana de Caracas, todavía hace falta y no está desarrollado. Durante un desastre natural, la parte que falta del anillo no podrá funcionar como vía alterna a la vía principal. Los radiales están cumpliendo la función de enlaces regionales con los centros de las regiones adyacentes.

En las áreas de Barrios, las cuales fueron ilegalmente ocupadas y desarrolladas sin vialidad y líneas vitales apropiadas, existen vías angostas y accesos peatonales. Las áreas de barrios pueden ser categorizadas como áreas de alto riesgo para respuesta de emergencia y evacuación en caso de desastres, ya que fácilmente podrían quedar completamente aisladas.

La densidad vial estimada es de cerca de 1,7 Km./Km<sup>2</sup> y 0,4 m/persona en el área de estudio y 1,6 Km./Km<sup>2</sup> en el área metropolitana de Caracas. En el municipio Chacao, la red vial es densa y bien desarrollada con 4,1 Km./Km<sup>2</sup> y 1,1 m/persona, lo cual es una densidad comparativamente mayor que los otros 4 municipios.

### **3. 2. 3. Disponibilidad de Datos de Puentes Viales: Equipo de Estudio de JICA**

MINFRA no ha establecido todavía una base de datos digital de los puentes en las redes viales principales que se encuentran en el área de estudio. Los gobiernos municipales tampoco han establecido una base de datos de los puentes en la vialidad local. Debido a estas circunstancias, la base de datos digital necesaria para aplicar los métodos de estimación de daños no estaba disponible.

El Equipo de Estudio de JICA estableció la siguiente base de datos de los puentes en la vialidad principal para estimar daños aplicando el método de Katayama, mediante observación e inspección en

campo e interpretación de los planos existentes de los puentes en MINFRA. La base de datos desarrollada cubre 119 puentes importantes en autopistas que se listan en la Tabla S8-3.2.2 y se muestran en la Figura S8-3.2.2, con sus atributos de tipo de terreno, potencial de licuación

1. **Tipo de Terreno:** Las categorías son 0,5: duro; 1,0: medio; 1,5: blando; y 1,8: muy blando.
2. **Licuación:** Las categorías son 1,0: ninguna; 1,5: posible; y 2,0: probable.
3. **Tipo de Viga:** Las categorías son 1,0: rígida; 2,0 continua; y 3,0: simple.
4. **Tipo de Soporte:** Las categorías son 0,60: con dispositivo de conexión de viga; 1,00: fija/móvil; y 1,15: móvil/móvil.
5. **Altura Máxima del estribo y el Pilar:** Las categorías son 1,00: menos de 5 m; 1,35: 5 a 9.9 m; y 1,70: más de 10 m de altura.
6. **Número de Tramos:** las categorías son 1,00: un solo tramo y 1,75: dos o más tramos.
7. **Fundaciones:** Las categorías son 1,4: pila doblada y 1,0: otros.
8. **Materiales del Estribo y Pilar:** Las categorías son 1,4 ladrillos y 1,0 otros.

### **3.3 Red del Metro: Compañía del Metro**

Un sistema de transporte público masivo en un medio indispensable para mitigar y evitar pérdidas socioeconómicas en mega ciudades. Se han desarrollado tres líneas del metro en el área metropolitana con una longitud total de 44.3 Km.

La información general de las tres líneas del metro se muestra en la Tabla S8-3.3.1 y su ubicación y secciones de túnel tipo corte abierto y tipo cajón se muestran en la Figura S8-3.3.1.

### **3.4 Red de Suministro de Agua: Hidrocapital e IMAS**

#### **3.4.1. Disponibilidad de Datos sobre la Red de Suministro de Agua**

La mayoría de las redes de acueductos existentes en el área de estudio ha sido digitalizada bajo el sistema de AutoCAD por las agencias competentes, las cuales son Hidrocapital que cubre la mayoría del área de estudio y el IMAS que cubre la parte este del municipio Sucre. La red digitalizada que se obtuvo de Hidrocapital todavía está en la etapa de establecimiento y contiene los datos de atributo de tamaño de tubería pero sin el tipo de material de la tubería, el cual se necesita para estimar los daños. Los datos de la red del IMAS también carecen de los datos del tipo de material y le falta cubrir de 20 a 25% del área de servicio del IMAS en la parte este del municipio Sucre.

### **3. 4. 2. Condiciones Actuales del Sistema de Suministro de Agua.**

El desarrollo de los recursos de agua, su transmisión y distribución para la mayoría del área metropolitana es manejado y mantenido por la compañía Hidrocapital, a la cual se planea privatizar en el futuro cercano. La distribución de agua en la parte este del municipio Sucre está siendo desarrollada y gestionada por el IMAS, la cual es una organización de la alcaldía del municipio Sucre.

La longitud total de las redes de acueductos digitalizadas que se obtuvieron de Hidrocapital y el IMAS es de cerca de 1.984 Km. en el área metropolitana y 1.383 Km. en el área de estudio como se resume en la Tabla S8-3.4.1 y se observa en el mapa de la Figura S8-3.4.1. Las redes de transmisión y de troncales de suministro con diámetros de tubería mayores a 1.000 mm tienen 81 Km. en el área metropolitana y 73 Km. en el área de estudio, lo cual es de 4 a 5% de la longitud total de tubería. Las redes principales de suministro de la ciudad con diámetros de tubería entre 500 y 900 mm tienen cerca de 185 Km. en el área metropolitana y 148 Km. en el área de estudio, lo que representa de 9 al 11% de la longitud total. Las redes de distribución con diámetros de tubería menores de 450 mm tienen aproximadamente 1.718 Km. en el área metropolitana y 1.162 Km. en el área de estudio lo que equivale a un 84 al 87% de la longitud total de las tuberías.

Las redes de suministro de agua nuevas y las expansiones de las existentes utilizan tuberías de hierro fundido dúctil, las cuales son consideradas como tuberías sismorresistentes. Las tuberías de las redes viejas de acueductos han estado siendo reemplazadas por tuberías de hierro fundido dúctil. Debido a esto, la red de acueductos del área metropolitana de Caracas está compuesta principalmente de tuberías dúctiles sismorresistentes.

La red de acueductos existentes está densamente ubicada en el municipio Chacao el cual tiene 2 m de longitud de tubería por persona y 74 m por hectárea. En cambio, el municipio Libertador tiene 0,6 m por persona y 30 m por hectárea y Sucre tiene solo 0,2 m por persona y 6 m por hectárea, las cuales son densidades muy bajas. En las áreas de barrios, el sistema de suministro público de agua está desarrollado limitadamente, pues sólo se han instalado tuberías principales en vías de acceso angostas por Hidrocapital o el IMAS. Las familias y comunidades locales colocan tomas a estas tuberías principales sin hacer pago alguno por el consumo de agua. Esas auto-tomas privadas no están digitalizadas y no se toman en cuenta en los datos anteriores.

### **3. 5 Base de Datos de Red de Aguas Servidas: Hidrocapital**

Hidrocapital es responsable del manejo de aguas servidas en el área metropolitana. Si embargo no existe un sistema establecido de disposición de aguas servidas. Actualmente, las aguas de desperdicio domésticas se descarga directamente a quebradas a través de tuberías de drenaje. Estas tuberías de drenajes no están digitalizadas y compiladas en una base de datos para la estimación de

daños en el área de estudio. Debido a estas circunstancias se decidió no tomar en cuenta el desarrollo de la base de datos y la estimación de daños a la red de aguas servidas en este estudio.

### **3.6 Suministro de Gas Natural: PDVSA Gas**

PDVSA Gas es responsable de la transmisión de gas natural a alta presión, a presión media de redes troncales y de la distribución a los subscriptores en el área metropolitana. Basado en las reuniones con PDVSA Gas, la base de datos de los gasoductos ha sido establecida en SIG para mantenimiento y seguridad, Sin embargo la base de datos establecida en SIG es considerada confidencial, y no fue entregada al equipo de estudio de JICA por razones de seguridad. Debido a esto, sólo está disponible un esquemático en papel de las redes de gasoductos de transmisión a alta presión y los gasoductos troncales de media presión, lo cual no es suficiente para estimar daños en este estudio. Debido a estas circunstancias se decidió no tomar en cuenta el desarrollo de la base de datos y la estimación de daños a la red de gasoductos en este estudio.

### **3.7 Suministro de Energía Eléctrica: Electricidad de Caracas**

La Electricidad de Caracas es responsable del suministro de energía eléctrica en el área metropolitana. Basado en las reuniones con la Electricidad de Caracas, la base de datos de la red de cableado eléctrico ha sido establecida en SIG para mantenimiento y seguridad. Sin embargo la base de datos establecida en SIG es considerada confidencial, y no fue entregada al equipo de estudio de JICA por razones de seguridad. Debido a estas circunstancias se decidió no tomar en cuenta el desarrollo de la base de datos y la estimación de daños a la red de suministro de energía eléctrica en este estudio.

### **3.8 Telecomunicaciones: CANTV**

#### **3.8.1. Condiciones Existentes del Sistema de Telecomunicaciones**

El sistema de telecomunicaciones en Venezuela fue privatizado y ha sido desarrollado rápidamente. El sistema de telecomunicaciones en el área metropolitana está cubierto por la red fija por cables de CANTV y las redes de telefonía móvil de CANTV (Movilnet), TELCEL, y DIGITEL. Sin embargo, las redes principales de telecomunicaciones fijas y móviles dependen de la red de fibra óptica de CANTV.

Las redes existentes de cableado de telecomunicaciones están compuestas de 4 tipos de secciones aéreas, enterradas, y de cajón para cables. De un 26 a un 32% de la red total es de cableado aéreo, el cual se considera débil contra terremotos ya que puede ocasionar daños secundarios como corto circuitos y daños al cableado por la caída de postes.



La longitud total de la red de telecomunicaciones fija es de 7.128 Km. en los cinco municipios del área metropolitana y de 5.423 Km. en el área de estudio como se muestra en la Tabla S8-3.8.1. La red de cableado existente está desarrollada densamente en el municipio Chacao con 6,9 m por persona y 260 m por hectárea. En el municipio Libertador la longitud del cableado es 2m por persona y 110m por hectárea y en el Sucre 1,3m por persona y 46m por hectárea. Estas densidades más bajas se deben a la falta de servicio de telefonía fija en las áreas de barrio de estos dos municipios.

