



Modelación del riesgo sísmico en edificaciones para la ciudad de Bogotá Versión 2018 SISMARB



Contenido

1. Introducción
2. Exposición y vulnerabilidad
3. Amenaza sísmica y respuesta sísmica del suelo
4. Estimación de daños y pérdidas por sismo en edificaciones.

Modelación del riesgo sísmico en edificaciones para la Ciudad de Bogotá
Versión 2018 SISMARB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

1. Introducción

**Modelación del riesgo sísmico en
edificaciones para la ciudad de Bogotá
Versión 2018 SISMARB**



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

1. Introducción

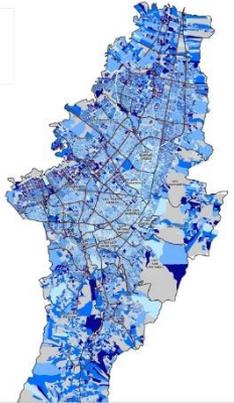


ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

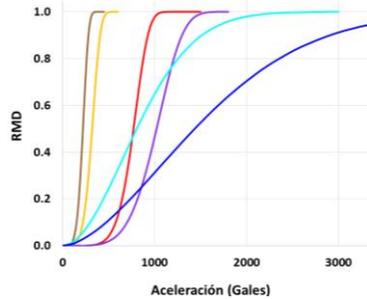
**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

Insumos

Exposición (edificaciones)



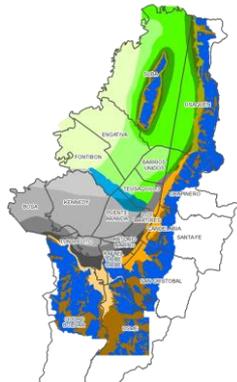
Vulnerabilidad



Amenaza sísmica



Respuesta sísmica del suelo



Sistema de Modelación de Amenazas y Riesgo
de Bogotá - SISMARB

Resultados y uso

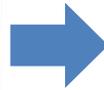
Daño



Pérdida

Humana

Económica



Preparación para
la respuesta

Mitigación /
Prevención del riesgo

Protección
financiera

2. Exposición y vulnerabilidad (Base de datos predial marzo 2017 - UAECD)

**Modelación del riesgo sísmico en
edificaciones para la ciudad de Bogotá
Versión 2018 SISMARB**



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

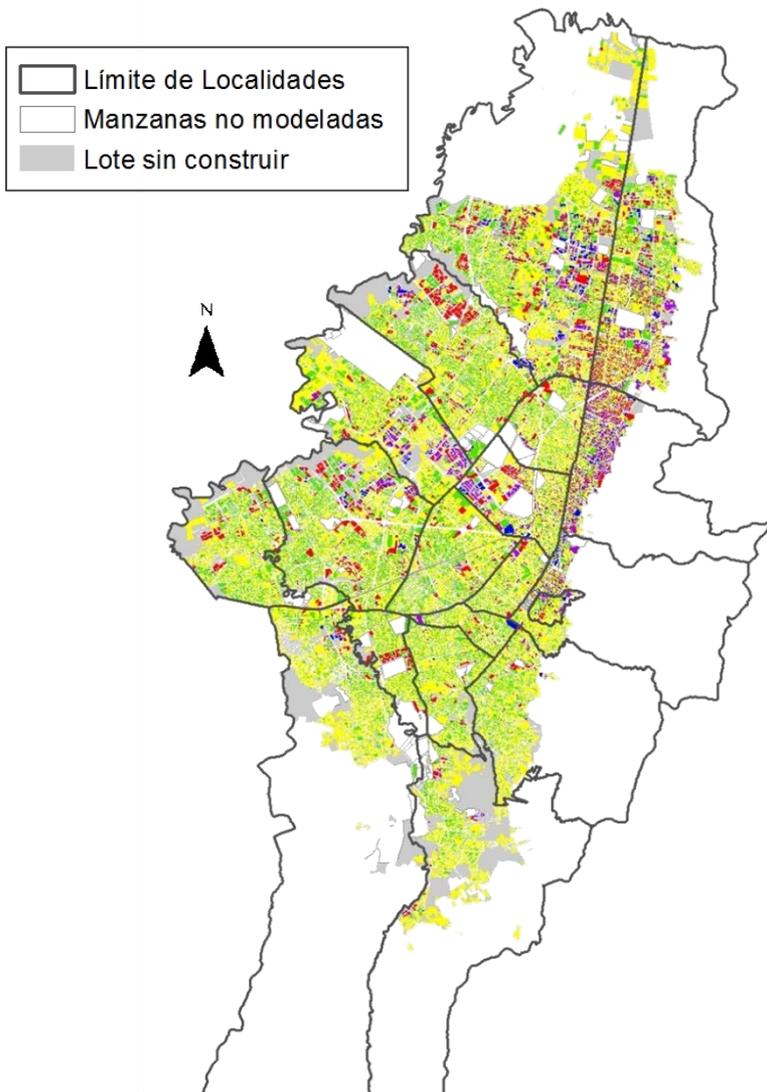
**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

