

(4) Daño estimado en puentes

A. Información recopilada

Los puentes vehiculares de las vías principales en el mapa "PLANO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.," IGAC, 2001, y las carreteras nacionales de ocho municipios fueron investigados por el Equipo de Estudio.

El número de puentes investigados se presenta en la Tabla 4.2.31. La Figura 4.2.24 muestra los puentes y su ubicación.

Tabla 4.2.31 Número de Puentes Estudiados por el Equipo de Estudio JICA

	Pedestrian bridges	Vehicular bridges		
		Flyover	River	Total
Bogotá	146	108	69	323
8 cities	19	6	11	36
Total	165	114	80	359

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Se observaron las siguientes características en los puentes del Área Metropolitana de Bogotá:

- Casi todos los puentes están hechos de estructuras en concreto.
- 194 puentes, 80 de ellos, o alrededor del 40%, atraviesan ríos; el número de puentes que atraviesan carreteras es de 114, o el 60%, y la mayoría de ellos son elevados.
- La mayoría de los apuntalamientos de los machones y estribos son de neopreno y están diseñados con el concepto que los apuntalamientos fijos o móviles son iguales.
- El 80% de los puentes que atraviesan ríos son de tipo de vigas sencillas de un solo tramo. Los puentes sobre carreteras se distribuyen en forma uniforme entre aquellos de marco rígido, vigas sencillas de un solo tramo, vigas continuas y vigas sencillas multitramos.

Desde el punto de vista del diseño se observan las siguientes características:

- Se considera que los puentes están diseñados con base en la norma AASHTO (código de diseño norteamericano), modificados esporádicamente antes de 1995 cuando se estipuló el código Colombiano para diseño de puentes (CCP-200); sin embargo, el diseño antisísmico se realizó de acuerdo con la norma AASHTO.
- Después de 1995 los puentes se diseñan con base en el código CCP-200 y se adopta el coeficiente sísmico 0.2 en la Ciudad de Bogotá.
- Los puentes se diseñan basados en el código CCP-200 después de 1997, al terminar el Estudio de Microzonificación; el coeficiente sísmico se establece de acuerdo con los resultados del estudio. (El coeficiente sísmico depende del espectro de respuesta).
- Generalmente la licuación no se tiene en cuenta en el diseño, y sólo se tiene en cuenta para proyectos específicos cuando es requerido.

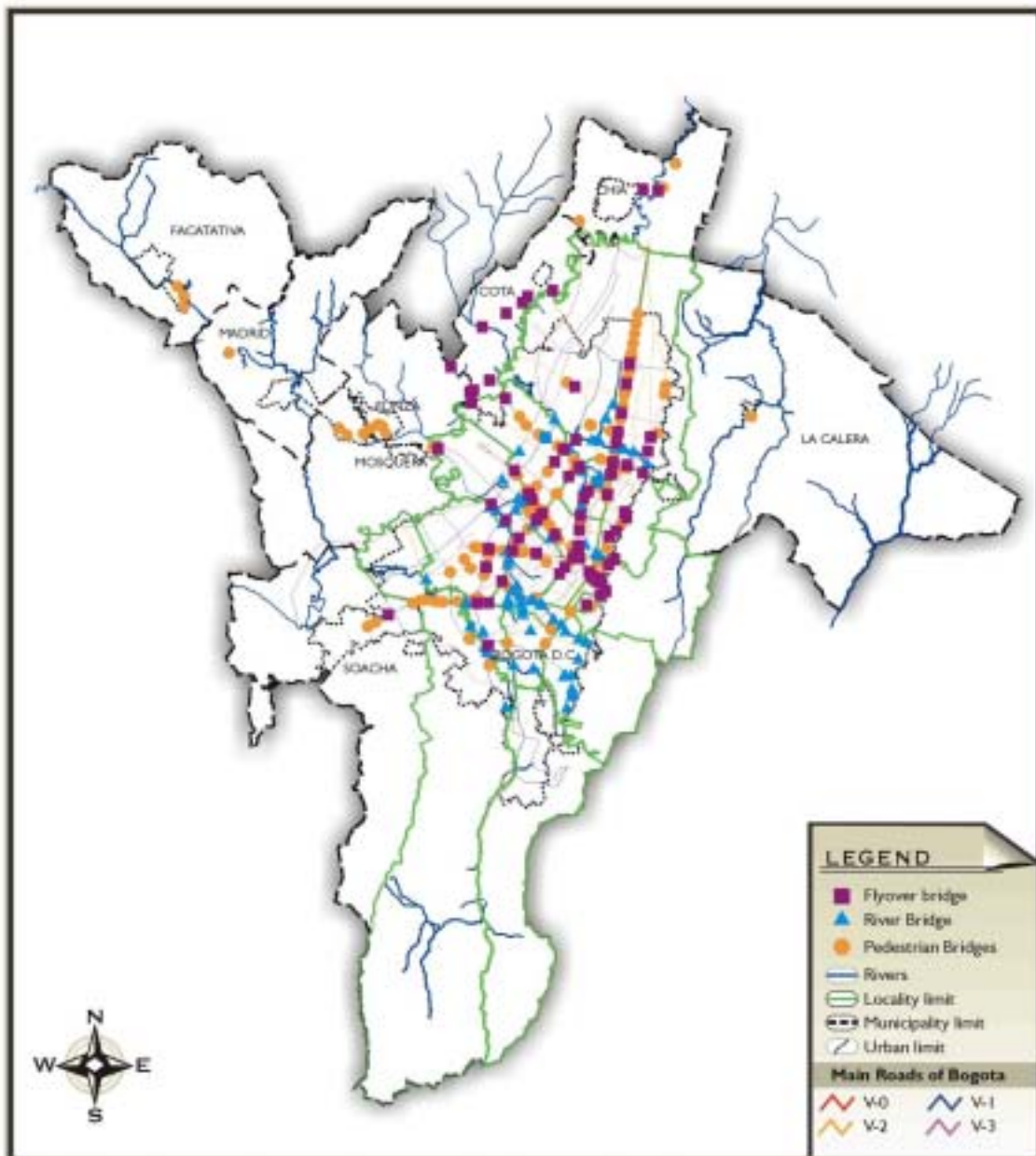


Figura 4.2.27 Localización de Puentes

Supuestos

Se adopta un método estadístico basado en las experiencias Japonesas ya que no se dispone de información sobre colapso de puentes en Colombia. Se adoptó el “procedimiento de evaluación de punto,” es decir, la teoría de cuantificación multidimensional. Los resultados obtenidos del ‘procedimiento de evaluación de punto’ describen la cantidad de daño que se puede esperar en los puentes durante un terremoto. Es crucial considerar que tan pronto algunos puentes se consideren como para colapsar, se realice un análisis sísmico detallado, tan preciso como en el diseño original.

B. Métodos y procedimientos

Procedimientos

En el Área de Estudio hay puentes vehiculares y peatonales; el estudio evalúa el riesgo sísmico de los puentes vehiculares. La Figura 4.2.28 presenta la concepción básica para la estimación del riesgo sísmico para puentes.

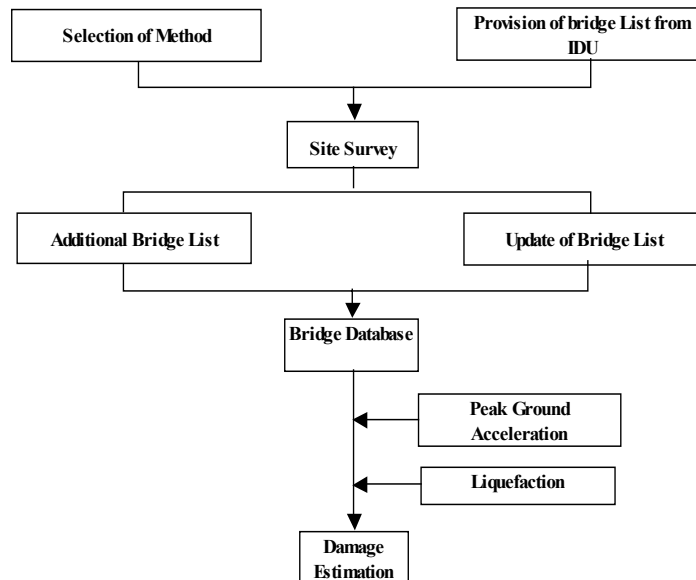


Figura 4.2.28 Concepto básico del Estimado de Daños en Puentes

Métodos

Los criterios para daños sísmicos en puentes se basan en el método propuesto por Tsuneo Katayama, adoptado por el Consejo de Prevención de Desastres para el Área Metropolitana de Tokio (1978) y ampliamente usada en el Japón por razones prácticas. Este método sólo evalúa el colapso de la viga, más no la falla de las pilas o de la fundación, etc. En el Apéndice 4.2.4 se explican los procedimientos detallados. Para la evaluación se toman en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de suelo, licuación, tipo de viga maestra, cantidad de vigas individuales.
- Tipo de soporte (tipo zapato), ancho mínimo de soporte entre vigas y pilas.
- Altura máxima de las pilas y estribos, escala de intensidad del terremoto.
- Tipo de fundaciones, material del estribo y las pilas.

El riesgo sísmico estimado se expresa como un puntaje total y la estabilidad del puente se define así:

- Puntaje total sobre 30: “Riesgo Sísmico 'Alto’”.
- Puntaje total entre 26 y 30: “Riesgo Sísmico Medio”.
- Puntaje total inferior a 26: “Riesgo Sísmico Bajo”.

Puentes peatonales

En este estudio se evalúan los puentes peatonales con respecto a las áreas con potencial de licuación. En parte se debe a que dichos puentes colapsados no presentarán mayores obstáculos después de un terremoto, ya que es relativamente fácil retirar los escombros. Otra razón es que en el Japón no hubo colapso de puentes peatonales durante los terremotos. Además no se dispone de información sobre puentes peatonales colapsados durante los terremotos en Colombia.

C. Resultado del estimado de daños

En la Tabla 4.2.32 y Figura 4.2.19 se muestran los resultados de los estimativos de riesgo para los puentes.