### **3. 8. 2. Disponibilidad de Datos de Telecomunicaciones**

La red existente de telecomunicaciones en el área metropolitana no ha sido digitalizada todavía pero las longitudes de los cables por tipo han sido registradas y tabuladas por zona de servicio por CANTV. Con el propósito de establecer la base de datos en SIG, los datos obtenidos de longitud de cableado por zona de servicio han sido redistribuidos basado en la proporción de longitud de vialidad y en la proporción de unidades habitacionales en las micro-zonas o celdas del mallado dentro de la zona de servicio. La longitud de cable redistribuida en cada micro zona o celda del mallado se establece como datos de entrada mínimos para la estimación de daños.

### **3. 9 Instalaciones Peligrosas: División de Material Peligroso**

#### **3. 9. 1. Condiciones Existentes de Instalaciones Peligrosas**

Basándose en las reuniones con la División de Materiales Peligrosos del Cuerpo de Bomberos, se conoció que la mayoría de las instalaciones peligrosas en el área metropolitana han sido reubicadas, por políticas gubernamentales, hacia las zonas industriales del oriente y occidente de Venezuela para evitar grandes riesgos en el área metropolitana. Por otro lado, el sistema de registro y monitoreo de materiales peligrosos en el área metropolitana no ha sido establecido todavía. Las instalaciones peligrosas del sector privado identificadas y verificadas por el Cuerpo de Bomberos son las siguientes:

- 1 Almacenaje privado de pequeña escala y estación de llenado de gas a alta presión: más peligrosas,
- 2 Industrias químicas de pequeña escala: más peligrosas,
- 3 Estaciones de Gasolina: bien estandarizadas para resistir sismos,
- 4 Almacenaje público de gas a alta presión, y
- 5 Almacenaje público de gasolina.

### 3. 9. 2. Disponibilidad de Datos de Instalaciones Peligrosas

Parte de la base de datos requerida sobre las instalaciones peligrosas, la cual cubre las estaciones de gasolina, fue suministrada por la División de Materiales Peligrosos del Cuerpo de Bomberos. Sin embargo, los datos de otras instalaciones pertenecen al Ministerio de Energía y otros datos no están disponibles.

Los datos obtenidos de 62 estaciones de gasolina se muestran en el mapa de la Figura S8-3.9.1.

**Tabla S8-3.2.1 Longitud Vial Digitalizada por Municipio y Categoría en el Área Metropolitana de Caracas**

Municipio	Libertador		Chacao		Sucre		Área de Estudio		Baruta		El Hatillo		Longitud Total	
	(Km.)	(%)	(Km.)	(%)	(Km.)	(%)	(Km.)	(%)	(Km.)	(%)	(Km.)	(%)	(Km.)	(%)
Autopista	113	17%	0	0%	53	22%	166	17%	18	10%	0	0%	184	15%
Arteria Vial	163	25%	30	39%	91	37%	285	30%	54	28%	8	16%	347	29%
Vía Principal	99	15%	12	15%	16	6%	126	13%	47	25%	18	35%	192	16%
Vía Secundaria	113	18%	21	28%	25	10%	160	17%	37	19%	5	9%	201	17%
Vía Local	84	13%	14	18%	41	17%	140	14%	33	17%	21	40%	194	16%
Otros	71	11%	-		17	7%	88	9%	2	1%	-		89	7%
Longitud Total	644	100%	78	100%	242	100%	963	100%	191	100%	52	100%	1,206	100%
Área (ha)	37,704		1,885		17,256		56,845		8,371		12,565		7,7727	
Densidad Vial (Km./Km <sup>2</sup> )	1.7		4.1		1.4		1.7		2.3		0.4		1.6	
Población (1000 hab.)	2,036		71		601		2,709							
Densidad Vial (m/hab.)	0.3		1.1		0.4		0.4							

Fuente: Estudio de Factibilidad de Desarrollo del Metro

**Tabla S8-3.2.2 Base de Datos del Puente para la Estimación de Daños usando el Método de Katayama**

N° de Código.	1.Tipo de Terreno	2.Liquefacción	3.Tipo de Viga	4.Tipo de Soporte	5. Máx. Altura de Estribo./Pilar	6.Número de tramos	7. Asiento Min. Del Puente	8.Fundaciones	9.Materiales del Estribo y Pilar	N° de Código.	1.Tipo de Terreno	2.Liquefacción	3.Tipo de Viga	4.Tipo de Soporte	5. Máx. Altura de Estribo./Pilar	6.Número de tramos	7. Asiento Min. Del Puente	8.Fundaciones	9.Materiales del Estribo y Pilar
1	1.0	1.0	3.0	1.00	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	61	1.5	1.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0
2	1.0	1.0	3.0	1.00	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	62	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
3	1.0	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	63	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
4	1.0	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	64	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
5	1.0	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	65	1.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
6	1.0	1.0	2.0	1.00	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	66	1.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
7										67	1.5	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
8										68	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
9	0.5	1.0	2.0	1.00	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	69	1.8	1.0	2.0	1.00	1.70	1.75	0.8	1.0	1.0
10	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	70	1.8	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
11	1.0	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	71	1.8	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
12										72	1.8	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
13										73	1.5	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
14	1.0	1.0	1.0	1.00	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0	74	0.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
15	1.0	2.0	2.0	1.00	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	75	1.5	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
16	1.8	1.0	3.0	0.60	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	76	1.5	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
17	1.8	1.0	3.0	0.60	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	77	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
18	1.0	1.0	3.0	0.60	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	78	1.8	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
19	1.0	1.0	3.0	1.00	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	79	1.8	1.0	2.0	1.00	1.00	1.75	0.8	1.0	1.0
20	0.5	1.0	2.0	1.00	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0	80	1.5	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
21	0.5	1.0	3.0	0.60	1.00	1.75	0.8	1.0	1.0	81	1.5	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
22	0.5	1.0	3.0	1.00	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0	82	1.5	2.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
23	0.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0	83	1.5	2.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
24	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	84	1.0	1.0	2.0	1.00	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
25	1.0	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	85	1.5	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	0.8	1.0	1.0
26	1.5	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0	86	1.0	2.00	3.0	1.00	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0
27	0.5	1.0	3.0	0.60	1.00	1.00	1.2	1.0	1.0	87	1.0	2.00	3.0	1.00	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
28	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	88	1.0	2.00	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
29	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.00	1.2	1.0	1.0	89	1.0	2.00	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
30	0.5	1.0	1.0	0.60	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0	90	1.0	2.00	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
31	0.5	1.0	1.0	0.60	1.35	1.00	0.8	1.0	1.0	91	1.0	1.50	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
32	0.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0	92	1.0	2.00	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
33	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	93	1.0	2.00	3.0	1.15	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0
34	1.0	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	94	1.0	2.00	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
35	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	95	1.0	2.00	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
36	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	96	1.0	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
37	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	97	1.0	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0
38	0.5	1.0	3.0	1.00	1.00	1.00	1.2	1.0	1.0	98	1.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
39	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	99	1.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
40	0.5	1.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0	100	0.5	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
41	0.5	1.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0	101	1.0	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
42	1.0	1.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0	102	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
43	1.0	1.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.2	1.0	1.0	103	0.5	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0

44	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	104	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
45	1.0	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	105	1.0	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
46	1.0	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	106	0.5	1.0	2.0	0.60	1.00	1.75	0.8	1.0	1.0
47	1.0	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	107	0.5	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
48	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.00	1.2	1.0	1.0	108	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
49	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.00	1.2	1.0	1.0	109	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
50	1.0	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	110	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
51	1.0	1.0	1.0	0.6	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	111	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
52	1.0	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	112	1.0	1.0	2.0	1.15	1.00	1.75	0.8	1.0	1.0
53	1.0	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0	113	0.5	1.0	1.0	1.15	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
54	1.0	1.0	1.0	0.6	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	114	0.5	1.0	2.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
55	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.00	1.2	1.0	1.0	115	0.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
56	0.5	1.0	1.0	0.6	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	116	0.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.2	1.0	1.0
57	0.5	1.0	3.0	0.6	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	117	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
58	0.5	1.0	3.0	0.6	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	118	0.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.2	1.0	1.0
59	0.5	1.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0	119	0.5	2.0	1.0	0.60	1.00	1.00	0.8	1.0	1.0
60	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	0.8	1.0	1.0										

Fuente: Equipo de Estudio de JICA 2003

**Tabla S8-3.3.1 Lista de las Líneas del Metro en el Área Metropolitana de Caracas**

Nombre de la Línea	Longitud Total (Km.)	Año Completado	Número de Estaciones	Longitud de la Sección del Túnel (Km.)				
				Tipo Escudo	Tipo Túnel de Montaña	Tipo Corte Abierto	Otros	Estación
Línea 1: Propatria-Palo Verde	20.6	1983	22	N/A.	N/A.	N/A.	N/A.	N/A.
Línea 2:Silencio-Zoológico /Las Adjuntas	18.4	1987	13	1.6	1.7	4.5	8.4	2.2
Línea 3:Plaza Venezuela-El Valle	5.3	1994	5	2.2	1.0	1.2	0	0.9
Total	44.3		40	3.8	2.7	5.7	8.40	3.1