2.1 Clasificación de construcciones por número de pisos

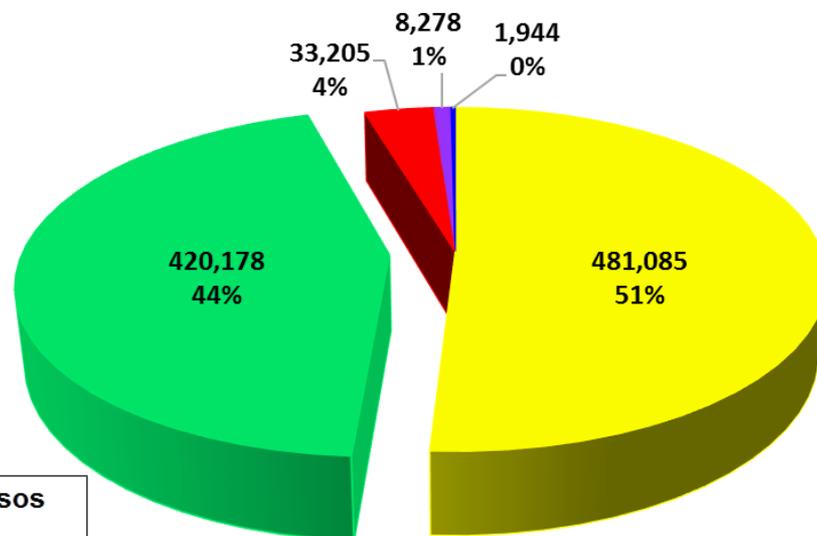


ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ MEJOR PARA TODOS



Cantidad de construcciones



Número de Pisos

- 1 - 2
- 3 - 4
- 5 - 6
- 7 - 12
- Más de 12

Total construcciones modeladas: 944,690

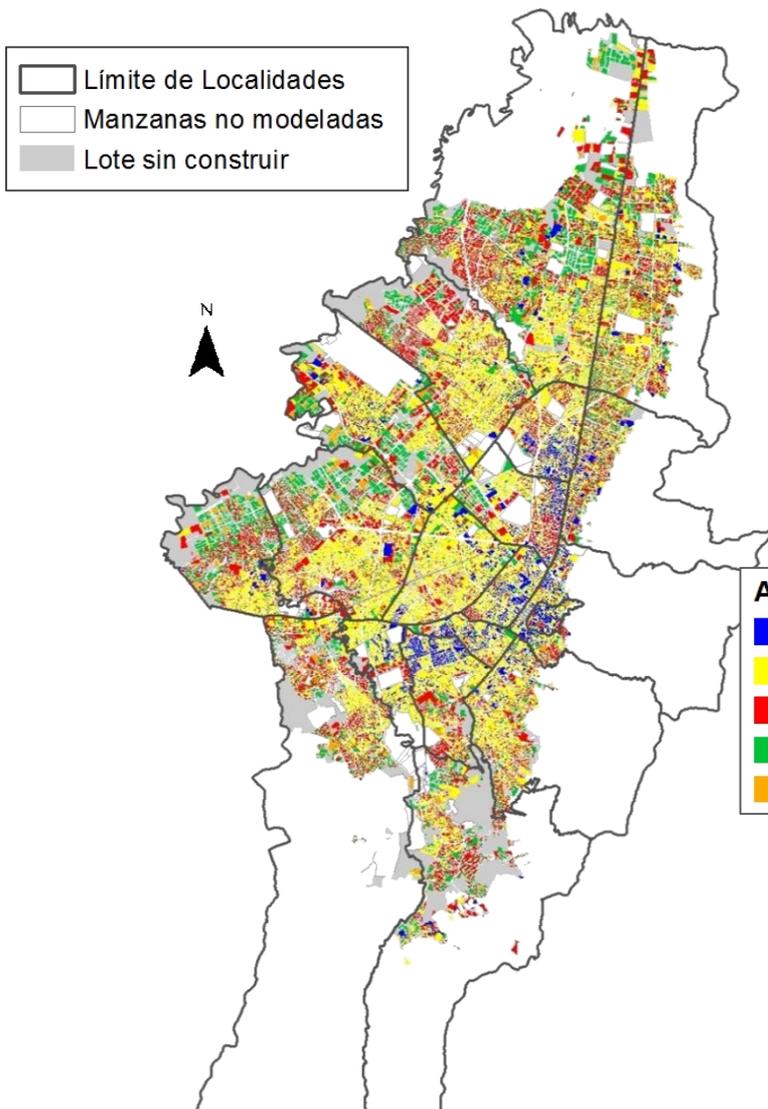
Total área de construcción: 315'199,543 m2