Tabla 4.2.32 Resumen del Riesgo Sísmico Estimado

Seismic Risk	Case 1: La Cajita		Case 2: Guayuriba		Case 3: Subduction	
	Nom.	%	Nom.	%	Nom.	%
High	53	27.3	58	29.9	0	0.0
Medium	1	0.5	0	0.0	0	0.0
Low	140	72.2	136	70.1	194	100.0
Total	194	100.0	194	100.0	194	100.0

Los daños del Caso 1 son casi iguales a los del Caso 2. Los daños sísmicos para un tercio de los puentes es “Alto”. Para el Caso 3 no se esperan daños. Los puentes en los municipios de Cundinamarca son considerados de “Bajo” riesgo para los tres casos.

La Figura 4.2.30, y las Tablas 4.2.33 y 4.2.34 muestran el riesgo sísmico estimado para los puentes por tipo de estructura.

En cuanto al tipo estructural, los puentes tipo Rahamen son de bajo riesgo sísmico para los 3 casos. La mayoría de los puentes con más de una viga sencilla son de alto riesgo en los casos 1 y 2.

La Figura 4.2.31, la Tabla 4.2.35 y la Tabla 4.2.36 indican el riesgo sísmico estimado para los puentes por efecto de la licuación.

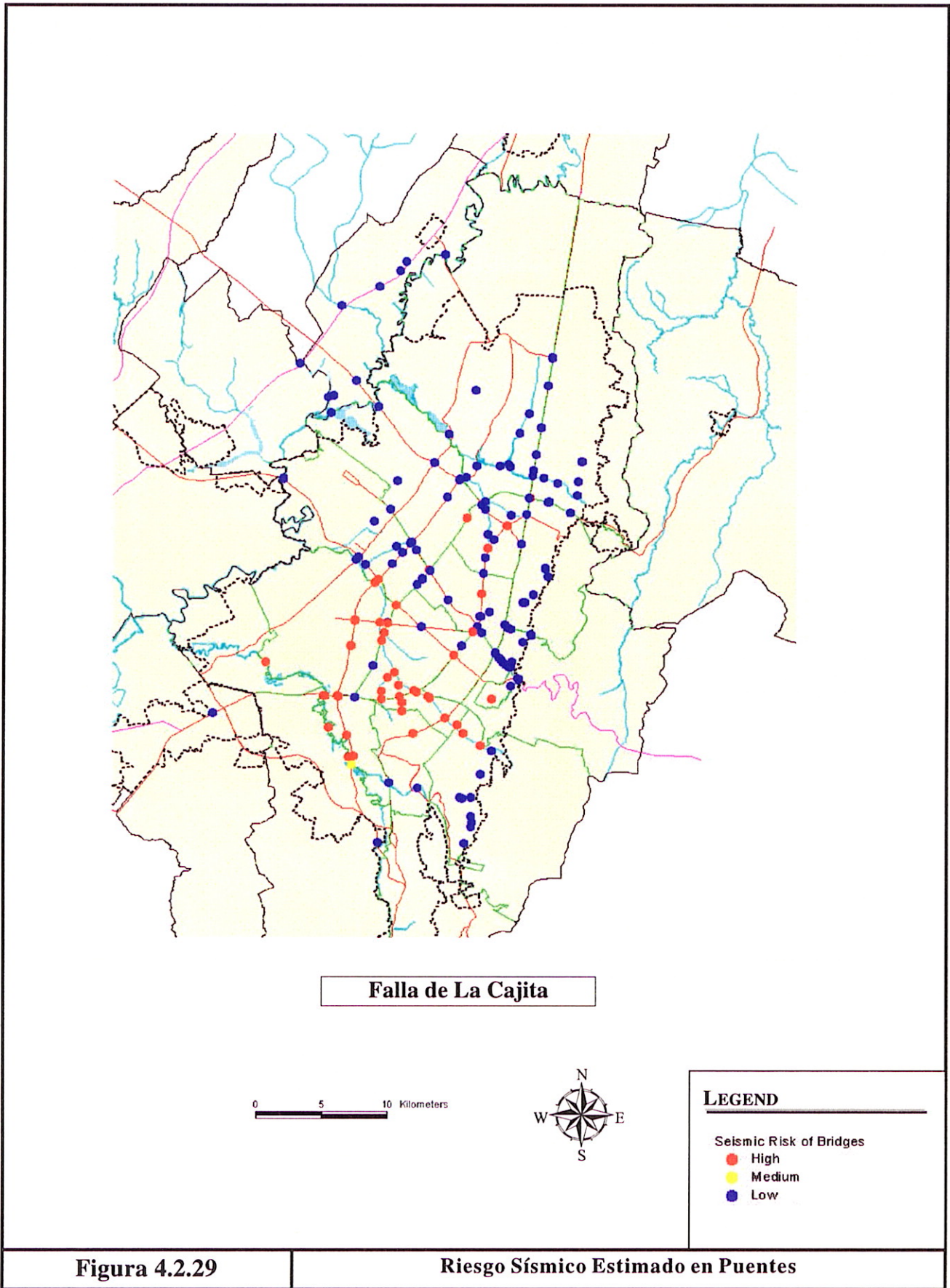
Más del 70% de los puentes con alto riesgo son afectados por licuación.

Tabla 4.2.33 Riesgo Sísmico Estimado para los Puentes por Tipo Estructural (Caso 1)

					Case 1: La Cajita fault					
					Number			(%)		
Area	Type	Structure	Num.	%	High	Medium	Low	High	Medium	Low
Bogotá	River	Rahamen	3	1.5	0	0	3	0.0	0.0	1.5
		Simple beam	64	33.0	25	1	38	12.9	0.5	19.6
		more than 1 Simple beam	2	1.0	2	0	0	1.0	0.0	0.0
		Sub-total	69	35.6	27	1	41	13.9	0.5	21.1
	Vehicle	Rahamen	26	13.4	0	0	26	0.0	0.0	13.4
		Continuous	7	3.6	0	0	7	0.0	0.0	3.6
		Simple beam	27	13.9	1	0	26	0.5	0.0	13.4
		more than 1 Continuous	22	11.3	7	0	15	3.6	0.0	7.7
		more than 1 Simple beam	26	13.4	18	0	8	9.3	0.0	4.1
		Sub-total	108	55.7	26	0	82	13.4	0.0	42.3
River + Vehicle		177	91.2	53	1	123	27.3	0.5	63.4	
8 Municipa lities	River	Simple beam	11	5.7	0	0	11	0.0	0.0	5.7
	Vehicle	Rahamen	3	1.5	0	0	3	0.0	0.0	1.5
		Simple beam	1	0.5	0	0	1	0.0	0.0	0.5
		more than 1 Continuous	2	1.0	0	0	2	0.0	0.0	1.0
		Sub-total	6	3.1	0	0	6	0.0	0.0	3.1
River + Vehicle		17	8.8	0	0	17	0.0	0.0	8.8	
Total	River	Bogotá + Cundinamarca	80	41.2	27	1	52	13.9	0.5	26.8
	Vehicle	Bogotá + Cundinamarca	114	58.8	26	0	88	13.4	0.0	45.4
	Total	Bogotá + Cundinamarca	194	100.0	53	1	140	27.3	0.5	72.2

Tabla 4.2.34 Riesgo Sísmico Estimado para los Puentes por Tipo Estructural (Caso 2)

					Case 2: Guayuriba fault					
					Number			(%)		
Area	Type	Structure	Num.	%	High	Medium	Low	High	Medium	Low
Bogotá	River	Rahamen	3	1.5	0	0	3	0.0	0.0	1.5
		Simple beam	64	33.0	25	0	39	12.9	0.0	20.1
		more than 1 Simple beam	2	1.0	2	0	0	1.0	0.0	0.0
		Sub-total	69	35.6	27	0	42	13.9	0.0	21.6
	Vehicle	Rahamen	26	13.4	0	0	26	0.0	0.0	13.4
		Continuous	7	3.6	0	0	7	0.0	0.0	3.6
		Simple beam	27	13.9	1	0	26	0.5	0.0	13.4
		more than 1 Continuous	22	11.3	7	0	15	3.6	0.0	7.7
		more than 1 Simple beam	26	13.4	23	0	3	11.9	0.0	1.5
		Sub-total	108	55.7	31	0	77	16.0	0.0	39.7
River + Vehicle		177	91.2	58	0	119	29.9	0.0	61.3	
8 Municipa lities	River	Simple beam	11	5.7	0	0	11	0.0	0.0	5.7
	Vehicle	Rahamen	3	1.5	0	0	3	0.0	0.0	1.5
		Simple beam	1	0.5	0	0	1	0.0	0.0	0.5
		more than 1 Continuous	2	1.0	0	0	2	0.0	0.0	1.0
		Sub-total	6	3.1	0	0	6	0.0	0.0	3.1
River + Vehicle		17	8.8	0	0	17	0.0	0.0	8.8	
Total	River	Bogotá + Cundinamarca	80	41.2	27	0	53	13.9	0.0	27.3
	Vehicle	Bogotá + Cundinamarca	114	58.8	31	0	83	16.0	0.0	42.8
	Total	Bogotá + Cundinamarca	194	100.0	58	0	136	29.9	0.0	70.1