Fuente: Compañía del Metro

**Tabla S8-3.4.1 Lista de Acueductos Digitalizados en el Área Metropolitana de Caracas**

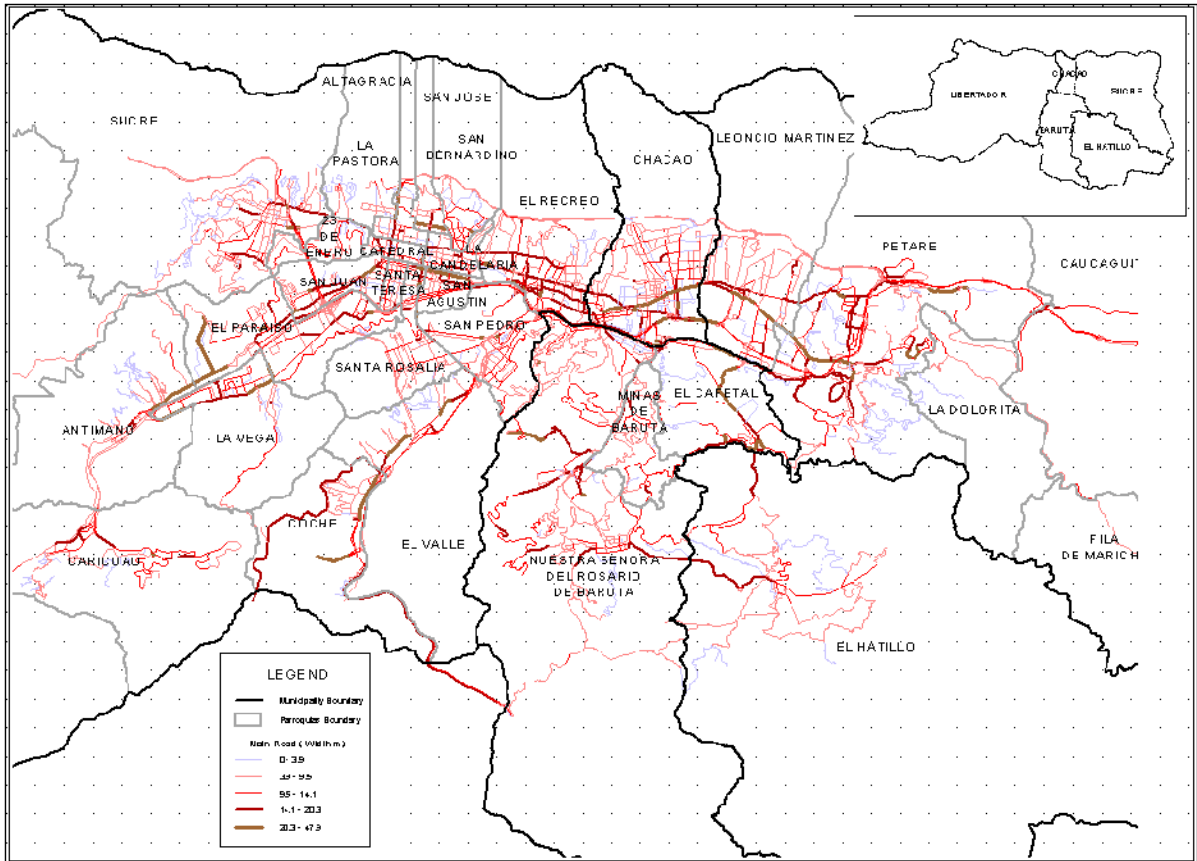
Municipio	Longitud de Tubería por Tamaño (Km.)						Población		Área		Densidad de Tubería	
	<75mm	100-450mm	500-900mm	>1000mm	Total	(%)	"(1000)	(%)	(ha)	(%)	(m/p)	(m/ha)
Libertador	151	810	121	67	1,149	58	2,036	75	37,704	49	0.6	30
Chacao	24	93	16	6	139	7	71	3	1,885	2	2.0	74
Sucre	6	79	11	0	95	5	601	22	17,256	22	0.2	6
Baruta	31	381	32	8	452	23			8,317	11		54
El Hatillo	3	140	6	0	149	8			12,565	16		12
Total del Área de Estudio	180	982	148	73	1,383	70	2,709	100	56,845	73	0.7	24
Porcentaje (%)	13.0	71.0	10.7	5.2	100.0							
Total	215	1,503	185	81	1,984	100			77,727	100		35
Porcentaje (%)	10.8	75.8	9.3	4.1	100.0							

Fuente: Datos en AutoCAD obtenidos de Hidrocapital y el IMAS 2003

**Tabla 3.8.1 Cableado de la Red de Telecomunicación en el Área Metropolitana de Caracas**

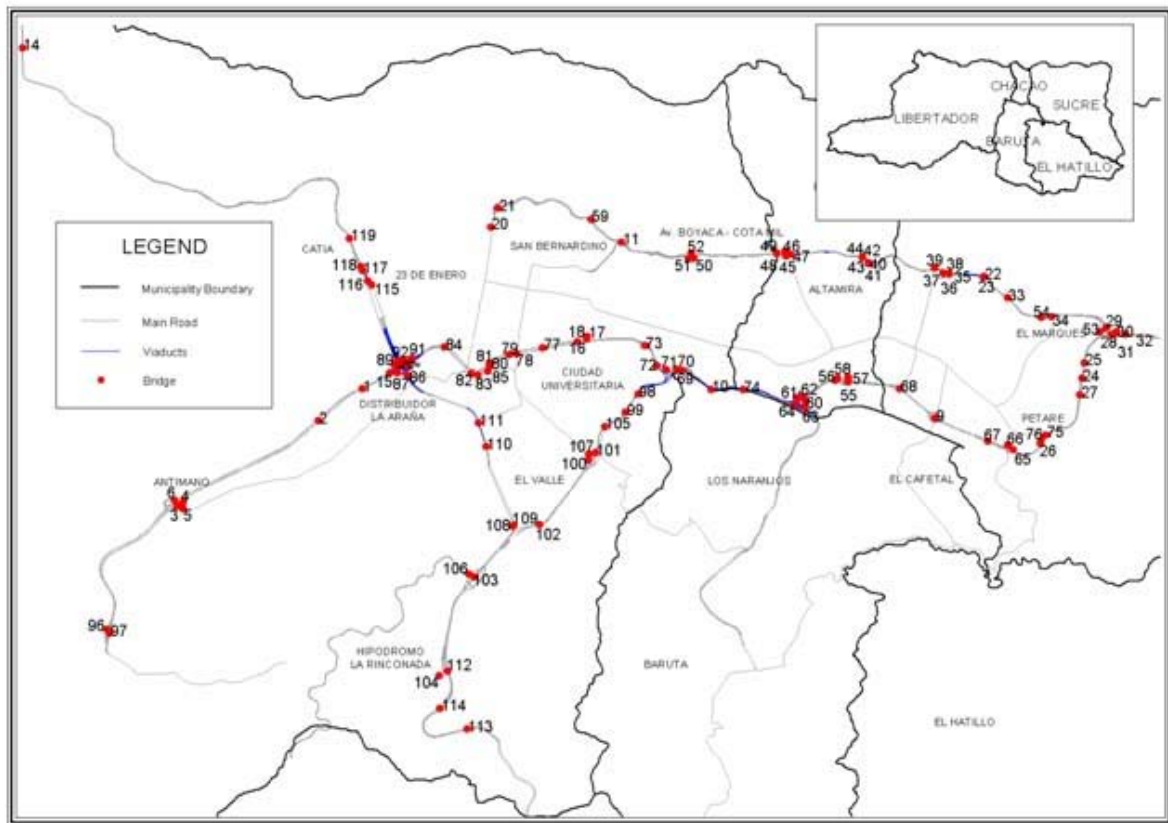
Municipio	Longitud de la Red (km)						Población		Área		Densidad de la Red	
	Subterráneo	Enterrado	Cable Box	Aéreo	Total	(%)	"(1000)	(%)	(ha)	(%)	(m/p)	(m/ha)
Libertador	1.844	0	676	1.614	4.134	58	2.036	75	37.704	49	2,0	110
Chacao	320	0	160	10	490	7	71	3	1.885	2	6,9	260
Sucre	537	0	186	75	799	11	601	22	17.256	22	1,3	46
Baruta	854	1	297	73	1.224	17			8.317	11		147
El Hatillo	268	0	115	98	480	7			12.565	16		38
Total Área de Estudio	2.701	0	1.022	1.699	5.423	76	2.709	100	56.845	73	2.6	95
Porcentaje: (%)	49,8	0,0	18,9	31,3	100,0							
G. Total	3.823	1	1.434	1.871	7.128	100			77.727	100		125
Porcentaje: (%)	53,6	0,0	20,1	26,2	100,0							

Fuente: Tabla de red de cableado existente por zona y tipo de servicio obtenida de CANTV 2003



Fuente: Estudio de Factibilidad de Desarrollo de la Red del Metro.