2.3 Antigüedad de las construcciones modeladas

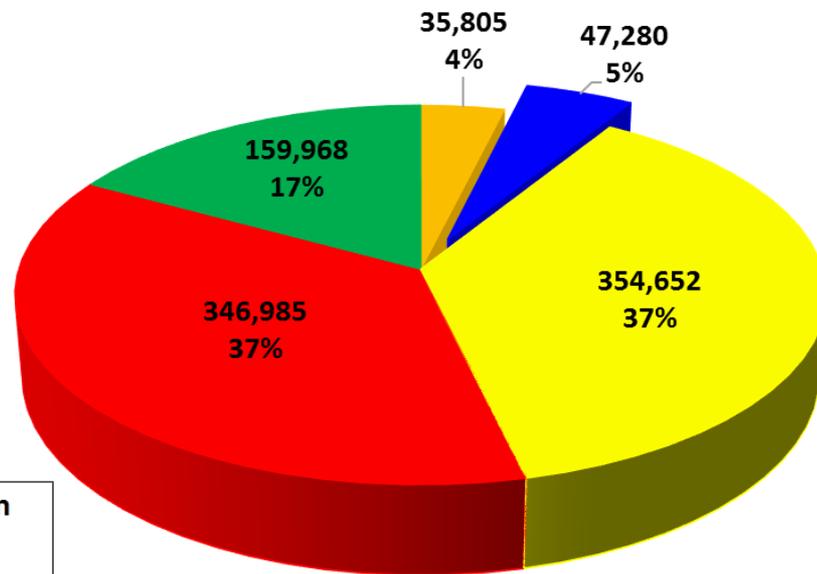


ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

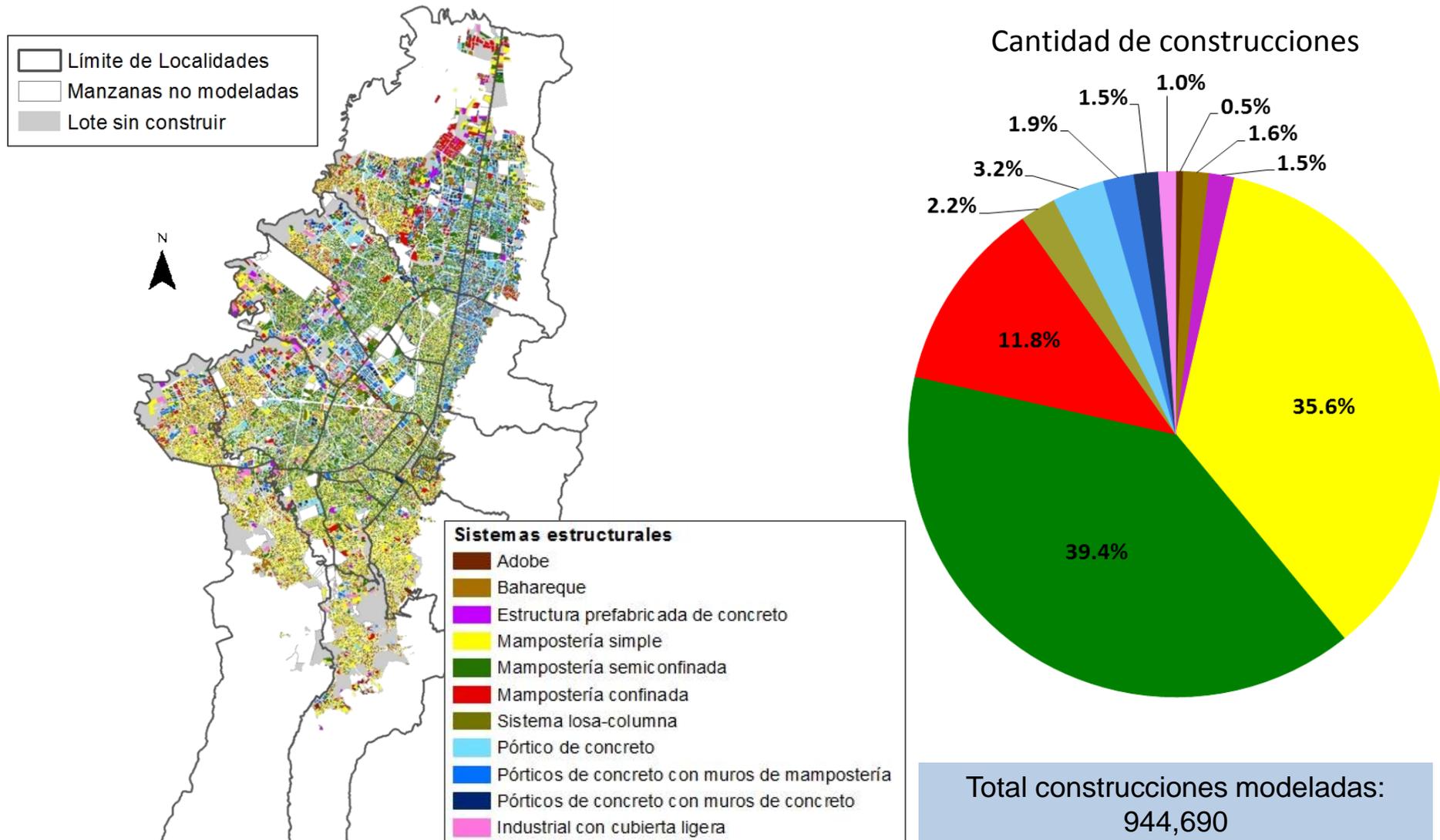


Cantidad de construcciones



Total construcciones modeladas: 944,690

2.4 Sistemas estructurales de las construcciones modeladas

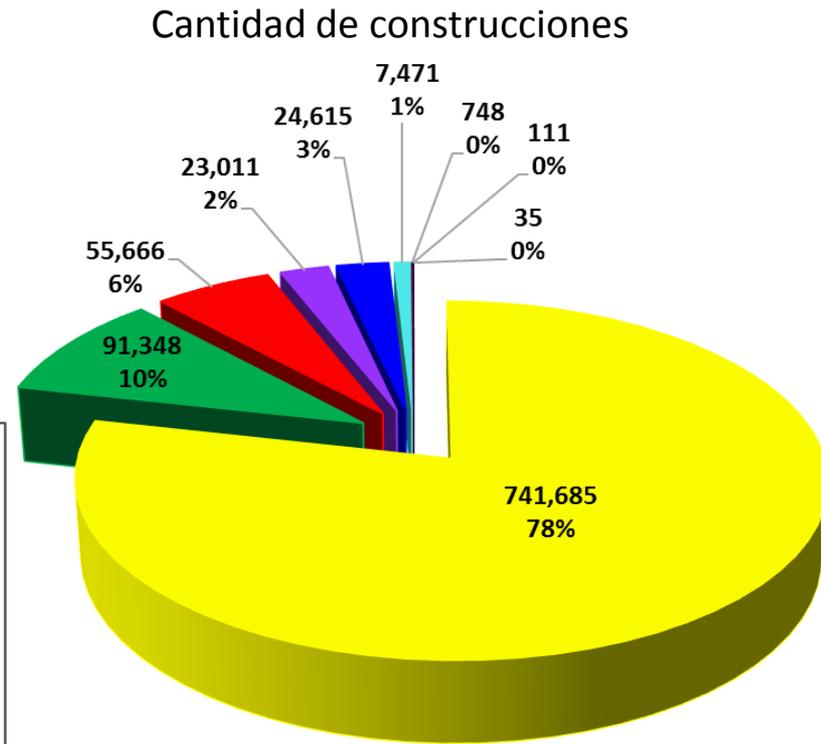
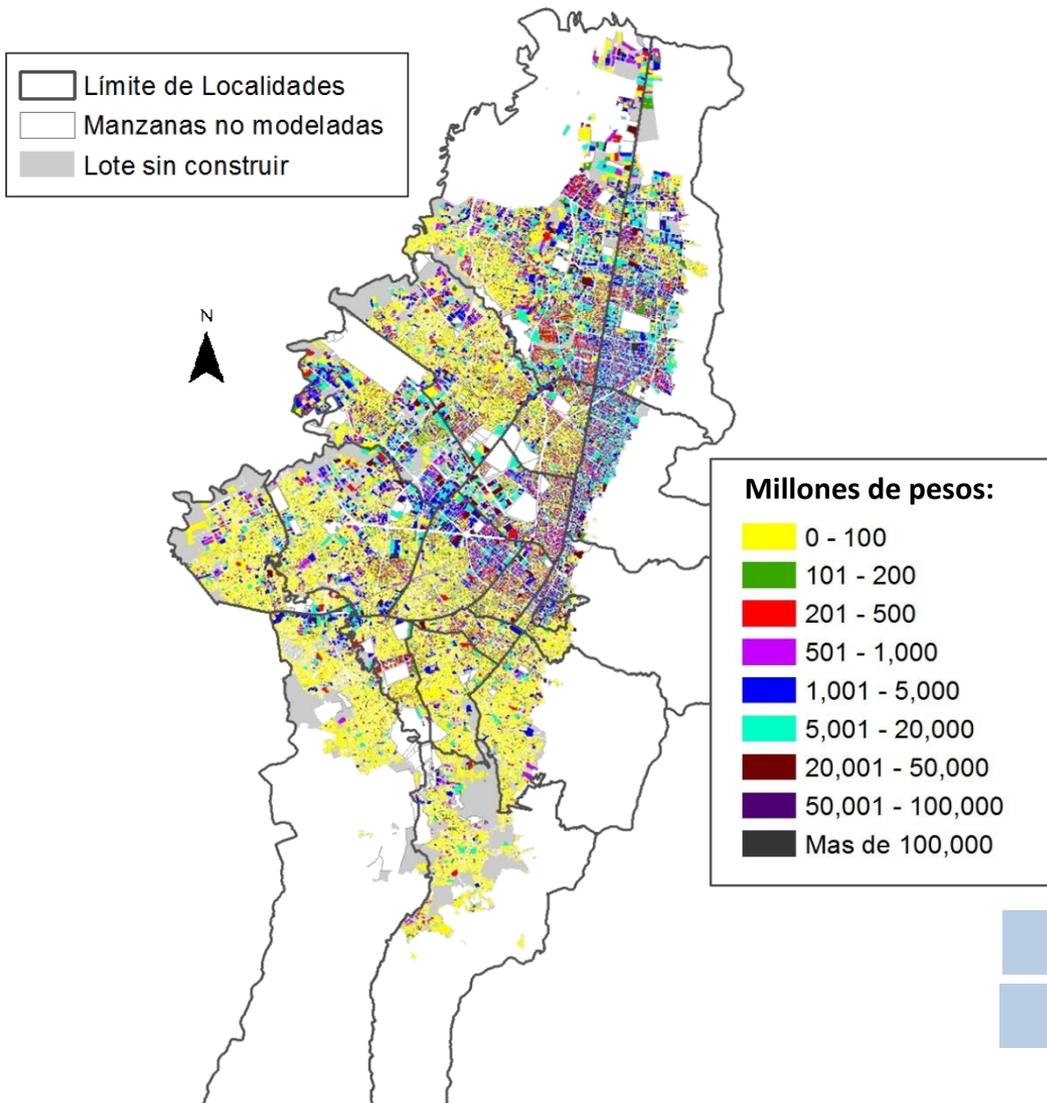


Fuente: Cálculos de IDIGER basados en información de UAECD de marzo de 2017.