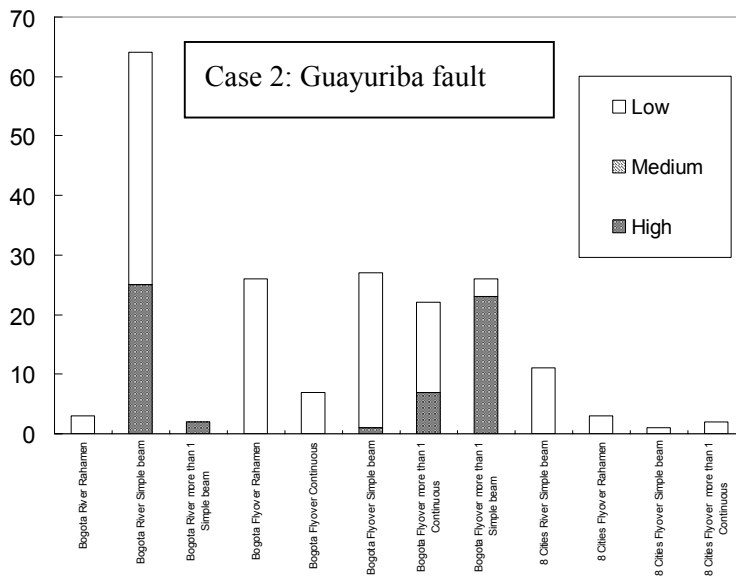
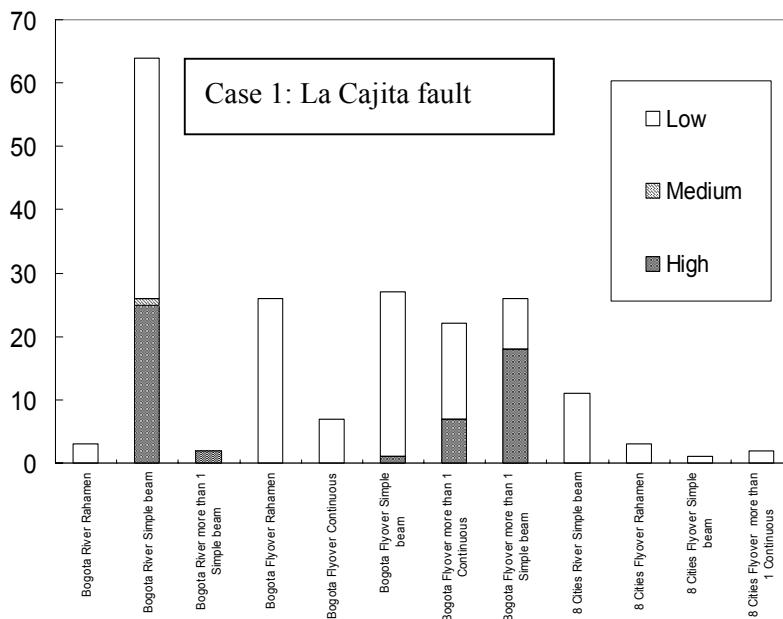


Figura 4.2.30 Riesgo Sísmico Estimado para los Puentes por Tipo Estructural

Tabla 4.2.35 Riesgo Sísmico Estimado para los Puentes por Efecto de Licuación (Caso 1)

Area	Type	Structure	Liquefaction									
			Probable			Possible			None			
			High	Medium	Low	High	Medium	Low	High	Medium	Low	
Bogotá	River	Rahamen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		Simple beam	11	0	0	14	0	1	0	0	0	38
		more than 1 Simple beam	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sub-total	13	0	0	14	0	1	0	0	0	41
	Vehicle	Rahamen	0	0	6	0	0	0	0	0	0	20
		Continuous		0	0	0	0	0	0	0	0	7
		Simple beam	0	0	0	1	0	0	0	0	0	26
		more than 1 Continuous	6	0	0	1	0	0	0	0	0	15
		more than 1 Simple beam	6	0	0	0	0	0	17	0	0	3
		Sub-total	12	0	6	2	0	0	17	0	0	71
River + Vehicle		25	0	6	16	0	1	17	0	0	112	
8 Municipa lities	River	Simple beam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	Vehicle	Rahamen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		Simple beam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		more than 1 Continuous	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Sub-total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
River + Vehicle		0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
Total	River	Bogotá + Cundinamarca	13	0	0	14	0	1	0	0	0	52
	Vehicle	Bogotá + Cundinamarca	12	0	6	2	0	0	17	0	0	77
	Total	Bogotá + Cundinamarca	25	0	6	16	0	1	17	0	0	129

Tabla 4.2.36 Riesgo Sísmico Estimado para los Puentes por Efecto de Licuación (Caso 2)

Area	Type	Structure	Liquefaction									
			Probable			Possible			None			
			High	Medium	Low	High	Medium	Low	High	Medium	Low	
Bogotá	River	Rahamen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		Simple beam	11	0	0	14	0	1	0	1	0	37
		more than 1 Simple beam	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sub-total	13	0	0	14	0	1	0	1	0	40
	Vehicle	Rahamen	0	0	6	0	0	0	0	0	0	20
		Continuous	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
		Simple beam	0	0	0	1	0	0	0	0	0	26
		more than 1 Continuous	6	0	0	1	0	0	0	0	0	15
		more than 1 Simple beam	6	0	0	0	0	0	12	0	0	8
		Sub-total	12	0	6	2	0	0	12	0	0	76
River + Vehicle		25	0	6	16	0	1	12	1	0	116	
8 Munici palities	River	Simple beam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	Vehicle	Rahamen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		Simple beam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		more than 1 Continuous	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Sub-total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
River + Vehicle		0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
Total	River	Bogotá + Cundinamarca	13	0	0	14	0	1	0	1	0	51
	Vehicle	Bogotá + Cundinamarca	12	0	6	2	0	0	12	0	0	82
	Total	Bogotá + Cundinamarca	25	0	6	16	0	1	12	1	0	133

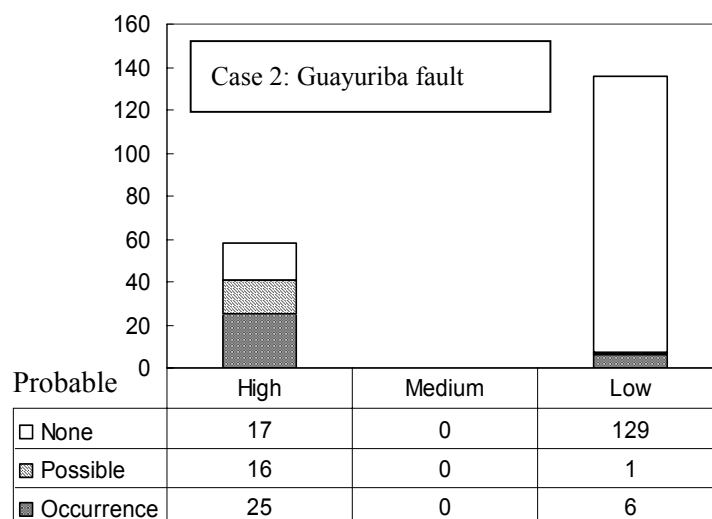
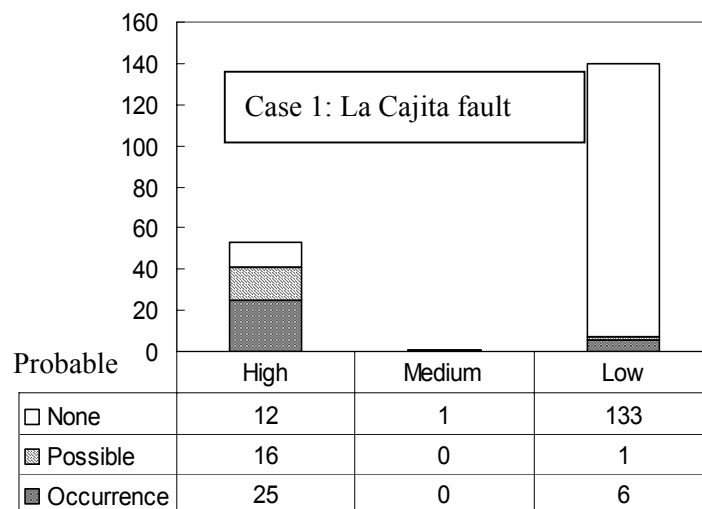


Figura 4.2.31 Riesgo Sísmico Estimado para los Puentes por Efecto de Licuación

C. Puentes peatonales en áreas con potencial de licuación

La licuación durante los terremotos podría causar serios daños a los puentes. En este Estudio se evaluó la ubicación de los puentes peatonales desde el punto de vista de áreas potenciales de licuación para dos escenarios de terremotos. Como resultado de ello, casi el 20% de los puentes peatonales se encuentran en áreas con potencial de licuación como se indica en la Tabla 4.2.37.

Tabla 4.2.37 Cantidad de Puentes Peatonales en Áreas con Potencial de Licuación

Liquefaction	Number of bridges		Ratio (%)	
	Case 1	Case 2	Case 1	Case 2
None	134	133	81.2	80.6
Possible	4	4	2.4	2.4
Probable	27	28	16.4	17.0
Total	165	165	100.0	100.0

D. Recomendaciones

- Se recomienda un diagnóstico sísmico para todos los puentes en el Área de Estudio salvo aquellos examinados en detalle durante el estudio del IDU en 1998.
- Los puentes tipo viga sencilla o más de una viga sencilla son prioridad para un diagnóstico sísmico.
- Los puentes en áreas potenciales de licuación también son prioridad para un diagnóstico sísmico.
- Se recomienda implementar medidas preventivas contra el colapso de vigas.
- Se recomienda una investigación detallada del efecto de licuación.

(5) Instalaciones industriales

A. Información recopilada

La DPAE en 1999, realizó un estudio de las instalaciones industriales de la Ciudad de Bogotá, mientras que las instalaciones industriales de los de ocho municipios han sido investigadas por el Equipo de Estudio. La Tabla 4.2.38 muestra el número de las instalaciones industriales investigadas.

Tabla 4.2.38 Base de Datos de las Instalaciones Industriales

Area	CCS data base (Surveyed year)	DPAE GIS database As of 2001	Data used for seismic risk analysis
Bogotá	1,747 (1999)	1,206	1,582
8 Municipalities	392(2001)	-	392
Total	2,286	1,206	1,974

Fuente: Equipo de Estudio JICA

El Equipo de Estudio realizó algunas correcciones de la localización de las instalaciones industriales porque unas 319 compañías de la base de datos de la DPAE no incluyeron ésta información adecuadamente.

Estos datos de las instalaciones industriales son clasificados y distribuidos como se presenta en la Tabla 4.2.39.