**Figura S8-3.2.1 Red Vial Digitalizada del Área Metropolitana de Caracas**

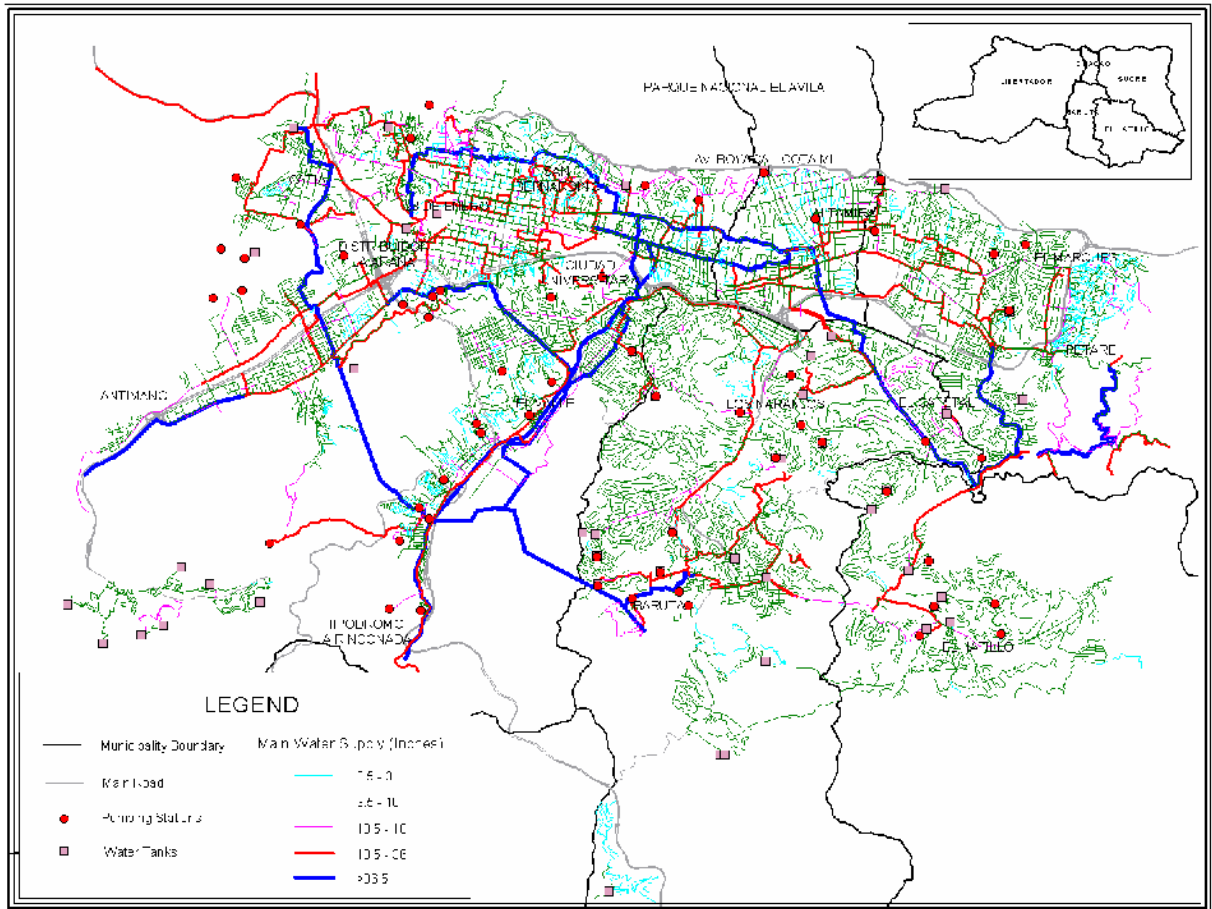


Fuente: Inspección de campo, Equipo de Estudio de JICA

**Figura S8-3.2.2 Mapa de Ubicación de los Puentes y Viaductos Importantes Listados**

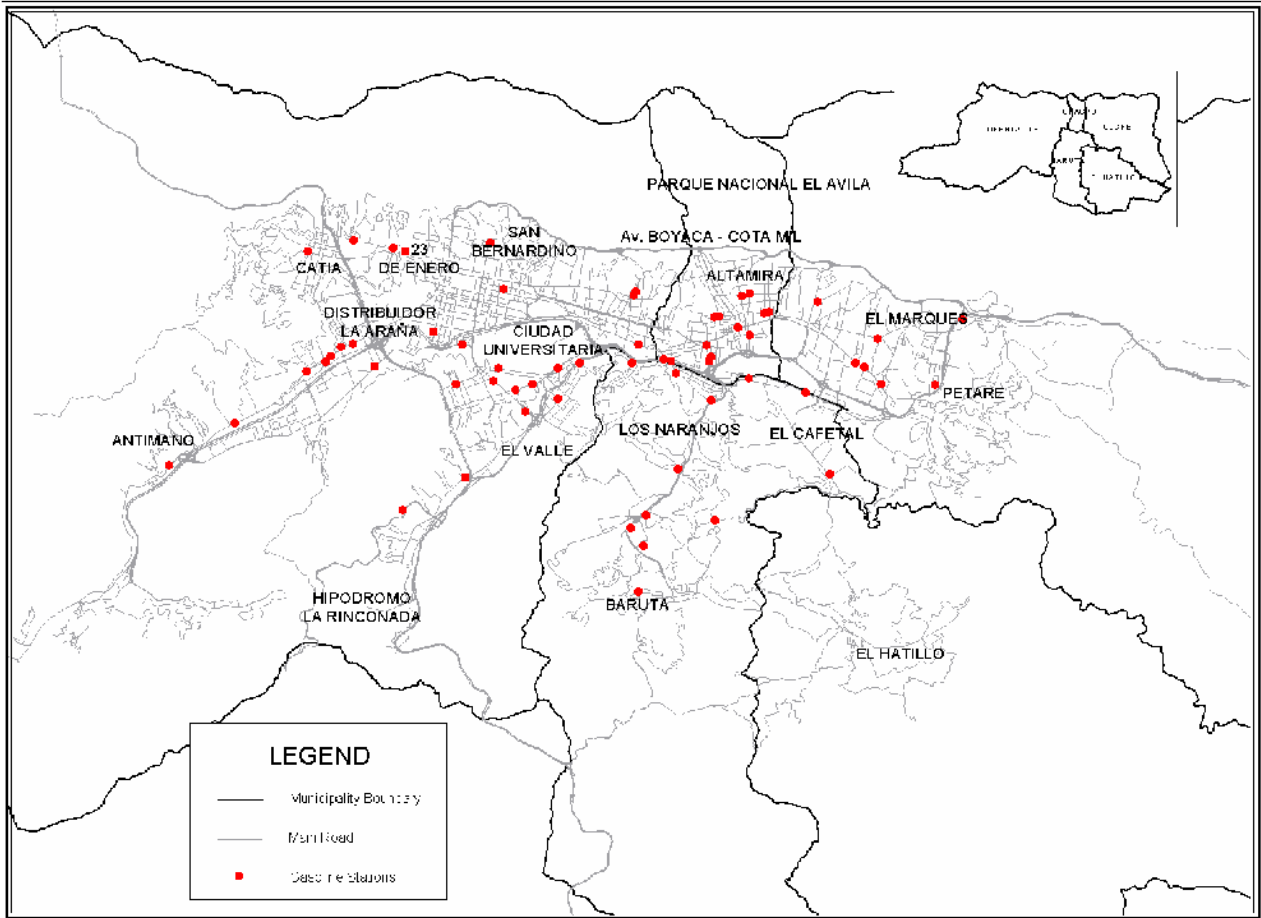






Fuente: Datos en AutoCAD obtenidos de Hidrocapital y el IMAS 2003

**Figura S8-3.4.1 Red de Acueductos en el Área Metropolitana de Caracas**



Fuente: División de Materiales Peligrosos del Cuerpo de Bomberos

**Figura S8-3.9.1 Mapa de Ubicación de Estaciones de Gasolina en el Área Metropolitana**

## **CAPÍTULO 4. RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS EN SIG**

### **4.1 Red Vial con Puentes**

Se propone el establecimiento de una base de datos de la red vial en SIG no sólo para evaluar la vulnerabilidad contra desastres urbanos y formulación y gestión de una red vial de emergencia, sino también para la gestión diaria del tráfico.

### **4.2 Red de Suministro de Agua**

Se propone establecer una base de datos de la red de suministro de agua con los datos de los materiales no solo para la estimación de daños, sino también para la formulación de los planes de emergencia y trabajos ordinarios de mantenimiento.

### **4.3 Red de Suministro de Gas Natural**

Los riesgos de los gasoductos durante un terremoto no están limitados a daños a las tuberías y mal funcionamiento del servicio, sino también incluyen daños secundarios como los causados por la explosión debido a fugas de gas en la línea. Se propone utilizar la base de datos en SIG para estimar los daños durante terremotos y la formulación y operación de las actividades de emergencia.

### **4.4 Red de Suministro de Energía Eléctrica**

Los riesgos del cableado eléctrico durante un terremoto no están limitados a daños a las tuberías y mal funcionamiento del servicio, sino también incluyen daños secundarios causados por incendios de los puntos dañados. Se propone establecer una base de datos en SIG de la red de cableado eléctrico para estimar daños durante terremoto y la formulación y operación de las actividades de emergencia.

### **4.5 Red de Telecomunicaciones**

Se propones establecer una base de datos en SIG de la red telecomunicaciones no sólo para la estimación de daños causados por terremotos y para la formulación de los planes de emergencia, sino también para la gestión diaria de transmisión de datos y trabajos de mantenimiento.

### **4.6 Materiales y Substancias Tóxicas y Peligrosas**

Las estructuras débiles e inapropiadas que contienen materiales y productos peligrosos en el área urbanizada sufrirán daños y generarán incendios, explosiones, y diseminarán gases tóxicos al ocurrir un terremoto. Estos daños secundarios también generarán graves pérdidas humanas, pero no se podrán manejar y responder de con las fuerzas ordinarias de emergencia bajo condiciones de desastre.

Con el propósito de mitigar y evitar estos daños secundarios, se propone establecer un sistema apropiado de control y monitoreo de instalaciones peligrosas en el área metropolitana.

**S9**

**PREVENCION DE DAÑOS DE LINEAS  
VITALES/INFRAESTRUCTURA**

*"Porque la prevención de desastres es parte de tu vida"*

*Antonio Aguilar M.*

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

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S9

PREVENCION DE DAÑOS A LINEAS VITALES E INFRAESTRUCTURA

**CONTENIDO**

CAPITULO 1. INTRODUCCION

1.1	General -----	S9-1
1.2	Información Recopilada sobre Infraestructura y Líneas Vitales -----	S9-1
1.3	Escenarios de Terremoto -----	S9-1

CAPITULO 2. METODO DE ESTIMACION DE DAÑOS

2.1	Puentes -----	S9-2
	2. 1. 1. Suposiciones -----	S9-2
	2. 1. 2. Procedimientos-----	S9-2
	2. 1. 3. Método de Estimación de Daños -----	S9-2
2.2	Viaductos (Autopistas Elevadas)-----	S9-3
2.3	Metro -----	S9-3
2.4	Acueductos-----	S9-3
	2. 4. 1. Suposiciones -----	S9-3
	2. 4. 2. Método de Estimación de Daños -----	S9-4
2.5	Gasoductos -----	S9-5
	2. 5. 1. Suposiciones -----	S9-5
	2. 5. 2. Métodos de Estimación de Daños -----	S9-5
2.6	Suministro de Energía Eléctrica-----	S9-5
	2. 6. 1. Suposiciones -----	S9-6
	2. 6. 2. Método de Estimación de Daños -----	S9-6
2.7	Cable de Telecomunicaciones -----	S9-6
2.8	Instalaciones de Alto Riesgo-----	S9-6