2.2 Valor de construcciones modeladas



BOGOTÁ MEJOR PARA TODOS



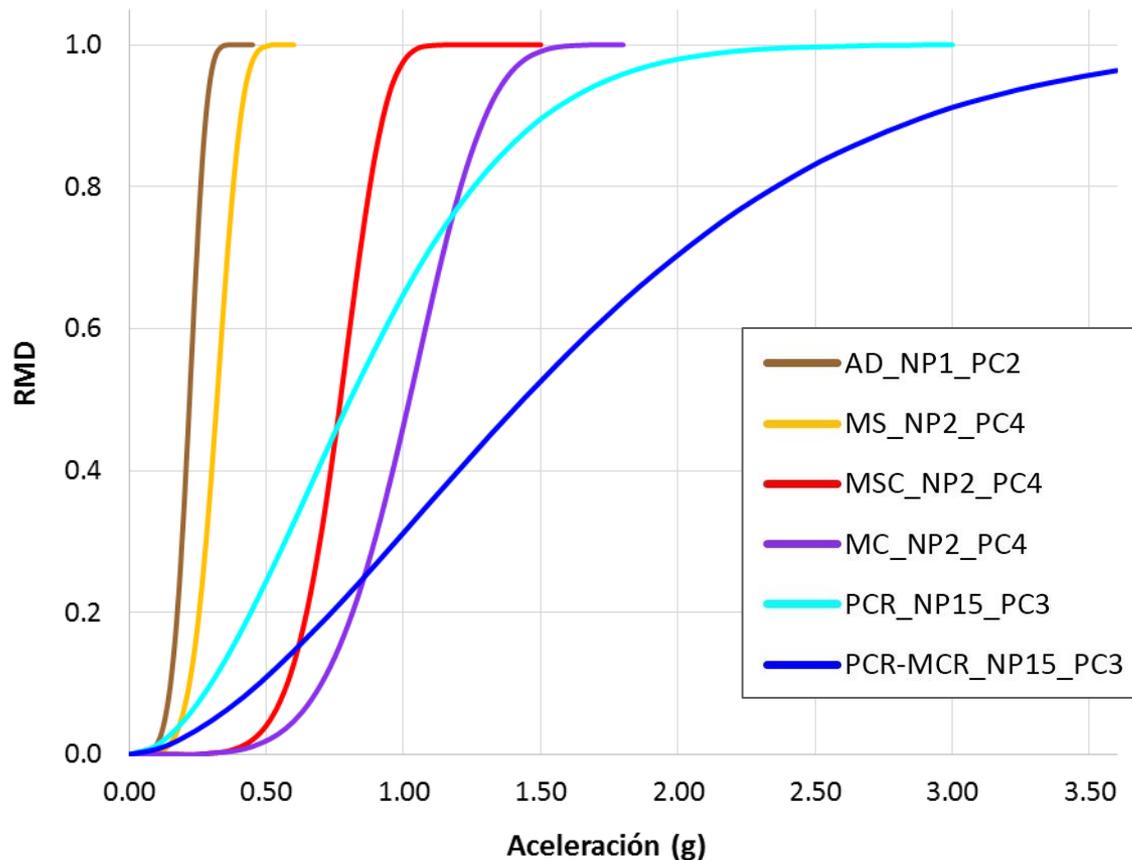
Total construcciones modeladas: 944,690

Valor total construcciones: 227 BDP

2.5 Ejemplos de funciones de vulnerabilidad física incluidas en SISMARB



**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**



SISTEMA ESTRUCTURAL	
Sistema	Descripción
AD	Adobe
MS	Mampostería Simple
MSC	Mampostería Semiconfinada
MC	Mampostería Confinada
PCR	Pórticos de Concreto Reforzado
PCR-MCR	Pórticos de Concreto Reforzado con Muros de Concreto

PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	
Período	Descripción
PC1	Construcción previa a 1959 / Sin información año de construcción
PC2	Entre 1960 - 1985
PC3	Entre 1986 - 1999
PC4	Posterior al 2000

Interpretación nombres de funciones:

S _ AD _ NP1 _ PC2
Sistema estructural + Número pisos + Período construcción

RMD: Relación media de daño.

3. Amenaza sísmica y respuesta sísmica del suelo

**Modelación del riesgo sísmico en edificaciones para la ciudad de Bogotá
Versión 2018 SISMARB**



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

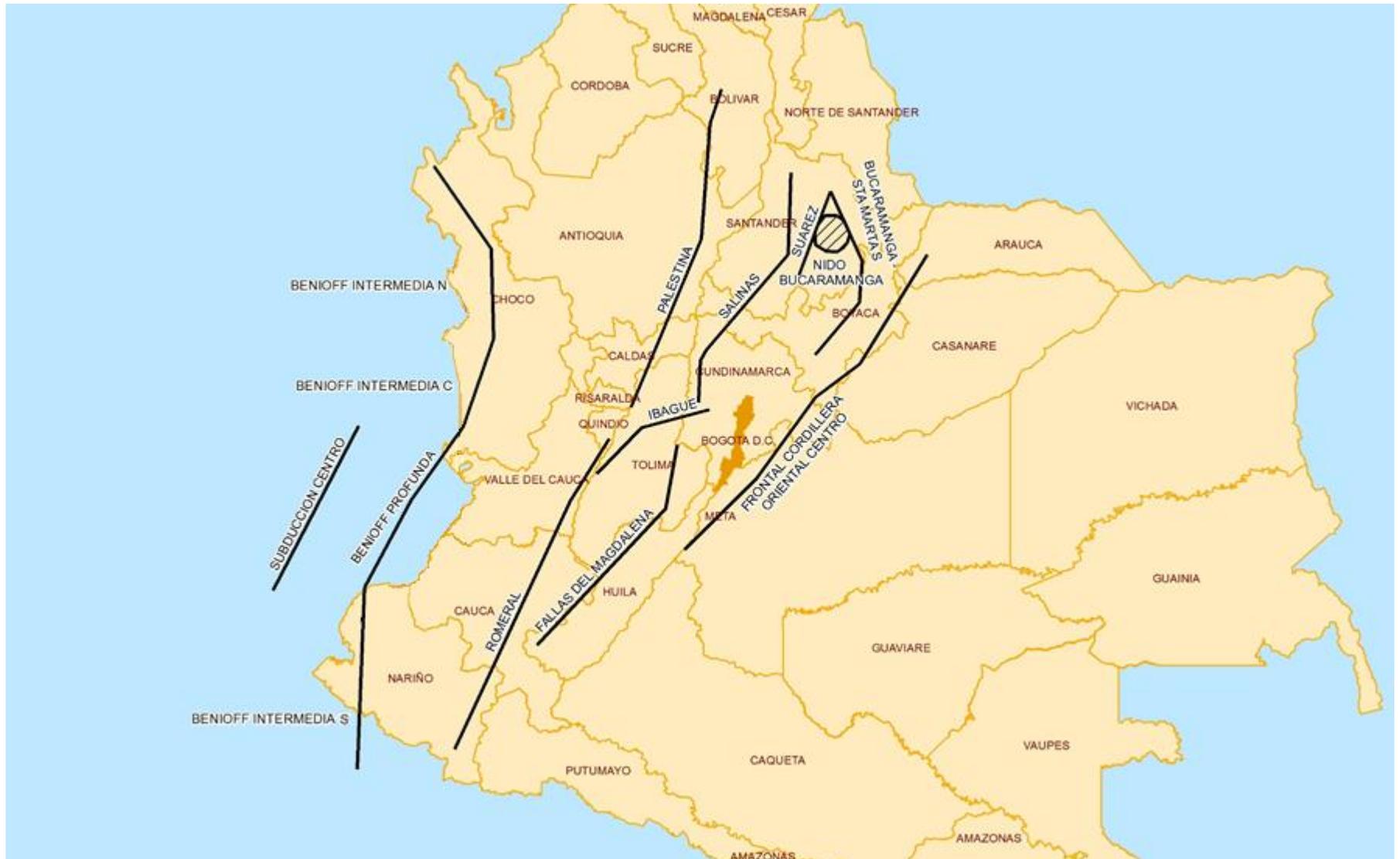
**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