Tabla 4.2.39 Número de Instalaciones Industriales Clasificadas por Localidad y Municipio

Locality	Number of Industrial Facilities								Sum
	TYPE								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Usaquén	2	0	3	12	24	12	11	33	97
Chapinero	1	0	0	6	13	2	6	20	48
Santa Fe	1	0	1	16	5	0	0	5	28
San Cristóbal	2	0	0	0	4	0	0	5	11
Usme	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Tunjuelito	2	0	0	19	5	0	1	32	59
Bosa	1	0	1	2	5	1	1	5	16
Kennedy	6	1	8	27	42	3	5	43	135
Fontibón	8	2	5	54	58	6	6	46	185
Engativá	1	1	9	39	27	13	4	43	137
Suba	0	0	4	17	14	8	11	39	93
Barrios Unidos	3	2	7	29	20	14	9	38	122
Teusaquillo	1	1	3	23	9	15	3	18	73
Mártires	2	1	2	21	33	7	4	34	104
Antonio Nariño	0	0	0	6	27	3	1	14	51
Puente Aranda	6	2	15	78	122	29	16	102	370
La Candelaria	1	0	2	1	3	0	0	4	11
Rafael Uribe	0	0	2	3	12	0	0	17	34
Ciudad Bolívar	0	0	0	2	1	1	0	3	7
Sub-total	37	10	62	355	424	114	78	502	1,582
Chía	0	0	7	0	13	1	7	21	49
Cota	0	0	2	8	7	0	2	4	23
Facatativa	0	0	5	3	14	0	4	3	29
Funza	1	4	4	7	20	2	11	34	83
La Calera	0	0	0	4	3	0	0	10	17
Madrid	0	1	4	10	7	0	9	17	48
Mosquera	2	1	0	7	5	0	3	2	20
Soacha	2	1	29	23	43	1	3	21	123
Sub-total	5	7	51	62	112	4	39	112	392
Total	42	17	113	417	536	118	117	614	1,974

Tipo 1: Aceite y grasas; Tipo 2: Pulpa y papel; Tipo 3: Jabones, detergentes y pinturas; Tipo 4: Productos químicos inorgánicos; Tipo 5: Productos químicos orgánicos; Tipo 6: Medicamentos y remedios; Tipo 7: Otros químicos; Tipo 8: Otras industrias

B. Método de análisis

En el Japón se utiliza el enfoque estadístico para el análisis de riesgo sísmico, por consiguiente aquí se usó el mismo método. La Figura 4.2.32 muestra el correspondiente diagrama de flujo.

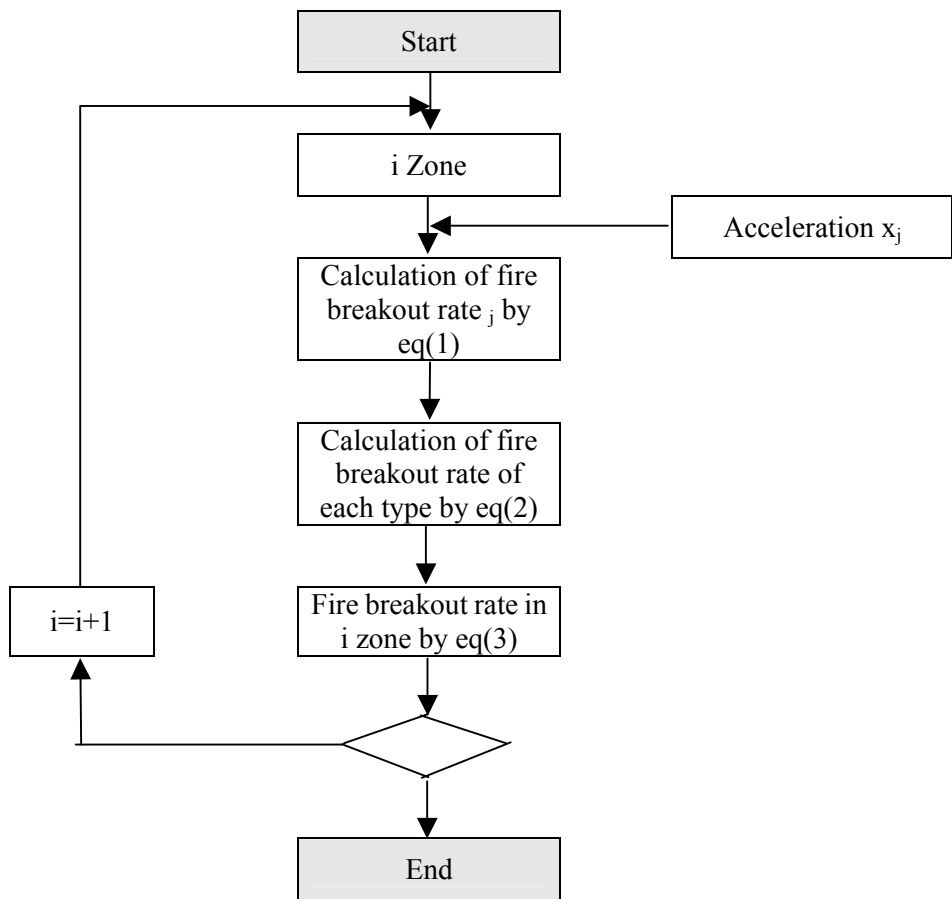


Figura 4.2.32 Diagrama de Flujo del Cálculo de Generación de Incendio

Supuestos

El Departamento de Bomberos de Tokio investigó la tasa de incendios después de un terremoto basados en los resultados de los daños pasados y de diferentes experimentos y estudios. Estas cifras muestran la tasa de incendios con una aceleración pico del suelo de 350 gal. El Departamento de Incendios de Tokio también clasificó las instalaciones industriales en 8 tipos de acuerdo con la peligrosidad, o el grado de riesgo que presentan (véase la Tabla 4.2.40).

Tabla 4.2.40 Tasa de Incendios Después de un Terremoto

Type	Type of industrial facility	350gal
1	Oil and fat manufacturing from animals and plants	0.0168
2	Pulp, paper manufacturing	0.0056
3	Soap and detergent, paint manufacturing	0.0098
4	Inorganic chemical products manufacturing	0.0172
5	Organic chemical products manufacturing	0.0255
6	Medicine & drugs manufacturing	0.0467
7	Other chemical company	0.0111
8	Other industry (No use of hazardous materials)	0.0

Fuente: Departamento de Bomberos de Tokio (1987)

Por otro lado la Prefectura de Kanagawa creó una ecuación para estimar otras aceleraciones, así:

- Tasa de cambio en la tasa de incendios = $4.0 \times 10^{-4} \times (\text{Aceleración}) + 0.16$.
- Al combinar esta ecuación y la tasa de incendios a 350 gal, se calcula la tasa de incendios con otras aceleraciones usando la ecuación en (1).

Como este método de estimación utiliza una aproximación estadística, los resultados absolutos de los valores de cálculo no son tan representativos; sin embargo, el valor relativo es importante. Valores altos indican un alto riesgo de tener una tasa alta de incendios, lo que corresponde a un daño relativo de las instalaciones industriales.

Método de cálculo

$$A_{ij} = A_j \times (1.333 \times 10^{-3} \alpha_i + 0.533) \tag{1}$$

$$D_{ij} = A_{ij} \times N_{ij} \tag{2}$$

$$D_i = \sum_j D_{ij} \tag{3}$$

i : Zona número i

j : Tipo de instalaciones industriales

α_i : Aceleración pico del suelo en la zona i

N_{ij} : Número total de instalaciones industriales tipo j en la zona i

A_{ij} : Tasa de incendios en las instalaciones industriales tipo j en la zona i

A_j : Tasa de incendio tipo j a 350 gal

D_{ij} : Cantidad de daño o incendios en la industria tipo j-the en la zona i

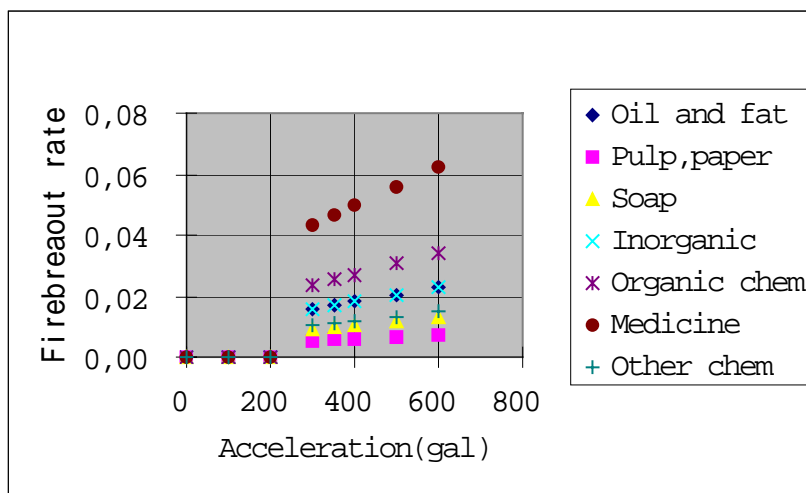


Figura 4.2.33 Tasa de Incendios por Tipo de Instalación

Nota 1) La información de 350 gal se basa en los datos del Departamento de Bomberos de Tokio. Se pueden estimar otras tasas de incendios usando el método de la ciudad de Kawasaki dependiendo de los resultados del estudio de aceleración.

$$A_{ij} = A_j \times (1.333 \times 10^{-3} \alpha_i + 0.533) \quad \text{en el cual } A_j \text{ está a más de 350 gal}$$

2) No hay incendios si la aceleración es inferior a 300 gal.

3) La estación de gasolina está clasificada en tipo 8 a pesar de manejar gasolina. La experiencia Japonesa ha demostrado que no hay incendios porque la gasolina se almacena en tanques subterráneos.

C. Resultado de los cálculos y evaluaciones

Riesgo por Movimientos del Suelo durante un Terremoto

La Tabla 4.2.41 indica los riesgos sísmicos estimados y el número de instalaciones industriales clasificadas por localidad y municipio. El Apéndice 4.2.10 muestra los daños sísmicos estimados en las instalaciones industriales para el escenario Caso 1 (modelo Falla La Cajita). La Tabla 4.2.41 y el Apéndice 4.2.10 muestran los riesgos sísmicos estimados para las instalaciones industriales para el escenario Caso 2 (Modelo Falla Guayuriba).

Dichos resultados indican lo siguiente:

- Las áreas con alto riesgo son Puente Aranda y Los Mártires porque en ambos casos, hay un alto número de instalaciones industriales que manejan materiales peligrosos y la aceleración pico del suelo es relativamente alta.
- La ciudad de Soacha presenta riesgo medio en ambos casos aunque hay un alto número de instalaciones industriales y la aceleración del suelo también es alta.