### CAPITULO 3. RESULTADOS DE LA ESTIMACION DE DAÑOS

3.1	General	S9-15
3.2	Puentes	S9-15
3.3	Viaductos (Autopistas Elevadas)	S9-16
3.4	Metro	S9-16
3.5	Acueductos	S9-17
3.6	Telecomunicaciones	S9-17
3.7	Instalaciones de Alto Riesgo (Estaciones de Gasolina)	S9-18

### CAPITULO 4. MEDIDAS PARA EL REFUERZO DE PUENTES

4.1	General	S9-31
4.2	Puentes	S9-31
4.2.1	Medidas para la Prevención de la Caída de Puentes.	S9-31
4.2.2	Fortalecimiento del Pilar	S9-32

### CAPITULO 5. RECOMENDACIONES

5.1	General	S9-35
5.2	Puentes y Viaductos (Autopistas Elevadas)	S9-35
5.3	Metro	S9-36
5.4	Túneles Viales	S9-36
5.5	Medidas para las Líneas Vitales	S9-37
5.6	Materiales Peligrosos	S9-38
5.7	Caminos Alternos	S9-38

### CAPITULO 6. ESTIMACION DE COSTOS

6.1	General	S9-39
6.2	Estimado de Costos	S9-39

### CAPITULO 7. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION

7.1	General	S9-40
7.2	Cronograma	S9-40

### CAPITULO 8. EVALUACION DEL PROYECTO



8.1	General -----	S9-41
8.2	Proyecto Prioritario -----	S9-41
8.3	Evaluación Costo Beneficio -----	S9-42

**LISTA DE TABLAS**

Tabla S9-1.3.1	Escenarios de Terremoto y sus Parámetros -----	S9-1
Tabla S9-2.1.1	Evaluación de Estabilidad de Puentes -----	S9-7
Tabla S9-2.1.2	Factor de Evaluación de Daño Sísmico -----	S9-7
Tabla S9-2.2.1	Daño Sísmico de Viaductos en Autopistas-----	S9-8
Tabla S9-2.2.2	Daño Sísmico a Puentes (Vías Ordinarias) -----	S9-8
Tabla S9-2.3.1	Daño Sísmico a la Estructura del Metro en el Desastre de Hanshin/Awaji -----	S9-8
Tabla S9-2.4.1	Factores de Corrección para $C_2$ y $C_3$ -----	S9-9
Tabla S9-2.4.2	Factor de Corrección por Licuación ( $C_1$ )-----	S9-9
Tabla S9-2.5.1	Factor de Corrección por Licuación ( $C_1$ )-----	S9-9
Tabla S9-2.5.2	Factor de Corrección por Material de Tubería ( $C_2$ )-----	S9-10
Tabla S9-2.6.1	Relación de Daño para Postes Eléctricos-----	S9-10
Tabla S9-2.6.2	Relación de Daño para Líneas Eléctricas -----	S9-10
Tabla S9-2.6.3	Factor de Corrección por Licuación -----	S9-10
Tabla S9-2.8.1	Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo, Tipo de Daño y Relación de Daño del Área Metropolitana de Tokio.-----	S9-11
Tabla S9-3.2.1	Lista de Puentes con Estimado de Riesgo A y B-----	S9-19
Tabla S9-3.2.2	Estimación de Daños a Puentes en el Escenario del Terremoto de 1967 -----	S9-20
Tabla S9-3.2.3	Estimación de Daños a Puentes en el Escenario del Terremoto de 1812 -----	S9-21
Tabla S9-3.2.4	Resultados de la Estimación de Daños a Puentes -----	S9-19
Tabla S9-3.3.1	IMM del Viaducto y Estimación del Daño basado en Datos del Desastre Hanshin/Awaji-----	S9-22
Tabla S9-3.4.1	Información Básica del Metro -----	S9-23
Tabla S9-3.6.1	Longitud Estimada de Daños de Cables de Telecomunicaciones por Área -----	S9-23
Tabla S9-3.7.1	Máx. PGA y Área de las Estaciones de Gasolina. -----	S9-24
Tabla S9-4.2.1	Ejemplos Típicos de Sistemas contra el Desasentado -----	S9-33
Tabla S9-5.4.1	Lista de Túneles Viales en Caracas -----	S9-38
Tabla S9-6.2.1	Nombre del Proyecto y Estimado de Costos-----	S9-39
Tabla S9-7.2.1	Cronograma de Implementación -----	S9-40

**LISTA DE FIGURAS**

Figura S9-2.1.1	Procedimiento para la Evaluación de Daño Sísmico -----	S9-12
Figura S9-2.3.1	Túnel Tipo Cortar y Cubrir -----	S9-12
Figura S9-2.4.1	Sistema de Abastecimiento de Agua-----	S9-12
Figura S9-2.4.2	Diagrama de Flujo de la Estimación de Daños a Acueductos -----	S9-13
Figura S9-2.4.3	Relación de Daño Estándar -----	S9-13
Figura S9-2.5.1	Red de Gasoductos -----	S9-13
Figura S9-2.5.2	Relación de Daño Estándar para Gasoductos-----	S9-14
Figura S9-2.6.1	Red de Suministro de Energía Eléctrica-----	S9-14
Figura S9-3.2.1	Ubicación de Puentes -----	S9-25
Figura S9-3.3.1	Ubicación de Viaductos -----	S9-26
Figura S9-3.4.1	Ubicación del Metro -----	S9-27
Figura S9-3.5.1	Acueductos -----	S9-28
Figura S9-3.7.1	Ubicación de Estaciones de Gasolina-----	S9-29
Figura S9-3.7.2	PGA y No. de Estaciones de Gasolina-----	S9-30
Figure S9-3.7.3	PGA y No. de Estaciones de Gasolina-----	S9-30
Figure S9-4.2.1	Ejemplo de Soporte de Concreto contra el Desasentado -----	S9-34
Figura S9-4.2.2	Ejemplo de Reforzamiento de Pilar. -----	S9-34

## S-9 PREVENCIÓN DE DAÑOS A LÍNEAS VITALES E INFRAESTRUCTURA

### CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 General

El área de estudio, la cual cubre los municipios Libertador, Chacao y Sucre del Distrito Metropolitano de Caracas, está localizada en un valle aislado tierra adentro donde las actividades sociales y económicas se apoyan en una amplia red vial y líneas vitales como autopistas, viaductos (autopistas elevadas), red de suministro de agua, red de suministro de gas, red de energía eléctrica, sistema de telecomunicaciones, etc. La población en el área de estudio era de 2,7 millones en el año 2001.

Si ocurriese un terremoto desastroso cerca del área de estudio, estas redes viales y líneas vitales pueden sufrir daños severos y provocar problemas físicos de funcionamiento en las actividades de la ciudad. Para asegurar y mantener las funciones ciudadinas del Distrito Metropolitano de Caracas, es indispensable fortalecer la infraestructura y las líneas vitales vulnerables a los terremotos.

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

#### 1.2 Información Recopilada sobre la Infraestructura y las Líneas Vitales

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

#### 1.3 Escenarios de Terremoto

Se adoptaron los escenarios de terremoto correspondientes a los terremotos de 1967 y 1812 para estimar los daños sísmicos. Los detalles de cada escenario se muestran en la Tabla S9-1.3.1.

**Tabla S9-1.3.1 Escenarios de Terremoto y sus Parámetros**

Escenario	Mw	Profundidad Sismogénica	Largo de la Falla	Mecanismo	Sistema de Fallas
1967	6,6	5 Km.	42 Km.	Transcurrente	San Sebastián
1812	7,1	5 Km.	105 Km.	Transcurrente	San Sebastián

## **CAPÍTULO 2. MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE DAÑOS**

### **2.1 Puentes**

#### **2.1.1. Suposiciones**

Se adoptó un método estadístico basado en experiencias del Japón, debido a que no hay registro de información sobre el colapso de puentes en Venezuela. Se utilizó el “procedimiento de evaluación de punto” o sea la teoría multidimensional. El resultado del “procedimiento de evaluación de punto” describe la cantidad de daño a puentes que puede ser esperado durante un terremoto. Si se estima que algunos puentes colapsarían, se debe realizar un análisis sísmico detallado tan preciso como el diseño original y se deben tomar medidas para evitar daños severos producidos por terremotos.

#### **2.1.2. Procedimientos**

Las autopistas en el Área Metropolitana de Caracas conectan las áreas Este - Oeste y Norte – Sur. El Equipo de Estudio de JICA llevó a cabo una inspección de campo de los puentes localizados a lo largo de las autopistas.

Los puentes son evaluados en términos de daños sísmicos de acuerdo con el escenario de terremoto. El flujo del estudio se muestra en la Figura S9-2.1.1

#### **2.1.3. Método de Estimación de Daños**

El criterio para la evaluación de daños sísmicos a puentes está basado en el método propuesto por Tsuneo Katayana, el cual ha sido adoptado por el Consejo de Prevención de Desastres del Área Metropolitana de Tokio (1978), y es utilizado ampliamente en Japón para propósitos prácticos. Este método solo evalúa el colapso de puentes debido a la caída de la superestructura, pero no debido a los daños (daños severos, daños leves, etc.) de todos los miembros estructurales.

Los siguientes aspectos son tomados en cuenta para la evaluación:

- Tipo de terreno, licuación, tipo de viga, número de tramos
- Tipo de soporte, ancho mínimo del asiento del puente
- Altura máxima del pilar y del estribo
- Tipo de fundación, material del estribo y del pilar

Aceleración máxima del terreno (Escala de intensidad del terremoto)

El daño sísmico estimado es expresado como una puntuación total. La evaluación de la estabilidad del puente se define como se muestra en la Tabla S9-2.1.1 y la puntuación de cada aspecto se muestra en la Tabla S9-2.1.2.

## **2.2 Viaductos (Autopistas Elevadas)**

De acuerdo con el desastre de Hanshin/Awaji (M7,2; 1995), pocos puentes que cruzan sobre ríos y vías sufrieron colapsos, pero muchos viaductos en autopistas como los del tipo multitramo sí colapsaron. Las tasas de colapso y daños en el desastre de Hanshin/Awaji se muestran en la Tabla S9-2.2.1 y la Tabla S9-2.2.2.