3.1 Fuentes sísmicas y su localización



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS



3.2 Magnitudes modeladas por fuente sísmica

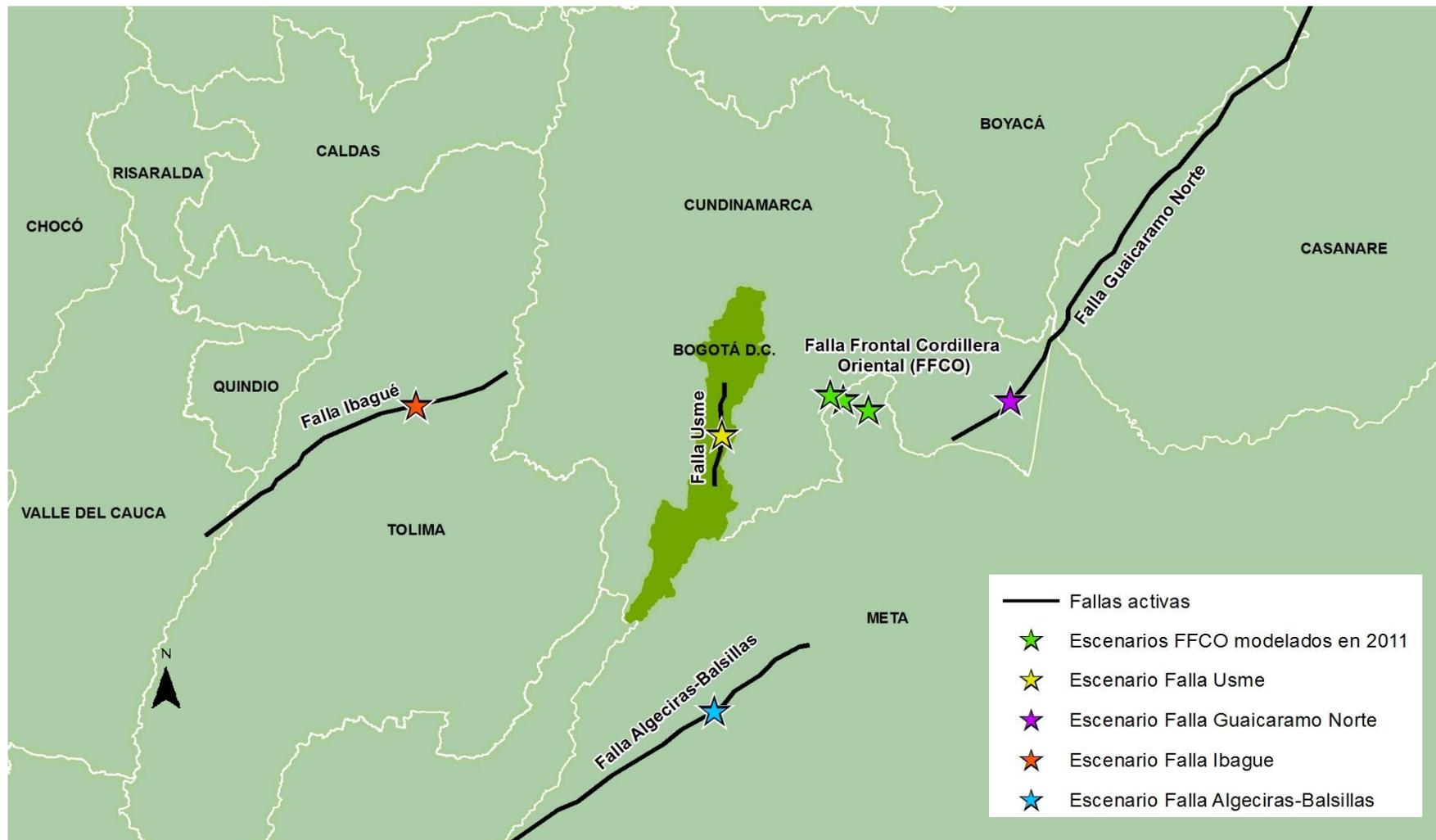


BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

Nombre Falla	Magnitudes (Mw)			
Benioff Intermedia I	5.81	6.44	7.06	7.69
Benioff Intermedia II	5.81	6.44	7.06	7.69
Benioff Profunda	5.75	6.25	6.75	7.25
Bucaramanga-Sta Marta Sur	5.68	6.03	6.38	6.73
Fallas del Magdalena	5.69	6.06	6.44	6.81
Frontal Cordillera Oriental Centro	5.81	6.44	7.06	7.69
Ibagué	5.68	6.03	6.38	6.73
Nido Bucaramanga	5.63	5.88	6.13	6.38
Palestina	5.63	5.88	6.13	6.38
Romeral	5.76	6.29	6.81	7.34
Salinas	5.63	5.88	6.13	6.38
Suárez	5.63	5.88	6.13	6.38
Subducción Centro	5.89	6.66	7.44	8.21

Mw: magnitud de momento

3.3 Fuentes sísmicas utilizadas en la modelación de escenarios



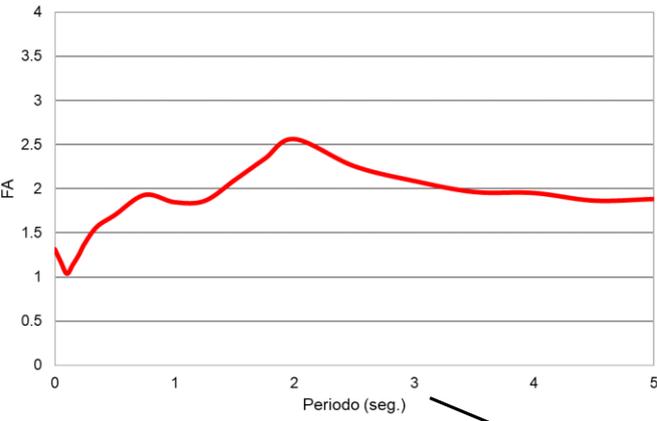
Fuente: Base de datos de fallas activas de la Fundación GEM y el Servicio Geológico Colombiano (2017)