Tabla 4.2.41 Riesgo Sísmico Estimado por Localidad y Municipio

Locality	Seismic Risk Evaluation		
	Case 1	Case 2	Case 3
Usaquén	Low	Medium	Low
Chapinero	Low	Low	Low
Santa Fe	Low	Low	Low
San Cristóbal	Low	Low	Low
Usme	Low	Low	Low
Tunjuelito	Low	Low	Low
Bosa	Low	Low	Low
Kennedy	High	Medium	Low
Fontibón	Low	Medium	Low
Engativá	Low	Medium	Low
Suba	Low	Low	Low
Barrios Unidos	Low	High	Low
Teusaquillo	Low	Medium	Low
Mártires	High	High	Low
Antonio Nariño	Low	Low	Low
Puente Aranda	High	High	Low
La Candelaria	Low	Low	Low
Rafael Uribe	Low	Low	Low
Ciudad Bolívar	Low	Low	Low
Chía	Low	Low	Low
Cota	Low	Low	Low
Facatativá	Low	Low	Low
Funza	Low	Low	Low
La Calera	Low	Low	Low
Madrid	Low	Low	Low
Mosquera	Low	Low	Low
Soacha	Medium	Medium	Low

D. Riesgo por licuación

El caso La Cajita cubre un área más pequeña que el caso Guayuriba. El número total de instalaciones industriales ubicadas en el área de licuación es de 474.

E. Análisis de riesgo por Tanques de gasolina

El Equipo de Estudio realizó un estudio sobre la influencia sísmica en los tanques de gasolina basados en los datos de TEXACO. Los detalles del análisis se muestran en el cálculo de tanques.

F. Recomendación

- Los tanques de gasolina están ubicados en Puente Aranda. Se debe evaluar la influencia sísmica sobre dichos tanques porque su capacidad de almacenamiento es tan alta que puede

F. Recomendación

- Los tanques de gasolina están ubicados en Puente Aranda. Se debe evaluar la influencia sísmica sobre dichos tanques porque su capacidad de almacenamiento es tan alta que puede ocurrir un desastre catastrófico en caso de destrucción de los mismos. También se deben evaluar las sustancias químicas como Cl_2 y NH_3 por ser peligrosas: el VLU (Valor Límite de Umbral) es de 1 ppm de volumen para el cloro y 25 ppm de volumen para el amoniaco.
- La Tabla 4.2.42 enumera las grandes compañías que manejan materiales peligrosos. Estas compañías deben realizar una evaluación de la influencia de la licuación; sin embargo, es bastante difícil reforzar los edificios y los cimientos de las plantas. Por ser compañías internacionales deben solicitar ayuda de sus casas matriz.

Tabla 4.2.42 Grandes Compañías que Manejan Materiales Peligrosos en Áreas de Licuación

Name	Locality	Activity Description	Hazard Resource	Hazard
Cyquim De Colombia S.A	Puente Aranda	Production of basic industrial chemical substances except fertilizer	Dangerous substances management and dangerous process	D, F, I, E
Novartis De Colombia S.A.	Puente Aranda	Manufacturing and mixture of insecticides, pesticides, fungicides and herbicides	Dangerous substances management and dangerous process	D, F, I, E
Emp De Licores De Cundinamarca	Puente Aranda	Distillation of ethyl alcohol, for any use	Alcohol management, combustible storage and caldron use	D, I, E
Merck Colombia S.A.	Puente Aranda	Fabrication of pharmaceutical products and medicine	Dangerous substances management	D,I
Boehringer Ingelheim S.A.	Puente Aranda	Fabrication of pharmaceutical products and medicines	Dangerous substances management and dangerous process	D, I
Fábrica Nacional De Muñecos S.A.	Puente Aranda	Fabrication of basic shape plastics, lamina, film, sticks, pipes and similar products	Management of combustible materials	I
Aga Fano Fabrica Nacional De Oxigeno S.A.	Kennedy	Manufacturing of industrial gases except chlorine and other halogens, natural gas and raw hydrocarbons	Dangerous substances management and dangerous process	D, F, I, E
Química Comercial Andina S.A.	Kennedy	Chemical products fabrication	Dangerous materials management, dangerous operations	D, F, I, E
Ico Pinturas S.A	Kennedy	Paint and varnish production for industrial and general use	Inflammable and volatile substances management. Dangerous reactions	D, I, E
Bayer S.A.	Kennedy	Fabrication of pharmaceutical products and medicines	Dangerous substances management and dangerous process	D, I
Gaseosas Lux S.A.	Kennedy	Manufacturing of nonalcoholic drinks or noncarbonated fruit drinks	Use of ammonia as refrigerant gas	F
Filmtext S.A.	Ciudad Bolivar	Plastic production fabrication	Dangerous substances management	I

Leyenda: D: Derrame F: Fuga I: Incendio E: Explosión

(6) Taludes

Con el objeto de evaluar la posibilidad de deslizamiento durante un terremoto, se calcula la estabilidad de los taludes con base en la aceleración en cada zona para los tres escenarios de terremoto, y así se presenta el posible desastre por deslizamiento en el área.

A. Datos

Los datos de taludes usados en este análisis se basan en los mapas obtenidos del IGAC, digitalizados y convertidos en datos de cuadrícula por el Equipo de Estudio. El tamaño de las cuadrículas es de 50 m por 50 m en las áreas de cuencas, o de 25 m por 25 m en las áreas montañosas; igualmente se calcularon los ángulos (θ) para cada cuadrícula.

B. Método

El método presupone que se debe estimar el área de los desastres por deslizamientos según la distribución del área con laderas de ángulo crítico, lo que se decide por el promedio de dichos ángulos en los tres siguientes modos de falla:

$$F_s = \frac{\tan \phi (\cos \theta - k_H \sin \theta) + c \ell}{\sin \theta + k_H \cos \theta} < 1$$

en el cual:

F_s : factor de seguridad.

ϕ : ángulo de fricción interno de la velocidad de desliz (grados).

θ : ángulo de la superficie de desliz (grados).

k_H : aceleración horizontal (gal).

c : cohesión (tf/m²).

ℓ : longitud de la superficie de desliz por ancho de la unidad (m) $\ell = 1 / \cos \theta$.

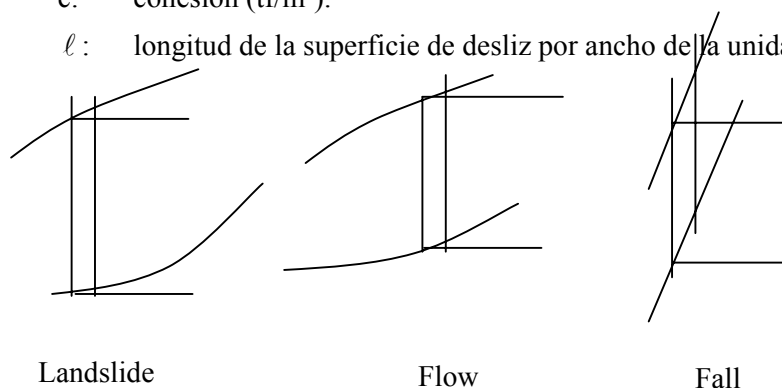


Tabla 4.2.43 Valores Adoptados para el Análisis de la Estabilidad de las Laderas durante un Terremoto

Mode	c tf/m ²	ϕ °	θ
Flow	0.5	20	$\theta = \theta'$, Slope angle θ' is equal to the angle of the slip surface
Landslide	0.2	25	$\theta = 2/3 \cdot \theta'$, Slip surface just under the slice is equal to 2/3 of θ'
Fall	0.0	35	Slope angle is assumed parallel to the slip surface.

La anterior ecuación para calcular la estabilidad de los taludes es un método Bishop simplificado al cual se le suma la intensidad sísmica horizontal. El peso del volumen cortado se asume como el peso unitario de 1 tf. Los cambios en la presión de poro durante un terremoto no fueron considerados.

El área en la cual el Fs es inferior a 1.0 en cada modo de falla se considera inestable. La resistencia de la superficie de corte se supone a partir de las pruebas de los resultados de laboratorio, así:

- Aunque la cohesión del suelo varía de 0 a 1, se adopta el valor promedio para el caso de Flujo; en el caso de Derrumbe se adopta 0.2 (casi la mitad del valor promedio); y para Caída se adopta 0 porque la superficie de desliz se separa.
- El ángulo de fricción interna está entre 20° y 30°. Se adoptan 25° en el caso de Derrumbe; el límite inferior de 20° para Flujo y para Caída 35° porque 40° es el límite superior. Si las Fs son inferiores a 1.0, la ladera comienza a moverse; si las Fs son inferiores 0.95 es seguro que las laderas se derrumbarán.

C. Resultados

Las figuras resultado se encuentran como Apéndices 4.2.11 a 4.2.13.

Las áreas con taludes inestables se reconocen en aquellas regiones donde no existen barreras de contención. La posibilidad de falla en las laderas que conduzcan a un desastre por deslizamientos es muy bajo salvo por el escenario del Caso 1. En cuanto a este último escenario, las áreas de posibles desastres tienden a disminuir según el orden de Flujo, Derrumbe y Caída. Para todos los tipos, las áreas inestables están distribuidas sobretodo en la parte sur del área de estudio, cerca al epicentro.

4) Daño Esperado a Partir del Estimativo de Daños

(1) Implicación de los resultados

La Tabla 4.2.44 y la Tabla 4.2.45 resumen la condición del área de estudio. Las Tablas 4.2.46, 4.2.47 y 4.2.48 muestran el resumen del daño estimado para los casos 1, 2 y 3.