El Concejo de Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Tokio analizó los datos del desastre de Hanshin/Awaji que se muestran en la Tabla S9-2.2.1 y adoptó la relación de daño por Km. en la tabla para estimar daños sísmicos de viaductos multitramos (1997).

Existen algunos viaductos multitramos en las autopistas del Área Metropolitana de Caracas. El equipo de estudio de JICA aplicará en este proyecto la misma relación de daño por kilómetro propuesta por el Gobierno Metropolitano de Tokio.

## **2.3 Metro**

Las estructuras subterráneas son bastante estables en caso de terremoto comparadas con las estructuras en la superficie debido a que la fuerza sísmica es menor bajo la tierra. Sin embargo, aquellas estructuras construidas por túneles del tipo cortar y cubrir serán afectadas debido al terraplén de la estructura.

Los daños ocasionados al túnel del metro durante el desastre de Hanshin/Awaji se muestran en la Tabla S9-2.3.1.

En el caso del desastre de Hanshin/Awaji, algunos cajones del tipo 2-celdas de concreto reforzado colapsaron debido al movimiento vertical del suelo sobre el cajón.

## **2.4 Acueductos**

Las instalaciones de la red de acueductos se muestran en la Figura S9-2.4.1.

### **2.4.1. Suposiciones**

Las suposiciones básicas aplicadas a la estimación de daños de los acueductos para suministro de agua se explican a continuación.

Un método estadístico para la estimación de daños de los acueductos principales de la ciudad y los acueductos de servicio son solamente aplicables cuando la información sobre los materiales, diámetros y longitudes está disponible para un área dada.

En este estudio las suposiciones son:

- Las instalaciones nodo no son incluidas en la estimación de daños, como las instalaciones de entrada, plantas de purificación de agua, y tuberías de transmisión. En este estudio las instalaciones incluidas son los acueductos, tuberías de distribución (principales y secundarias), y tuberías de servicio. Un diagnóstico individual debe realizarse para cada instalación nodo para evaluar su seguridad en caso de terremoto.
- Se estima el daño causado directamente por el movimiento del terreno, como la ruptura, o la separación en las juntas de las tuberías. Los daños causados por derrumbes o colapso de edificaciones, llamados daños secundarios, no están incluidos.
- El método de estimación de daños está basado en las experiencias previas en Japón.
- En los casos donde no se dispone de datos apropiados, los datos de entrada se colocan basados en suposiciones razonables.

#### **2. 4. 2. Método de Estimación de Daños**

Se considera que las características de las redes de suministro de agua y la estructura de los acueductos son similares a las de Japón. Por lo tanto, se aplicó en este estudio un método de análisis para la estimación de daños de acueductos propuesto por el Concejo de Prevención de Desastres del Gobierno Metropolitano de Tokio, tomando en cuenta la experiencia del desastre de Hanshin/Awaji.

La relación de daño estándar  $R_1$  para acueductos propuesta por el Concejo de Prevención de Desastres de Tokio (1997) ha sido utilizada frecuentemente para evaluar daños sísmicos de acueductos en Japón. La relación de daños por tubería  $N_d$  se define de la siguiente manera:

$$N_d = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot R_1 \cdot L$$

Donde,

$N_d$ : Relación de daños (Puntos de daño/Km.)

$C_1$ : Factor de corrección por licuación.

$C_2$ : Factor de corrección por tipo de material.

$C_3$ : Factor de corrección por diámetro de tubería.

$R_1$ : Relación de daño estándar (Puntos de daño/Km).

$$R_1=2.24 \times 10^{-3} (PGV-20)^{1.51}$$

PGV: Velocidad máxima del terreno (cm/sec).

## 2. 5 Gasoductos

Las instalaciones de la red de gasoductos se muestran en la Figura S9-2.5.1.

### 2. 5. 1. Suposiciones

Las suposiciones son básicamente las mismas que en el caso de la red de acueductos.

### 2. 5. 2. Métodos de Estimación de Daños

La estimación de daños de los gasoductos se basa en los datos del desastre de Hanshin/Awaji en Japón. La relación de daños estándar se obtiene de la relación entre la velocidad máxima del terreno y tuberías de acero estandarizadas, y luego se modifica la relación de daño de acuerdo al material de la tubería, diámetro, y licuación. Este método fue aplicado por el Concejo de Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Tokio (1997). La relación de daño por tubería, Nd se define de la manera siguiente:

$$Nd= C_1 \cdot C_2 \cdot R \cdot L$$

$C_1$  : Factor de corrección por licuación.

$C_2$  : Factor de corrección por tipo de material.

R : Relación de daño estándar (Puntos de daño/Km.).

L: Extensión total de la tubería (Km.)

La relación de daño estándar es:

$$R=3.89 \times 10^{-3} \times (PGV-20)^{1.51}$$

PGV: Velocidad máxima del terreno (cm/seg).

Los factores de corrección se muestran en la Tabla S9-2.5.1 y en la Tabla S9-2.5.2.

La curva de relación de daño estándar se muestra en la Figura S9-2.5.2.

## 2. 6 Suministro de Energía Eléctrica

La red del suministro de la energía eléctrica se muestra en la Figura S9-2.6.1.

Las instalaciones sujetas a estimación de daños son los postes eléctricos y los cables eléctricos subterráneos como se muestra en la Figura S9-2.6.1.



### 2. 6. 1. Suposiciones

- Las suposiciones son básicamente las mismas que en el caso de acueductos.
- El daño a postes eléctricos significa colapso como por ejemplo, su caída o que se encuentren severamente dañados.

### 2. 6. 2. Método de Estimación de Daños

- 1) El daño sísmico de un poste eléctrico se evalúa basado en el desastre de Hanshin/Awaji en el Japón. El número de postes colapsados  $N_{dp}$  se define de la siguiente manera:

$$N_{dp} = C_1 \times R/100 \times N$$

Donde,

$C_1$ : Factor de corrección por licuación

R: Relación de daño

N: Número total de postes.

Se supone la misma relación de daño que en el desastre de Hanshin/Awaji.

- 2) Daños sísmicos a estructuras subterráneas como cables eléctricos subterráneos se representa de la manera siguiente:

$$N_d = C_1 \times R/100 \times L$$

Donde:

$N_d$ : Extensión de daños (Km.).

$C_1$ : Factor de corrección por licuación.

R : Relación de daño.

L : Extensión total (Km.).

### 2. 7 Cable de Telecomunicaciones

El método de estimación de daños es el mismo que se utiliza para las líneas eléctricas.

### 2. 8 Instalaciones de Alto Riesgo

Las funciones de daño para instalaciones de alto riesgo del Estudio de Micro Zonificación Sísmica del Gobierno Metropolitano de Tokio se utilizaron en el análisis del movimiento del terreno durante

terremotos pasados (PGA) conjuntamente con los daños identificados por el Departamento de Bomberos Metropolitanos de Tokio en ciertas categorías de instalaciones de alto riesgo.

La categoría de instalaciones de alto riesgo, tipo de daño, y relación de daño por PGA se muestra en la Tabla S9-2.8.1.

**Tabla S9-2.1.1 Evaluación de Estabilidad de Puentes**

Estabilidad	Puntuación Total
Riesgo sísmico alto	$30 \leq S$
Riesgo sísmico medio	$26 \leq S < 30$
Riesgo sísmico bajo	$S < 26$

**Tabla S9-2.1.2 Factor de Evaluación de Daño Sísmico**

Aspecto	Categoría	Puntuación	Nota	
(1) Tipo de Terreno	Duro	0.5	La clasificación del terreno depende de la división de "Diseño de Puentes Viales para Indicador de Sismo Resistencia"	
	Medio	1.0		
	Blando	1.5		
	Muy Blando	1.8		
(2) Licuación	Ninguna	1.0	Depende de la Fórmula para "Diseño de Puentes Viales"	
	Posible	1.5		
	Probable	2.0		
(3) Tipo de Viga	Arco / Marco Rígido	1.0		
	Continuo	2.0		
	Simple / Gelber	3.0		
(4) Soporte	Conector	0.6	F: Soporte fijo M: Soporte movable	
	F M	1.0		
	M M	1.15		
(5) Altura Máxima del Estribo / Pilar	$\leq 5m$	1.0	Altura es el valor máximo desde el nivel del terreno	
	$5 \sim 10$	Valor Interpolado		
	$= 10m$	1.7		
(6) Número de Tramos	$= 1$	1.0		
	$= 2$	1.75		
(7) Largo del Asiento del Puente	Largo ( $A/S \geq 1$ )	0.8	A= (Largo del asiento) cm S=(70+0,5L) cm L= (Largo del tramo) m Tipo de Terreno muy blando $D=A/70$ Otros tipos de terreno $D=A/60$	
	Corto ( $A/S < 1$ )	1.2		
	Soporte Gelber en Pilar	D=		0.8
		D<1		1.2
(8) Escala de Intensidad del Terremoto	5*	120~209 gal	Asterisco * significa intensidad sísmica en Japón	
	5.5*	210~349 gal		
	6*	350~699gal		
	6.5*	700~1299		
	7*	1300~3299		
(9) Tipo de Fundación	Excluyendo Pila	1.0	1.4 para fundaciones obviamente débiles como pilas de fricción	
	Pila doblada	1.4		
(10) Material del Empalme / Pilar	Ladrillos / Concreto	1.4		
	Otros	1.0		
Puntuación Total	$= (1) \times (2) \times (3) \times (4) \times (5) \times (6) \times (7) \times (8) \times (9) \times (10)$			

**Tabla S9-2.2.1 Daño Sísmico de Viaductos en Autopistas**

Intensidad del Terremoto	Colapsados	Daño de Asiento de Soporte	Daño del Pilar	Extensión del Viaducto (Km.)	Tasa de Colapso (lugares/Km.)	Tasa de Daños (lugares/Km.)
7	19	-	1	18,8 Km.	1,010	0,053
6+	5	5	7	58,2 Km.	0,086	0,021
6-	1	1	4	347,3 Km.	0,003	0,014
Total	25	6	12	424,3 Km.	-	-