3.4 Respuesta sísmica del suelo - Microzonificación 2010

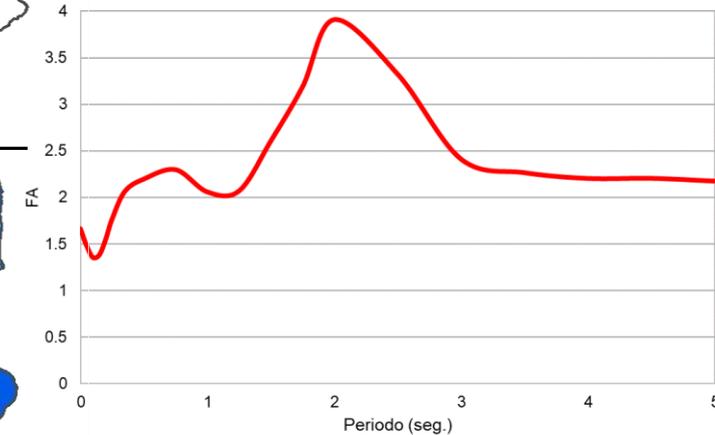


BOGOTÁ MEJOR PARA TODOS

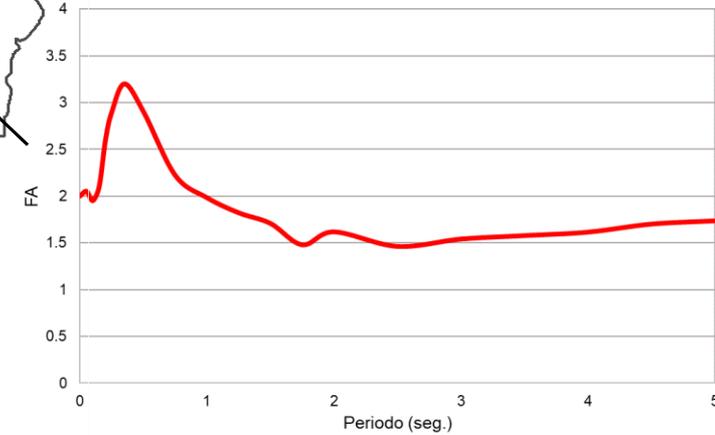
Factor de amplificación - Aluvial 300



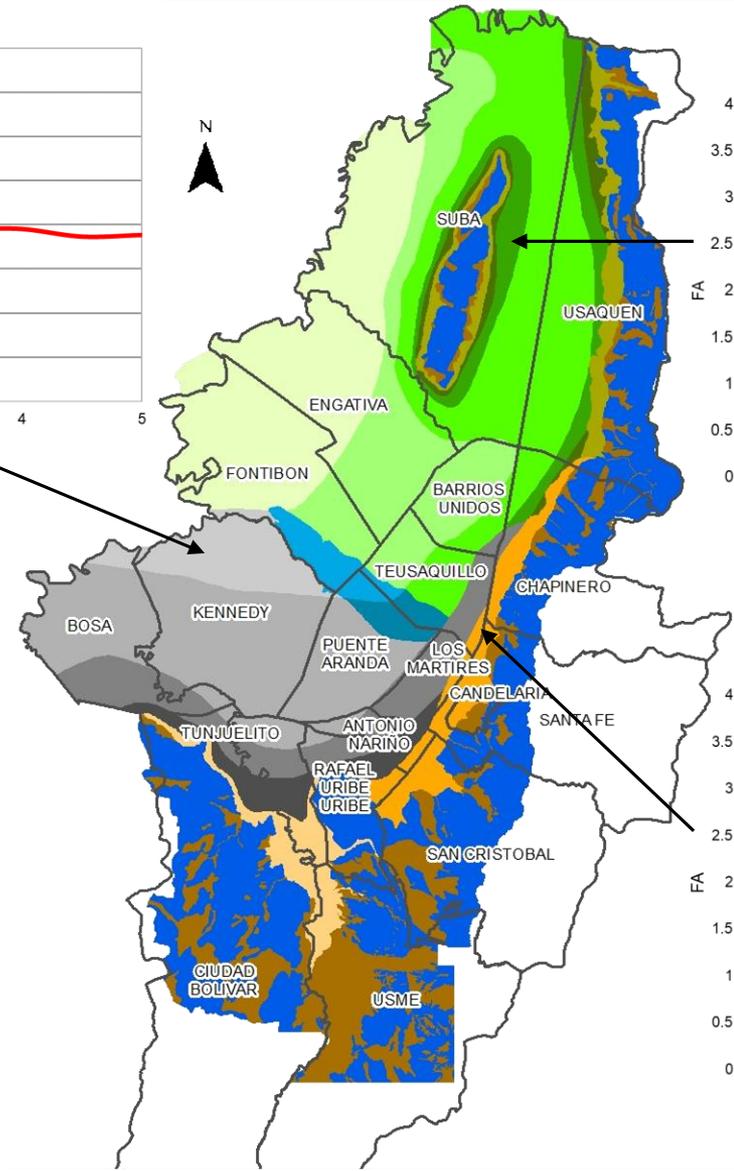
Factor de amplificación - Lacustre 100



Factor de amplificación - Piedemonte B



- Límite de Localidades
- Respuesta Sismica**
- Cerros
- Piedemonte A
- Piedemonte B
- Piedemonte C
- Lacustre 50
- Lacustre 100
- Lacustre 200
- Lacustre 300
- Lacustre 500
- Lacustre Aluvial 200
- Lacustre Aluvial 300
- Aluvial 50
- Aluvial 100
- Aluvial 200
- Aluvial 300
- Depósito Ladera



4. Estimación de daños y pérdidas por sismo en edificaciones

**Modelación del riesgo sísmico en edificaciones para la ciudad de Bogotá
Versión 2018 SISMARB**



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

**Modelación del riesgo sísmico en
edificaciones para la ciudad de Bogotá
Versión 2018 SISMARB**



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

Estimadores puntuales de riesgo



BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

La pérdida anual esperada (PAE)

Integra en un único valor el efecto, en términos de pérdida, de la ocurrencia de todos los escenarios probables de amenaza sobre el portafolio de elementos expuestos.

Es insensible a la incertidumbre, debido a que determina la esperanza matemática de las pérdidas en una base anual.

Indica el valor anual que debe pagarse para compensar, en el largo plazo, todas las pérdidas futuras.

La pérdida máxima probable (PML - Probable Maximum Loss)

La curva PML es una curva que relaciona las pérdidas a su correspondiente periodo de retorno.

El periodo de retorno es el inverso de la tasa de excedencia de pérdidas:

$$Tr(p) = \frac{1}{v(p)}$$

Permite determinar cada cuánto se puede esperar una pérdida, es decir, su periodo de retorno asociado. Dicha pérdida se toma como la máxima que puede ocurrir dentro de ese periodo de retorno.