Tabla 4.2.44 Resumen del Daño Estimado por Escenario de Terremoto

Items		Earthquake Scenario		
		Case 1 (La Cajita)	Case 2 (Guayuriba)	Case 3 (Subduction)
Seismic Intensity		Maximum peak ground acceleration reaches to 0.908g. All the area will suffer seismic intensity higher than VII (strong), and southern part of the Study Area has seismic intensity of XI (very violent) to X (violent).	Maximum peak ground acceleration is 0.361g, lower than that of case 1 due to the long distance to the fault. Major area will suffer seismic intensity of VIII (very strong) or VII (strong).	Due to the long distance to the fault, maximum peak ground acceleration is 0.125g. Central part of the Study Area will suffer seismic intensity of VII (strong) to VI (moderate).
Direct Effects	Building	More than 50% of building damage is expected in the following localities: Usme Ciudad Bolivar San Cristóbal Tunjuelito La Candelaria Rafael Uribe Santa Fe Antonio Nariño Bosa	50% of building damage is expected in the following localities: Usme Tunjuelito La Candelaria Bosa San Cristóbal Rafael Uribe Kennedy Santa Fe Antonio Nariño	Building damage is expected in the Study Area, yet the number of affected buildings is mostly less than 10% in Bogotá. Among the eight municipalities, Cota, Chia, Funza and Madrid experience more than 10% of damage ratio.
	Human Casualty	It is expected that there will be more than 250 thousand injuries in the whole Study Area. The following localities will have more than 10,000 injuries. Ciudad Bolívar Kennedy San Cristóbal Rafael Uribe Usme Bosa Tunjuelito Puente Aranda	Following localities would have more than 10,000 injured persons: Kennedy Engativá Suba Ciudad Bolívar San Cristóbal Bosa Rafael Uribe Usme Usaquén Puente Aranda	Injuries are also small compared to the other two cases. The locality of Kennedy will have the highest injuries at 4,000.
	Infrastructure	Water and Gas pipeline: Ciudad Bolívar San Cristóbal Usme Kennedy Bosa Puente Aranda Electricity and telephone cable: Usme Ciudad Bolívar San Cristóbal Rafael Uribe	Water and Gas pipeline: Kennedy Puente Aranda Rafael Uribe Usme Electricity and telephone cable damage is expected in the Study Area, especially most of liquefaction area.	No infrastructure damage is expected.
Secondly Effects	Industrial Facility	Seismic risk to industrial facilities is high in Puente Aranda and Mártires localities in Bogotá, medium in Kennedy locality and in Soacha municipality in Cundinamarca.	Seismic risk to industrial facilities is high in Puente Aranda and Mártires in Bogotá, and medium in Usaquén, Kennedy, Fontibón, Barrios Unidos and Teusaquillo localities and Soacha municipality in Cundinamarca.	All localities and municipalities are classified into low seismic risk.
	Landslide	The possibility of slope failure that induces landslide disaster is high only for this case. Unstable areas are mainly distributed in the southern part of the Study Area.	No landslide is expected.	No landslide is expected.

(2) Escenario de Desastre

El escenario de desastre muestra una descripción del daño directo generado cuando se tiene en cuenta como escenario el Caso 1 (falla La Cajita), e igualmente sugiere las medidas necesarias a tomar en prevención y respuestas a emergencias requeridas para proteger el Área Metropolitana de Bogotá de desastres provenientes de terremotos severos.

A. Terremoto

Se puede presentar un terremoto con epicentro en la falla La Cajita hacia las horas de la mañana. La MMI variará entre 5 y 6, p.e., en el área cercana al epicentro se presentarán intensidades de 5 - 6, en la parte sur de Bogotá: 4 - 5, en la parte central y noroccidental de Bogotá: 3 - 4, en la terraza y el cono en Facatativa, al igual que en los suelos de piedemonte en la zona este de Bogotá y la Calera: 2 - 3.

Las edificaciones en la parte sur de Bogotá serán severamente afectadas, y desde la parte central a la noroeste, la mitad de las edificaciones serán dañadas aunque de manera ligera. Se presentaran numerosas personas heridas y muertas en las áreas de daños severos. En la parte sur de Bogotá, debido a los efectos de licuación, algunos puentes colapsados bloquearán las vías de emergencia en diferentes lugares. Las instalaciones de líneas de servicio público vitales tales como el acueducto, gas natural, electricidad y teléfonos serán dañadas, y por ende la prestación de dichos servicios será interrumpida.

El daño sísmico en el Área Metropolitana de Bogotá afectará la economía regional. Adicionalmente, los efectos de los daños sísmicos serán propagados e incrementados debido a los retrasos de las entidades gubernamentales y no-gubernamentales en la generación de acuerdos referentes a las respuestas de emergencia, e igualmente por el retraso en la formulación de acuerdos de cooperación intermunicipales, interregionales e internacionales. Este será un desastre trágico.

Consecuentemente, las funciones en el Área Metropolitana de Bogotá se verán paralizadas y la reanudación de dichas operaciones tomará un tiempo largo; esto generará un serio impacto no solo para la economía regional sino también sobre la economía nacional.

B. Propagación del daño debido a la demora en la formulación de acuerdos de las organizaciones responsables de prevención de desastres y atención de emergencias

En el mismo día, el Presidente declarará la emergencia y en el siguiente, el estado de desastre nacional. La Policía Metropolitana y el ejército iniciarán sus funciones y responsabilidades. El Área Metropolitana de Bogotá será militarizada. Igualmente, el Presidente establecerá un fondo para la reconstrucción y desarrollo social del Área Metropolitana de Bogotá, y establecerá un cuartel nacional de respuesta a emergencias.

Las entidades responsables de la prevención y la respuesta a emergencia de la ciudad de Bogotá, Cundinamarca y del gobierno nacional, se verán afectadas por el bloqueo de las vías de emergencia. Las actividades de respuesta a emergencia serán retrasadas debido a la falta de preparación en dichas actividades y se presentarán muchas dificultades para las entidades administrativas en la conducción de sus actividades de respuesta, excepto para el ejército, la policía, la defensa civil, la cruz roja y los cuerpos de bomberos. Los retrasos en el manejo general de las respuestas y las actividades de recuperación por parte de las entidades administrativas, generarán la propagación y expansión de nuevos problemas y daños.

C. Daño en Edificaciones

Existen 956 mil edificaciones sin ninguna ó con baja capacidad de resistencia sísmica. Sin embargo, un refuerzo de las edificaciones a gran escala no ha sido llevado a cabo aún, y así, cerca de 400 mil edificaciones en el Área Metropolitana de Bogotá serán dañadas, especialmente en las localidades del sur de Bogotá, tales como Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Tunjuelito, La Candelaria, Rafael Uribe, Santa Fe, Antonio Nariño, Bosa y Kennedy.

Estas localidades no poseen la infraestructura básica y por ello son vulnerables. Las edificaciones gubernamentales ó públicas, con excepción de las que se encuentran actualmente en construcción, serán dañadas en un desastre sísmico. La destrucción de muchas de estas edificaciones paralizará las actividades de repuesta a la emergencia y causará una reducción en las funciones administrativas. Será requerida la demolición de edificaciones seriamente dañadas y el despeje de un gran volumen de escombros.

El retraso en los arreglos de refugios y lugares de evacuación, y de actividades de soporte para la reconstrucción debido a la falta de preparación, generará problemas de malestar social.

D. Víctimas y heridos debido al colapso de edificaciones

El colapso de aproximadamente 400 mil edificaciones causará 39,000 muertes y 270,000 heridos. La escala de muertes y heridos abrumará la capacidad de respuesta médica en el Área Metropolitana de Bogotá. Debido a la destrucción de muchas instalaciones médicas y hospitales, la capacidad de respuesta médica se verá disminuida y hará que las actividades de alivio y transporte de heridos sea reducida. Adicionalmente, y debido a la falta de acuerdos, las actividades de soporte desde otras ciudades y países se verán retrasadas. Las condiciones generales serán aún más miserables.

E. Disminución de la capacidad de transporte debido al daño en la infraestructura

En el desastre se colapsarán 53 puentes. Las vías troncales en el Área Metropolitana de Bogotá se bloquearán en muchos lugares y perderán su función de transportación en emergencia. La remoción de escombros es la parte sencilla; la recuperación de funciones es la que tomará un

tiempo largo debido a la falta de preparación y a la demora en el despeje de las vías. Las actividades de respuesta a emergencia y el transporte de emergencia será llevado a cabo a través de vías de circunvalación. El tráfico deberá ser controlado completamente, y solo los vehículos relacionados con actividades de emergencia deberán ser autorizados para entrar en el Área Metropolitana.

F. Víctimas, espacios de evacuación y lugares de refugio

En el Área Metropolitana de Bogotá, cerca de 400 mil viviendas/edificios serán dañados, dejando 3 millones de personas sin casa. Adicionalmente, tanto los sitios de evacuación como los lugares de refugio serán insuficientes. Numerosas víctimas tendrán que permanecer en las viviendas colapsadas debido a la falta de espacios e instalaciones para evacuación, provisión de agua, alimentos y otras necesidades básicas para el sostenimiento vital..

G. Instalaciones de servicios públicos dañadas y falta de instalaciones para respuesta a emergencias

En el desastre, las instalaciones de servicios públicos vitales serán dañadas en varios puntos, tal como 3,753 puntos dañados en la tuberías de distribución principal del acueducto, 428 puntos en la tubería de gas natural (red principal), ruptura del cable de transmisión eléctrica en 2,077 lugares, y de cableado telefónico en 2,771 puntos. Aunque las compañías de servicios darán sus mejores esfuerzos, los servicios fundamentales como el de agua potable serán suspendidos por un largo periodo de tiempo. En el Área Metropolitana de Bogotá no existe abastecimiento de agua potable de emergencia suficiente para las víctimas del desastre.

H. Daño severo en las áreas vulnerables

Las áreas vulnerables en la parte sur y algunas en la zona norte de Bogotá sufrirán una alta tasa de daños. El daño indirecto se incrementará debido a la falta de infraestructura básica, tal como lugares y vías de evacuación.

I. Comunicación

El servicio telefónico será cortado localmente en la parte sur de Bogotá. La telefonía sin cableado y los teléfonos portátiles deberán ser utilizados. No obstante, será difícil comunicar la información del desastre y de emergencia, incluyendo la información de seguridad personal.