Nota: 6+ significa  $6.0 \leq 6+ < 6.5$  y 6- significa  $5.5 \leq 6- < 6.0$  (Escala de Intensidad Japonesa)

**Tabla S9-2.2.2 Daño Sísmico a Puentes (Vías Ordinarias)**

Intensidad del Terremoto	Colapsados	Desplazamiento de Viga y Pilar	Daño del Empalme y Asiento de Soporte	Daño del Pilar	Grietas en el Tronco del Pilar
7	1	-	-	1	-
6+	1	3	5	1	-
6-		-	6	4	2
Total	2	3	11	6	2

Nota: 6+ significa  $6.0 \leq 6+ < 6.5$  y 6- significa  $5.5 \leq 6- < 6.0$  (Escala de Intensidad Japonesa)

**Tabla S9-2.3.1 Daño Sísmico a la Estructura del Metro en el Desastre de Hanshin/Awaji**

Intensidad*	Túnel Tipo Corte Abierto			Túnel de Montaña	Tipo Escudo
	Colapso de la Columna Media	Daño a Paredes Laterales	Otros	Daños al revestimiento	
7	Hanshin Railway: 344 piezas Kobe City Trans.: 457 piezas Kobe Express: 362 piezas Kobe Railway: 59 piezas Sanyo Railway: 36 piezas	Hanshin Railway: 365m Kobe Express: 595m Kobe Railway: 14m	-	Rokkou T. Higashiyama T. Kaishimoyama T	Sin Daños
6+	Sanyo Railway: 1 pieza	-	-		
6-	-	Kobe Railway: 84m	-	Kikusuiyama T Arima T. Gosha T. Kitakami T	

Nota: \* Escala de Intensidad Japonesa

**Tabla S9-2.4.1 Factores de Corrección para C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>**

Material	Factor de Corrección C <sub>2</sub>	Factor de Corrección C <sub>3</sub>	
Hierro Fundido Dúctil	0,3	$C_3 \leq 75\text{mm}$	2
		$100\text{mm} \leq C_3 \leq 450\text{mm}$	1,0
		$500\text{mm} \leq C_3 \leq 900\text{mm}$	0,3
		$1000\text{mm} \leq C_3$	0,15
Hierro Fundido	1,0	$C_3 \leq 75\text{mm}$	1,7
		$100\text{mm} \leq C_3 \leq 250\text{mm}$	1,2
		$300\text{mm} \leq C_3 \leq 900\text{mm}$	0,4
		$1000\text{mm} \leq C_3$	0,15
Acero Soldado	0,3	$C_3 \leq 75\text{mm}$	2,8
		$100\text{mm} \leq C_3 \leq 250\text{mm}$	1,4
		$300\text{mm} \leq C_3$	0,8
Cloro-etileno	1,5	$C_3 \leq 75\text{mm}$	1,0
		$100\text{mm} \leq C_3$	0,8
Asbestos	3,0	$C_3 \leq 75\text{mm}$	2,3
		$100\text{mm} \leq C_3 \leq 250\text{mm}$	0,9
		$300\text{mm} \leq C_3$	0,4

**Tabla S9-2.4.2 Factor de Corrección por Licuación (C1)**

Potencial de Licuación	Factor de Corrección C1
PL = 0	1,0
$0 < PL \leq 5$	1,2
$5 < PL \leq 15$	1,5
$15 < PL$	3,0

**Tabla S9-2.5.1 Factor de Corrección por Licuación (C1)**

Potencial de Licuación	Factor de Corrección C1
PL = 0	1,0
$0 < PL \leq 5$	1,2
$5 < PL \leq 15$	1,5
$15 < PL$	0,068

**Tabla S9-2.5.2 Factor de Corrección por Material de Tubería (C2)**

Material de Tubería		Factor de Corrección (C2)
Media Presión	Acero	0,01
	Hierro Fundido	0,02
Baja Presión	Acero (soldado)	0,02
	Acero (atornillado)	1,00
	Acero (mecánico)	0,02
	Hierro Fundido Dúctil (junta 1)	0,46
	Hierro Fundido Dúctil (junta 2)	0,23
	Hierro Fundido Dúctil (tipo gas)	0,05
	Hierro Fundido Dúctil (tipo mecánico)	0,02
	Polietileno	0,00
	PVC	0,70

**Tabla S9-2.6.1 Relación de Daño para Postes Eléctricos**

Intensidad*	R (%)
Menos de 5	0.00
6	0.55

\* Escala de Intensidad Sísmica Japonesa.

**Tabla S9-2.6.2 Relación de Daño para Líneas Eléctricas**

Intensidad*	R (%)
Menos de 5	0.00
6	0.30

\* Escala de Intensidad Sísmica Japonesa

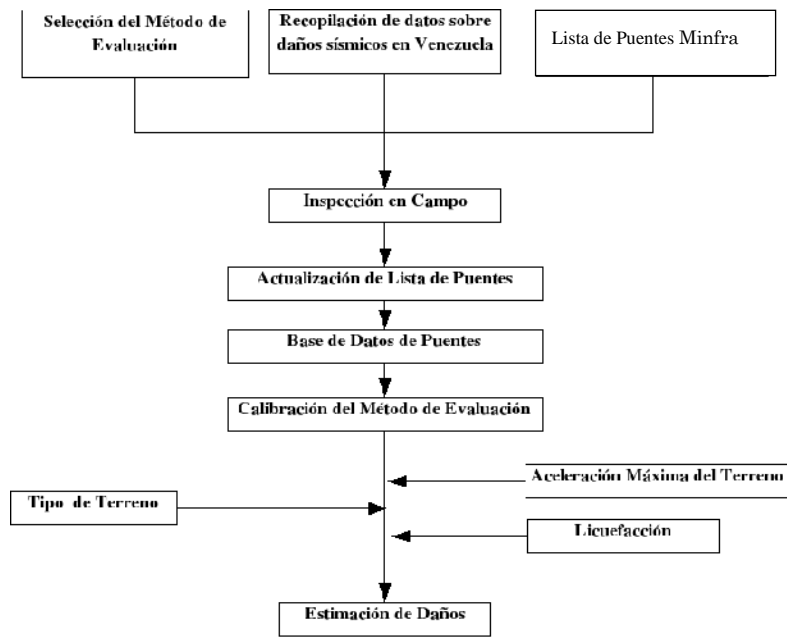
**Tabla S9-2.6.3 Factor de Corrección por Licuación**

Valor de PL	C1
PL=0	1.0
$0 < PL \leq 5$	1.1
$5 < PL \leq 15$	1.3
$15 < PL$	2.1

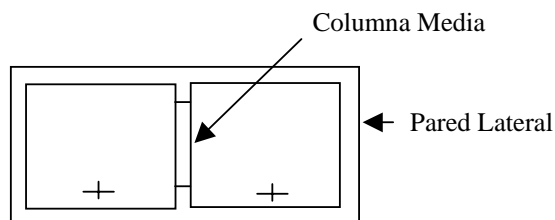
**Tabla S9-2.8.1 Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo, Tipo de Daño y Relación de Daño del Área Metropolitana de Tokio.**

Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo	Tipo de Daño	PGA										
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
1. Tanque Grande de Almacenamiento de Líquidos Inflamables	1. Derrame pequeño del tanque o las juntas de las tuberías	4.10E-05	1.50E-04	4.90E-04	1.40E-03	3.30E-03	6.90E-03	1.30E-02	2.00E-02	3.00E-02	3.80E-02	4.70E-02
	2. Derrame continuo de cierto volumen	1.00E-05	3.80E-05	1.20E-04	3.40E-04	8.20E-04	1.70E-03	3.20E-03	4.90E-03	7.50E-03	9.40E-03	1.20E-02
	3. Derrame del dique de protección	2.40E-06	8.90E-06	2.90E-05	8.00E-05	1.90E-04	4.00E-04	7.40E-04	1.10E-03	1.70E-03	2.20E-03	2.80E-03
	4. Incendio del dique de protección	1.00E-06	3.80E-06	1.20E-05	3.40E-05	8.20E-05	1.70E-04	3.20E-04	4.90E-04	7.50E-04	9.40E-04	1.20E-04
	5. Gran incendio extendiéndose en el patio de tanques	2.40E-07	8.90E-07	2.90E-06	8.00E-06	1.90E-05	4.00E-05	7.40E-05	1.10E-04	1.70E-04	2.20E-04	2.80E-04
2. Tanques y Contenedores de Gases Inflamables	6. Fuga de junta de tubería al tanque (cierre de emergencia)	1.50E-05	4.20E-05	1.10E-04	2.50E-04	5.60E-04	1.10E-03	2.20E-03	3.70E-03	6.30E-03	9.50E-03	1.40E-02
	7. Fuga continua de cierto volumen (peligro de explosión)	3.80E-06	1.00E-05	2.70E-05	6.30E-05	1.40E-04	2.80E-04	5.40E-04	9.20E-04	1.60E-03	2.40E-03	3.50E-03
	8. Incendio de fuga de gas en el dique de contención	3.80E-07	1.00E-06	2.70E-06	6.30E-06	1.40E-05	2.80E-05	5.40E-05	9.20E-05	1.60E-04	2.40E-04	3.50E-04
	9. Explosión de fuga grande de gas.	3.80E-08	1.00E-07	2.70E-07	6.30E-07	1.40E-06	2.80E-06	5.40E-06	9.20E-06	1.60E-05	2.40E-05	3.50E-05
3. Tanques de Gases Tóxicos / Nitrógeno Líquido	10. Fuga de juntas de tubería o tanque	3.00E-06	8.40E-06	2.10E-05	5.10E-05	1.10E-04	2.30E-04	4.30E-04	7.40E-04	1.30E-03	1.90E-03	2.80E-03
	11. Fuga continua de cierto volumen (peligro ciudadano)	7.60E-08	2.10E-07	5.30E-07	1.30E-06	2.80E-06	5.70E-06	1.10E-05	1.80E-05	3.20E-05	4.70E-05	7.10E-05