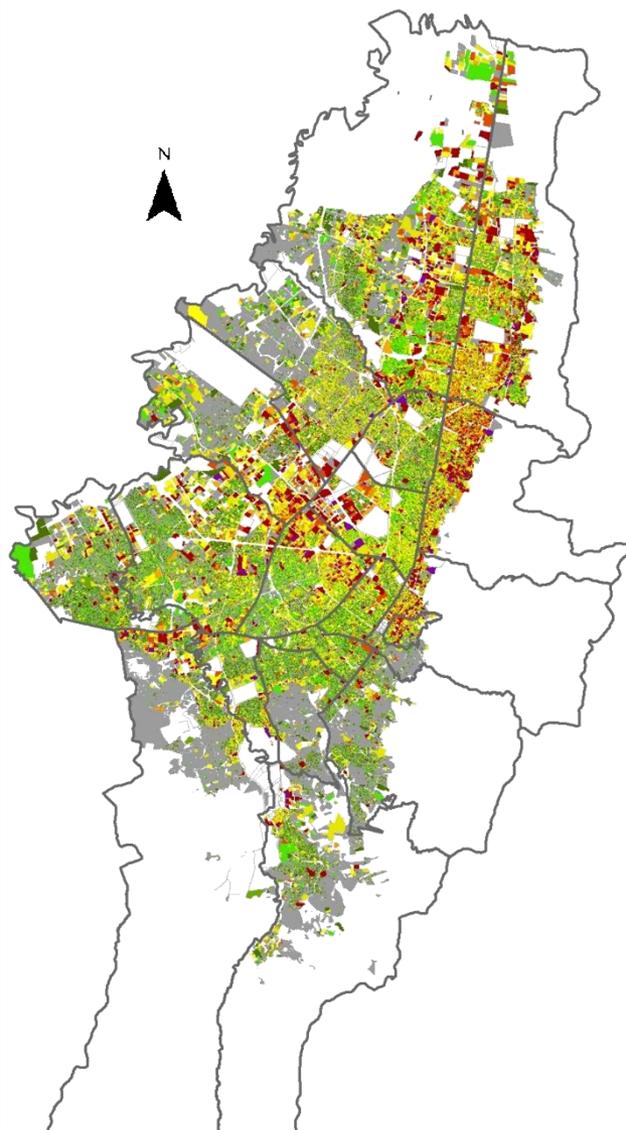
4.1 Estimación probabilista de pérdidas

Pérdida anual esperada en MDP



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS



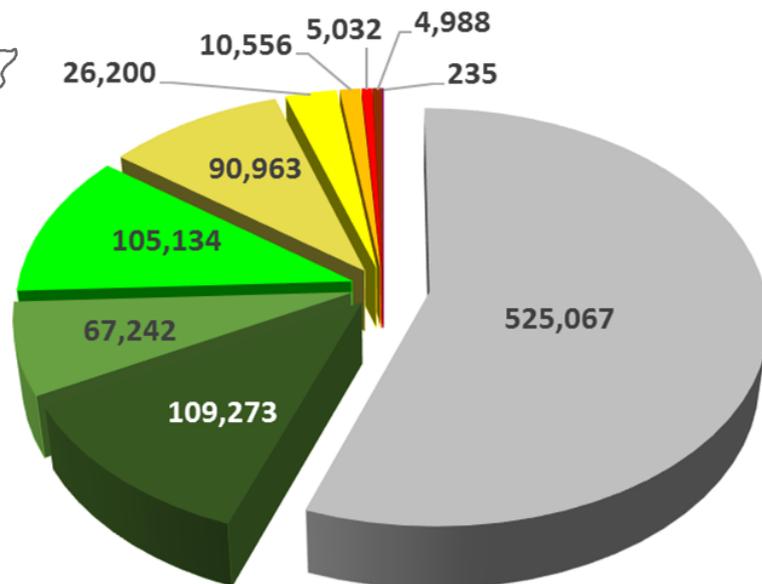
Total construcciones: 944,690

Total área de construcción: 31,520 ha

Valor total construcciones: 227 BDP

PAE total: 3.81 BDP

Cantidad de construcciones por rango de PAE (MDP)



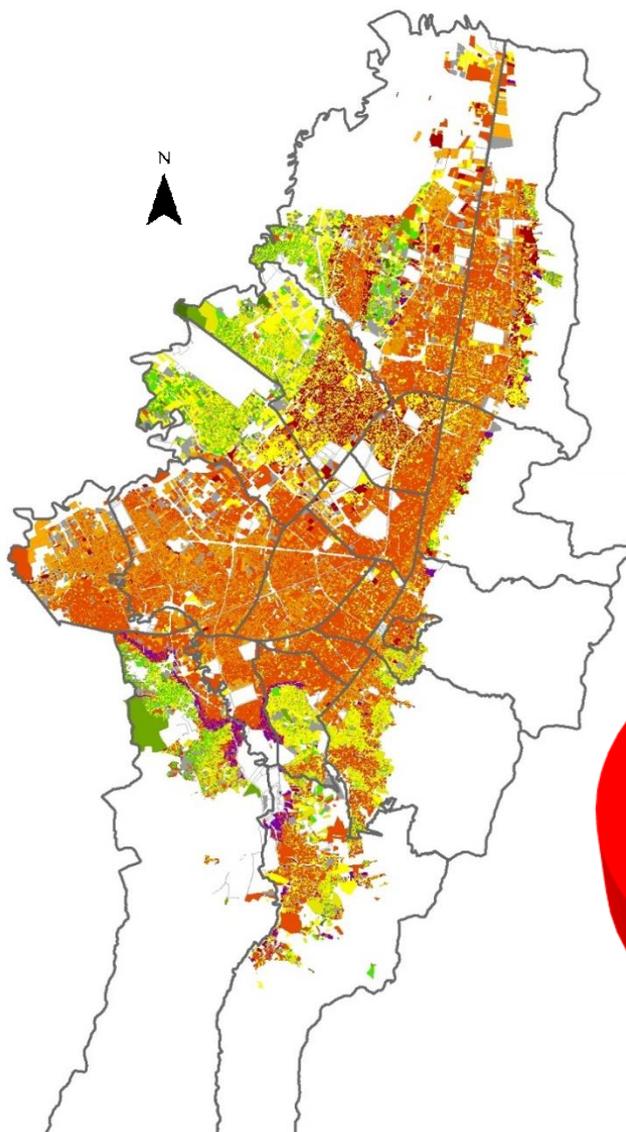
MDP: Millones de pesos
BDP: Billones de pesos
ha: hectáreas

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

Pérdida anual esperada relativa al valor expuesto



**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**



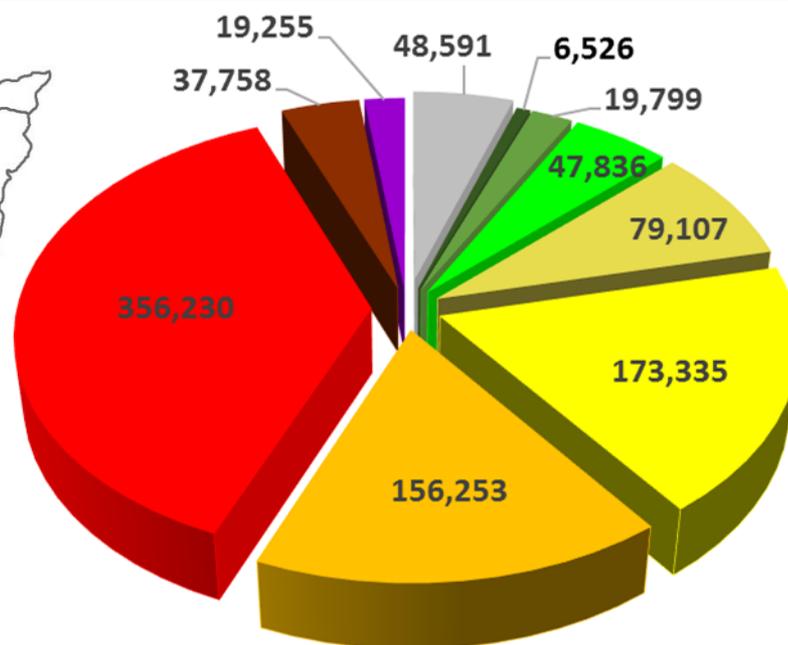
Total construcciones: 944,690

Total área de construcción: 31,520 ha

Valor total construcciones: 227 BDP

PAE total: 3.81 BDP

Cantidad de construcciones por rango de PAE relativo al valor expuesto (%)



BDP: Billones de pesos
% : por mil

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

Tabla pérdida máxima probable (PML)



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

Valor expuesto 227 billones de pesos

PAE 3.82 billones de pesos (16.83 ‰)

Periodo retorno (años)	Pérdida	
	PML (BDP)	%
2	1.2	0.51
5	4.2	1.85
10	7.6	3.34
20	10.4	4.56
50	18.0	7.95
100	24.6	10.84
250	39.3	17.31
500	46.1	20.30
1,000	52.0	22.92
2,500	48.8	21.50
5,000	63.2	27.84
10,000	65.6	28.92