J. Daños secundarios

El terremoto disparará incendios en algunas industrias y estos continuarán ardiendo principalmente en las localidades de Puente Aranda y los Mártires, debido al bloqueo de las vías de emergencia y también a la disminución de la capacidad de atención de los cuerpos de bomberos por el colapso de sus propias instalaciones. Ocurrirán deslizamientos en la parte sur de Bogotá, en las áreas cercanas al epicentro y algunos habitantes deberán ser evacuados.

(3) Propuestas para el Manejo de Desastres

Para la prevención y mitigación de los daños sísmicos, se requieren llevar a cabo las siguientes contramedidas:

A. Arreglo de las organizaciones de prevención de desastres

Con el fin de aliviar ó mitigar los daños a las personas y a los bienes, se hace básico como medida para el Área Metropolitana de Bogotá establecer organizaciones para prevención de desastres y respuesta a emergencia.

B. Fortalecimiento de edificaciones, infraestructura e instalaciones de líneas de servicios públicos vitales

Con el fin de reducir el número de víctimas, es indispensable aliviar o mitigar los daños en las edificaciones en el Área Metropolitana de Bogotá. Adicionalmente y para llevar a cabo las actividades de respuesta a emergencias, es necesario que la infraestructura relevante como puentes e instalaciones de servicios públicos vitales sea reforzada contra terremotos.

C. Arreglo de respuestas de emergencia para minimizar el daño en un desastre

Con el fin de conducir las respuestas a emergencia necesarias, se hace necesario que las organizaciones gubernamentales preparen las respuestas a emergencias y la actividades de respuesta iniciales. Para la recuperación y reconstrucción, es indispensable estudiar las respuestas necesarias antes del desastre.

D. Incremento de la conciencia pública frente a desastres, con el fin de disminuir las víctimas y los daños en un desastre

Es importante que el gobierno promueva la participación de la gente y la comunidad local en la prevención de desastres y en las respuestas a emergencias. En caso de desastre, las actividades de soporte propio por parte de la comunidad serán primordiales en la etapa inicial. Para este propósito es necesario que el gobierno incremente permanentemente la conciencia de la gente respecto al desastre.

5) Estimación del costo del daño

(1) Edificaciones

La estimación del costo del daño a las edificaciones ha sido realizada con base en los valores catastrales de las edificaciones. La relación de daños se deriva de la estimación del daño realizado por este estudio, y en consecuencia se utiliza la relación de daño de cada localidad o municipio. Sólo se incluyen en el cálculo las edificaciones con daños mayores. A continuación se presentan los resultados de la estimación.

Tabla 4.2.49 Resultados del Estimado de Daños

Name of Locality/Municipality	Building Damage Estimation (million Peso)		
	Case 1	Case 2	Case 3
Usaquen	1,527,466	2,198,765	416,495
Chapinero	959,667	1,227,096	144,505
Santa Fe	678,325	563,973	54,870
San Cristobal	963,621	721,133	61,432
Usme	471,341	371,193	29,098
Tunjuelito	628,678	601,803	104,671
Bosa	624,525	640,458	77,628
Kennedy	1,989,013	2,215,676	389,212
Fontibon	535,652	1,272,761	262,041
Engativa	821,082	2,136,084	435,318
Suba	1,475,195	2,533,829	705,022
Barrios Unidos	455,671	1,573,371	262,240
Teusaquillo	777,019	1,072,914	286,910
Maritimes	822,409	803,029	134,039
Antonio Narino	592,323	582,041	90,375
Puente Aranda	1,333,960	1,506,143	312,727
La Candelaria	152,563	141,222	22,225
Rafael Uribe	1,138,378	956,086	94,604
Ciudad Bolivar	865,916	584,903	44,540
Sub Total	16,812,803	21,702,482	3,927,954
Chia	96,043	91,780	65,580
Cota	29,847	58,617	16,949
Facatativa	45,673	49,241	12,476
Funza	8,601	19,211	4,908
La Calera	185,599	135,594	1,911
Madrid	13,292	25,478	8,257
Mosquera	6,577	12,414	3,054
Soacha	117,725	103,822	15,684
Sub Total	503,357	496,157	128,820
Total	17,316,160	22,198,638	4,056,774

Fuente: Equipo de estudio JICA

Los resultados indican que el daño a las edificaciones es de aproximadamente 22 trillones de pesos para el caso medio, que es donde se espera la mayor parte de daños en el Área de Estudio. Esto significa que más del 32 por ciento de la totalidad de las edificaciones perderían su valor, y el valor total del daño excedería esta cifra porque sólo incluye aquellas con daños graves. En el caso de Armenia, el número de viviendas parcialmente dañadas fue de 2.5 veces mayor en comparación con el número de viviendas totalmente destruidas. Por consiguiente, la cantidad de daño sería mayor que el de edificios severamente afectados.

(2) Infraestructura y líneas de servicios públicos

El precio unitario para la reconstrucción de un puente se estima con base en la información suministrada por el IDU sobre el valor real de construcción de varios puentes, y la cantidad total

aproximada para puentes dañados se calcula como el producto del número de puentes dañados y el costo unitario.

Igualmente, la cantidad de daños a cada línea de servicios públicos se estima de acuerdo con el precio unitario aproximado de cada instalación de servicio público obtenido de las entidades pertinentes.

A. Precio unitario

La Tabla 4.2.50 muestra los precios unitarios usados para estimar el monto de los daños. Los precios unitarios fueron suministrados por las entidades pertinentes. Los materiales de la tubería de abastecimiento de agua que se muestran en la Tabla 4.2.50 son aquellos que involucran casi todos los daños a las tuberías de acueducto.

Tabla 4.2.50 Precios Unitarios de Tuberías, Cables y Puentes

Item	Description	Unit Price (1000pesos)	Unit	Source
Water supply pipes	ACP	300	1 damaged point	EAAB
	CIP	350	Ditto	
	GIP	350	Ditto	
	PVC	300	Ditto	
	RC	30,000	Ditto	
Gas supply pipes	Polyethylene	1,000	Ditto	Natural Gas Company
Electrical cable	Overhead	1,300	1 meter	CODENSA
	Underground	400	Ditto	
Telephone cable	Overhead (pole)	400	1 pole	ETB
	Underground	220	1 meter	
Bridge	RC bridge	7,000,000	1 bridge	IDU

B. Cantidad de daños a las Líneas de servicios públicos y puentes

Las Tablas 4.2.51, 4.2.52 y 4.2.53 indican, en millones de pesos, la cantidad total de puentes y líneas de servicios públicos dañados en los Casos 1, 2 y 3 respectivamente.

Se anticipa que para un terremoto del Caso 1 la cantidad de daños esté alrededor de 380 billones de pesos; para el Caso 2 la cifra estaría en 410 billones de pesos, mientras que para el Caso 3 sólo se prevén unos 5 millones de pesos. Las cifras en las tablas están redondeadas a millones.

El valor de pérdidas se debe sobretodo a puentes dañados.

Tabla 4.2.51 Caso 1 (La Cajita) Valor de Daño Total

	Amount of Damage (Million pesos)		
	Bogotá	Cundinamarca	Total
Bridge	371,000	0	371,000
Water supply pipe	3,515	253	3,768
Gas supply pipe	388	39	427
Electric cable	2,715	117	2,832
Telephone cable	605	51	656
Total	378,223	460	378,683

Tabla 4.2.52 Caso 2 (Guayuriba) Valor de Daño Total

	Amount of Damage (Million pesos)		
	Bogotá	Cundinamarca	Total
Bridge	406,000	0	406,000
Water supply pipe	1,494	46	1,540
Gas supply pipe	132	7	139
Electric cable	912	66	978
Telephone cable	255	9	264
Total	408,793	128	408,921

Tabla 4.2.53 Caso 3 (subducción) Valor de Daño Total

	Amount of Damaged (Million pesos)		
	Bogotá	Cundinamarca	Total
Bridge	0	0	0
Water supply pipe	4	0	4
Gas supply pipe	1	0	1
Electric cable	0	0	0
Telephone cable	0	0	0
Total	5	0	5

4.2.2 Deslizamientos

Los deslizamientos son causados por el hombre o por la naturaleza. El deterioro de la estabilidad de las laderas al cambiar la topografía, como en el caso de las canteras y el aumento del nivel freático por tratamientos inadecuados de descargas de agua son ejemplos de causas humanas. Por otro lado, el aumento del nivel freático por lluvias, o la presencia de fuerzas laterales debido a terremotos son ejemplos de causas naturales.

Las anteriores causas, salvo por los terremotos, son fenómenos regulares.

1) Escenario Regular

En general las fallas de los taludes causadas por la lluvia ocurren en períodos de precipitación. En Bogotá, la época de lluvias va desde marzo hasta mayo y de octubre a noviembre. Sin embargo, los resultados de monitoreo muestran que los deslizamientos de El Espino comienzan durante el período seco, entre agosto y septiembre y que, en general, no se encontró una relación entre la época de lluvias y los deslizamientos.

El movimiento del suelo estuvo más relacionado con el comienzo de la descarga de aguas negras debido a la instalación del servicio de acueducto. En el escenario de desastres regulares no es probable que muchos deslizamientos ocurran al mismo tiempo durante un período en particular.

4.2.3 Inundación

El escenario de desastre por inundación debe considerar las magnitudes de las fuerzas externas y la inundación probable con un período de retorno de 100 años en las áreas con amenaza.

Las fuerzas externas y el desastre deberían asumirse así:

- Fuerzas externas: Cantidad de escorrentía.
- Desastre: Inundación, incluyendo inundaciones relámpagos.

Es necesario realizar un análisis de inundación para el área Metropolitana de Bogotá con el fin de determinar las áreas probables de peligro por inundación, análisis que aún no se ha realizado. El escenario de desastre por inundación debe ser formulado con base en los mapas existentes de riesgo por inundación de Bogotá y los ocho municipios.

1) Escenario Bajo las Condiciones Existentes (Sin Proyecto)

Según el reporte de la EAAB, la capacidad de transporte actual del Río Bogotá está evaluada en el período de retorno de 5 a 10 años del período de inundación, de tal forma que la escorrentía del período de retorno de 100 años desbordará las riveras. El área y la población en las áreas de inundación se estiman entre 11,000 y 615,000 pobladores como se mencionó en 3.1.3.