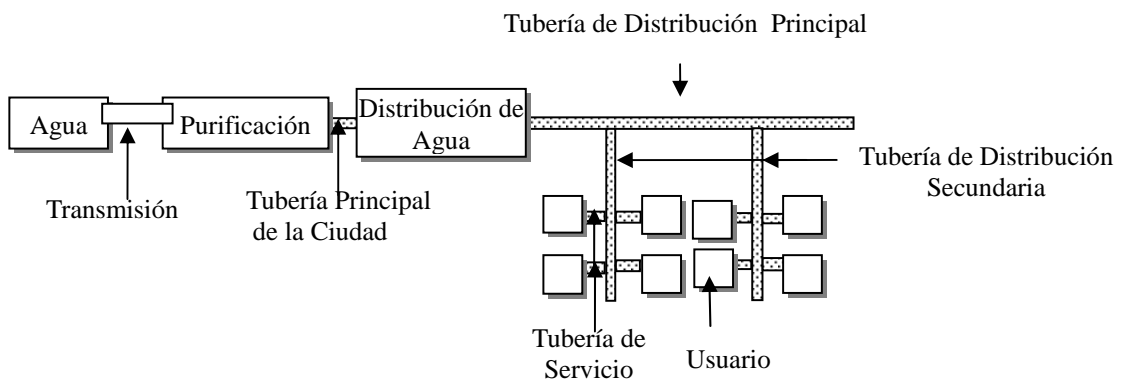
Fuente: Relación de daño de instalaciones de alto riesgo en el Estudio de Micro Zonificación del Gobierno Metropolitano de Tokio.



**Figura S9-2.1.1 Procedimiento para la Evaluación de Daño Sísmico**



**Figura S9-2.3.1 Túnel Tipo Cortar y Cubrir**



**Figura S9-2.4.1 Sistema de Abastecimiento de Agua**

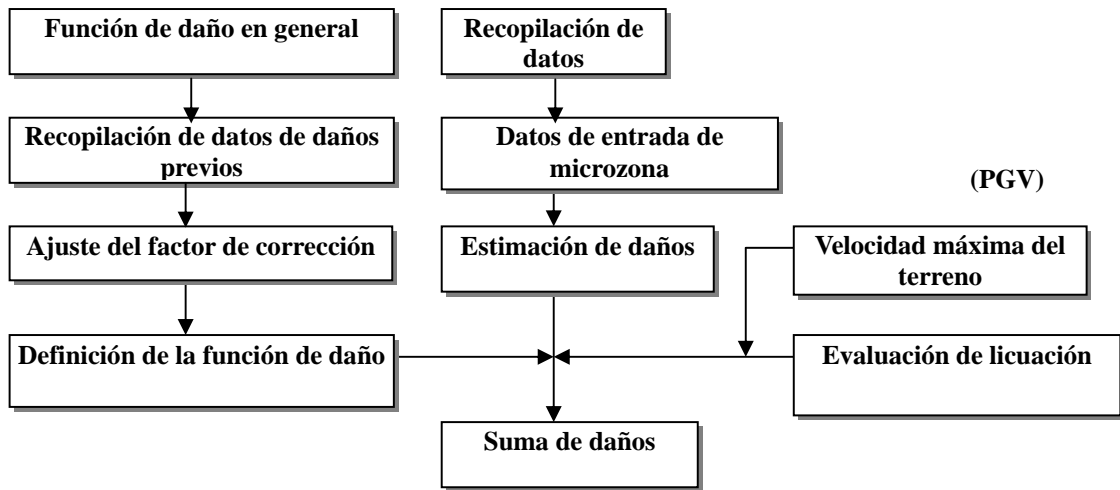


Figura S9-2.4.2 Diagrama de Flujo de la Estimación de Daños a Acueductos

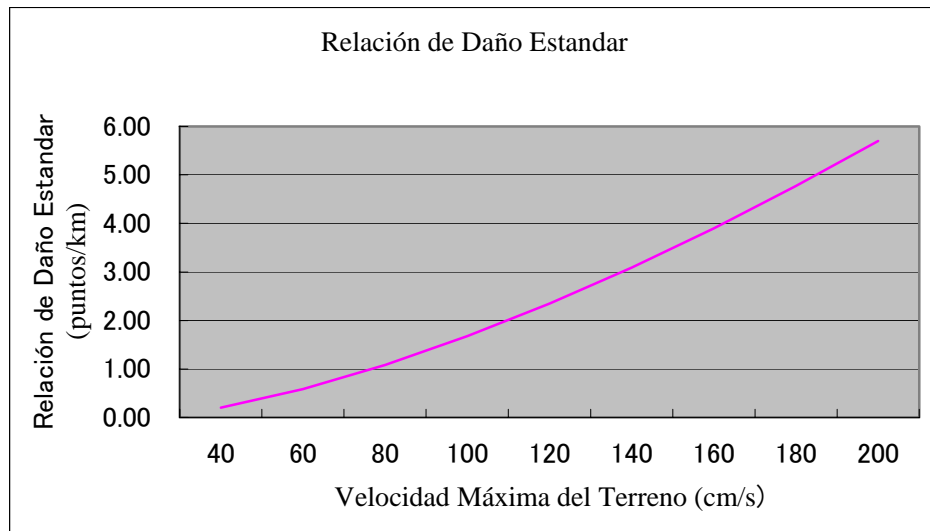


Figura S9-2.4.3 Relación de Daño Estándar

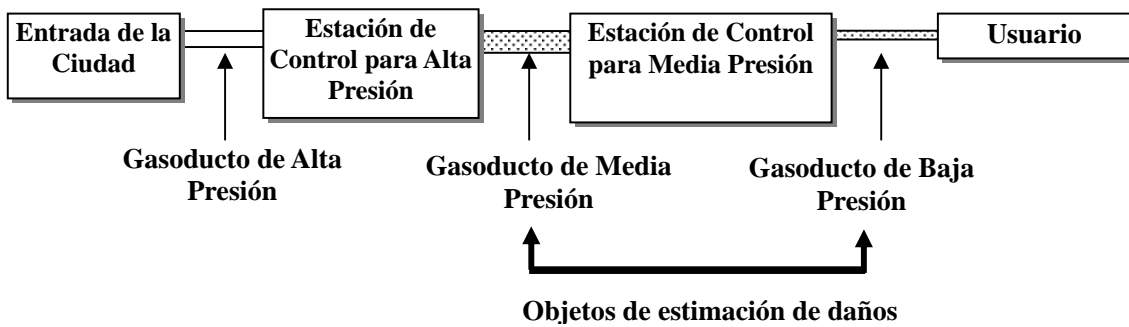
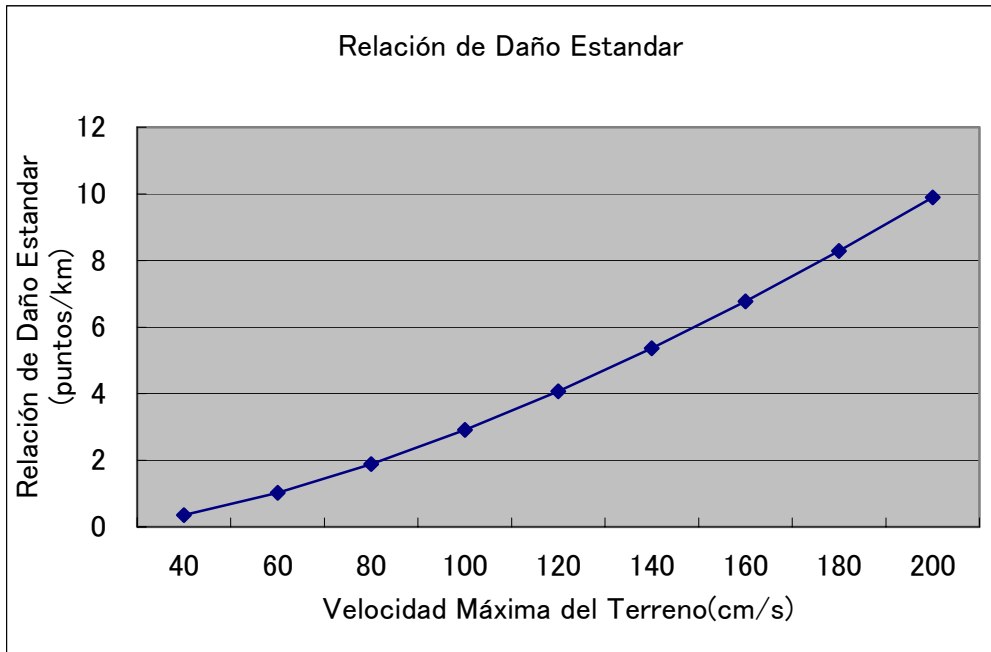
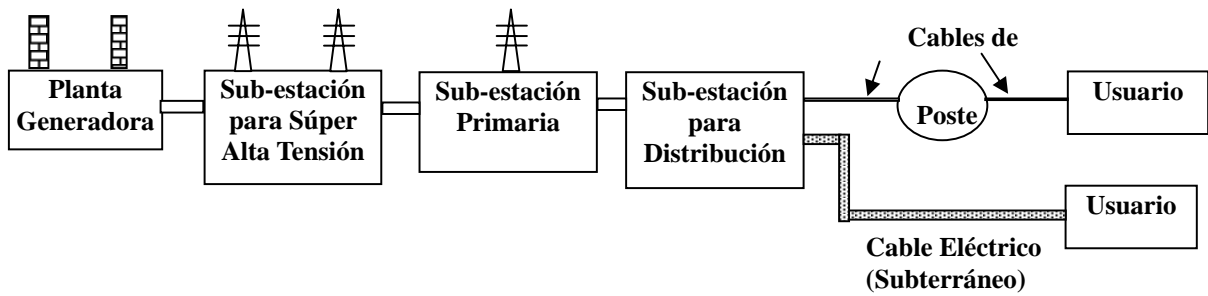


Figura S9-2.5.1 Red de Gasoductos





**Figura S9-2.5.2 Relación de Daño Estándar para Gasoductos**



**Figura S9-2.6.1 Red de Suministro de Energía Eléctrica**