2) Medidas Preventivas para el Escenario Bajo las Condiciones Actuales

Existen dos medidas preventivas para reducir el daño por inundación, a saber, las estructurales y las no estructurales. Sin embargo, las medidas no estructurales no pueden evitar el fenómeno natural de inundación. Por lo tanto, para evitar los desastres causados por la inundación se aplicarán las medidas estructurales. La escala de diseño de las estructuras preventivas ha sido determinada considerando la importancia y la acumulación de los activos de las posibles áreas de inundación.

- El Río Bogotá y los tributarios en la ciudad de Bogotá: Inundación con período de retorno de 100 años.
- Otros tributarios: Inundación con período de retorno de 10 años.

3) Escenario bajo Condiciones Futuras después de Terminar las Medidas Estructurales.

Aunque se terminen las contramedidas preventivas estructurales, las inundaciones continuarán siendo mayores que la escala de diseño a lo largo del río. Esto significa que es imposible evitar toda la inundación con dichas medidas preventivas. Es, por lo tanto, necesario considerar tanto las medidas no estructurales como las estructurales para minimizar los daños por inundación.

4.2.4 Instalaciones industriales

El escenario de desastre para las instalaciones industriales está enfocado en un desastre causado por materiales peligrosos en las industrias que manejan dichos elementos.

1) Materiales Peligrosos

De acuerdo con los estudios realizados en Bogotá, los eventos más frecuentes fueron el incendio seguido por explosión, y las explosiones estuvieron sobretodo vinculadas a la pólvora y al gas propano.

En términos de frecuencia e impacto del evento, los materiales peligrosos con frecuencia implicaban pólvora (incluyendo los globos navideños de aire caliente), el propano, la gasolina, el amoníaco, los solventes, el gas natural, el cloruro y el clorhidrato.

2) Localidades y Tamaño de la Compañía

Las industrias relacionadas anteriormente están ubicadas principalmente en las 8 localidades de Puente Aranda, Fontibón, Kennedy, Engativá, Barrios Unidos, y algunas en Usaquén, Los Mártires y Suba. Estos sitios tienen un 78% de las industrias relacionadas en Bogotá y casi el 80% son compañías pequeñas, según los criterios de clasificación basados en los activos brutos reportados por la Cámara de Comercio.

4.3 Requerimiento de Recursos

4.3.1 Terremoto

Para evitar los desastres por terremotos y mitigar los daños estimados por los escenarios de terremotos más graves y también para tomar las medidas de emergencia apropiadas, la preparación requerida es la siguiente:

(Medidas básicas)

- Realizar un estudio geológico y geotécnico en los ocho municipios de Cundinamarca.
- Implementar instrumentación sísmica en los ocho municipios de Cundinamarca.
- Implementar medidas de emergencia contra desastres.
- Identificar las edificaciones e instalaciones más importantes como centros de emergencias, centros médicos para respuestas ante emergencias.
- Realizar evaluaciones de seguridad sísmicas en las edificaciones, instalaciones, infraestructura y estructuras de servicios públicos más importantes, y planear las medidas preventivas.
- Planificar los centros de prevención de desastres requeridos para respuestas ante una emergencia; y
- Establecer una estructura unificada para la prevención de desastres y respuestas ante una emergencia entre las entidades involucradas.

(Medidas preventivas)

- Realizar un diseño sísmico preliminar para las edificaciones, instalaciones, infraestructura y estructuras de servicios públicos más importantes, e implementar las medidas preventivas.
- Realizar el diseño sísmico preliminar para las edificaciones históricas e implementar las medidas preventivas.
- Preparar un mapa de riesgos sísmicos.
- Preparar un mapa de ubicación de respuestas ante una emergencia.
- Preparar manuales para respuestas ante una emergencia; y
- Establecer un sistema de comunicaciones como Sistema de Información de Desastres.

(Acciones preventivas)

- Mejorar la educación pública sobre prevención de desastres sísmicos y mitigación de daños sísmicos y respuestas ante una emergencia.
- Mejorar la educación técnica para el diseño antisísmico de edificaciones e instalaciones públicas según las Normas Colombianas para el Diseño y Construcción Antisísmica.
- Revisar las Normas Colombianas para el Diseño y Construcción Antisísmica de estructuras en mampostería.

- Establecer los procedimientos de inspección para la construcción de edificios.
- Establecer un diseño sísmico estándar para las construcciones en mampostería.
- Preparar medidas paliativas estándar para las estructuras en mampostería no reforzadas.
- Mejorar la educación pública para que existan comportamientos adecuados de la ley.
- Publicar información sobre amenazas sísmicas y respuestas ante emergencias requeridas en el área Metropolitana de Bogotá.

4.3.2 Deslizamientos

Como se describió anteriormente, se reconoce una clara diferencia entre los deslizamientos inducidos por terremotos y los regulares; un terremoto como en el Caso 1 – La Cajita, causará deslizamientos en las áreas cercanas al epicentro.

Por consiguiente, el sistema de prevención de desastres debe diferenciar entre un caso regular y uno por terremoto. Durante el período regular, un número relativamente pequeño de personas tiene que tomar algunas decisiones, mientras que un gran número de personas debe tomar decisiones rápidas en el caso de un terremoto. Sin embargo, en el caso de terremoto, es indispensable el compromiso de ingenieros o especialistas de compañías consultoras privadas como voluntarios en la ayuda del desastre para asegurar la calidad de los ingenieros o especialistas.

4.3.3 Inundación

Los conceptos básicos contra los desastres por inundación son:

- No ocurrirían inundaciones bajo el evento de un nuevo escenario de desastre.
- Minimizar el daño con una combinación óptima de medidas estructurales y no estructurales.

La preparación requerida es la siguiente:

(Medidas básicas)

- Establecer una red de observación hidrológica para alarma contra inundaciones.
- Establecer un sistema de alarma contra inundaciones y evacuación para el área Metropolitana de Bogotá como parte del Sistema de Información de Desastres.
- Estudiar las áreas de peligro de inundación del área Metropolitana de Bogotá; y
- Revisar el programa de prevención de desastres por inundación en el POT.

(Medidas preventivas)

- Realizar trabajos de mejoras en el Río Bogotá desde Alicachín hasta la Conejera para tener una capacidad de transporte de caudales de inundación para el período de retorno de 100 años.
- Realizar trabajos de mejoras para las instalaciones de control de flujo del Río Tunjuelo.

- Realizar trabajos de mejoras en el Río Botello en Facatativá; y
- Realizar trabajos de mejoras y prevención de desastres por flujo de lodo en La Calera.

(Acciones preventivas)

- Estudiar y mejorar los métodos operativos de las Compuertas de Alicachín durante las inundaciones.
- Mejorar el control del uso del suelo a lo largo del río desde el punto de vista de manejo del río.
- Mejorar la educación pública para la prevención de desastres por inundación y mitigación de los daños por inundación.
- Realizar las actividades adecuadas para la operación y el mantenimiento de las instalaciones del río; y
- Mejorar el manejo de la cuenca del Río Bogotá desde el punto de vista de recursos de agua y medio ambiente.

4.3.4 Instalaciones Industriales

Para proteger el área urbana tanto de los desastres relacionados con los materiales peligrosos y las industrias que los manejan, como para mitigar los daños, se sugieren las siguientes medidas a nivel nacional, regional y de las compañías mismas:

(Medidas básicas)

- Identificar los materiales y las industrias peligrosas en el área Metropolitana de Bogotá.
- Preparar los mapas con la localización de los puntos peligrosos en el área Metropolitana de Bogotá; y
- Establecer las medidas de prevención de desastres y las respuestas ante las emergencias.

(Medidas preventivas a nivel nacional y regional)

- Asesorar a todas las compañías en la preparación de información sobre los materiales peligrosos que están manejando y preparar una Hoja de Información de Seguridad Industrial (MSDS) para los materiales peligrosos.
- Asesorar a todas las compañías para que etiqueten los recipientes que contengan materiales peligrosos.
- Comenzar un programa de calificación y capacitación en gestión de emergencias tecnológicas de materiales peligrosos.
- Reconsiderar las restricciones sobre pólvora en Bogotá o desarrollar un programa de prevención para el manejo seguro de materiales peligrosos basado en normas internacionales; y

- Preparar normas para el manejo de materiales peligrosos haciendo referencia a la UNCED, US (Norma NFPA, EPA RPM), las normas Mexicanas, la Ley de Servicios Contra incendios Japonesa, etc.

(Medidas preventivas a nivel regional)

- Instruir a las compañías pequeñas sobre seguridad industrial.
- Instruir a las compañías para que establezcan un Sistema de Reportes.
- Instruir a todas las compañías para que reporten los accidentes tecnológicos.
- Instruir a todas las compañías para que reporten sus procesos, las materias primas o el desarrollo de nuevos proyectos.
- Regular el uso del suelo en el Área Metropolitana de Bogotá; y
- Reubicar las instalaciones e industrias de alto riesgo.

(Medidas preventivas a nivel de compañía)

- Preparar planes de prevención para los desastres por gas propano o gas natural; y
- Reconsiderar las restricciones sobre pólvora en Bogotá o desarrollar un programa de prevención para el manejo seguro de materiales peligrosos basado en normas internacionales.

(Acciones preventivas)

- Mejorar la educación pública sobre materiales peligrosos e industrias peligrosas, y
- Publicar los puntos peligrosos en el área Metropolitana de Bogotá.

4.3.5 Otros

1) Salud y Servicios Médicos de Emergencia

(Medidas básicas)

- Establecer una red hospitalaria de respuesta médica ante una emergencia.
- Establecer un sistema de información médico ante una emergencia, como parte del Sistema de Información ante un Desastre.
- Establecer equipos de ayuda médica.
- Compilar manuales sobre servicios médicos de emergencia ante un desastre.
- Identificar los hospitales núcleo para servicios médicos de emergencia ante un desastre; y
- Realizar una evaluación de seguridad sísmica preliminar en los hospitales núcleo.

(Medidas preventivas)

- Aumentar la capacidad para recibir pacientes en caso de una emergencia; y
- Preparar hospitales temporales.

(Acciones preventivas)

- Mejorar la educación pública para respuestas médicas de emergencia.