BDP: Billones de pesos

‰ : por mil

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

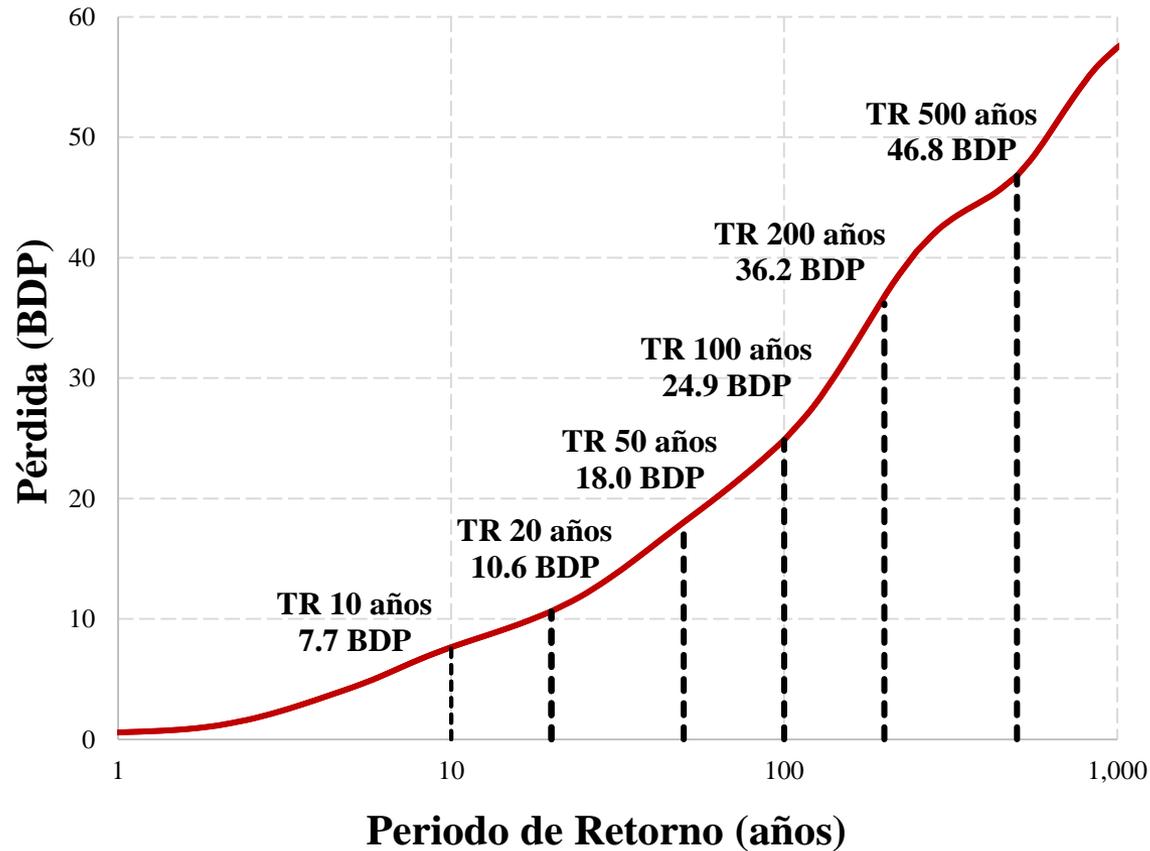
Curva de PML en BDP



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

Pérdida Máxima Probable (PML)



BDP: Billones de pesos

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

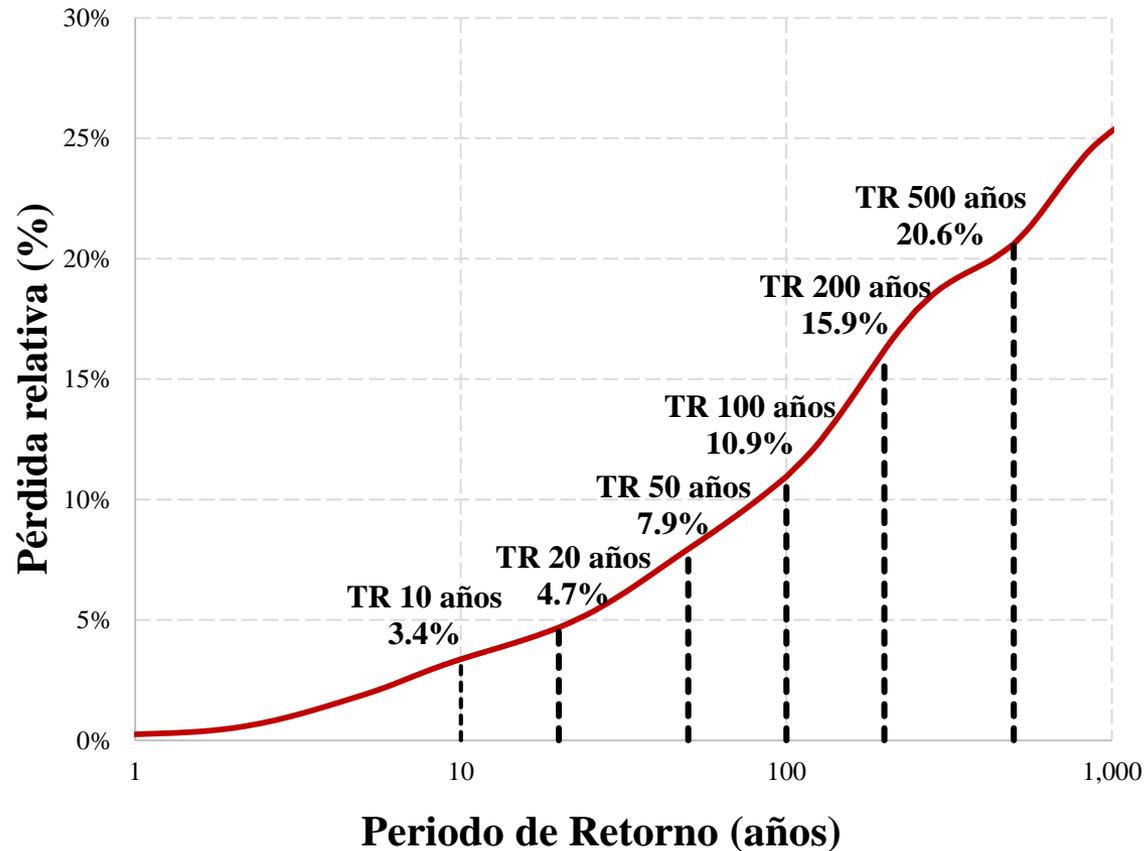
Curva de PML en %



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

Pérdida Máxima Probable (PML)



4.1 Estimación probabilista de pérdidas

Cuadro resumen resultados probabilidad de quiebra



AL CALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

Periodo de Retorno (años)	Tiempo de Exposición (años)	PQ	PML (Billones de Pesos)	PML (%)
100	2	2.0%	24.6	10.84
	5	4.9%		
	10	9.5%		
	20	18.1%		
	50	39.3%		
	100	63.2%		
250	2	0.8%	39.3	17.33
	5	2.0%		
	10	3.9%		
	20	7.7%		
	50	18.1%		
	100	33.0%		
500	2	0.4%	46.1	20.30
	5	1.0%		
	10	2.0%		
	20	3.9%		
	50	9.5%		
	100	18.1%		

PML: pérdida máxima probable

PQ: Probabilidad de quiebra

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

Cuadro resumen resultados probabilidad de quiebra



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

Periodo de Retorno (años)	Tiempo de Exposición (años)	PQ	PML (Billones de Pesos)	PML (%)
1000	2	0.2%	52.0	22.92
	5	0.5%		
	10	1.0%		
	20	2.0%		
	50	4.9%		
	100	9.5%		
2500	2	0.1%	48.8	25.90
	5	0.2%		
	10	0.4%		
	20	0.8%		
	50	2.0%		
	100	3.9%		
5000	2	0	63.2	27.85
	5	0.1%		
	10	0.2%		
	20	0.4%		
	50	1.0%		
	100	2.0%		

PML: pérdida máxima probable

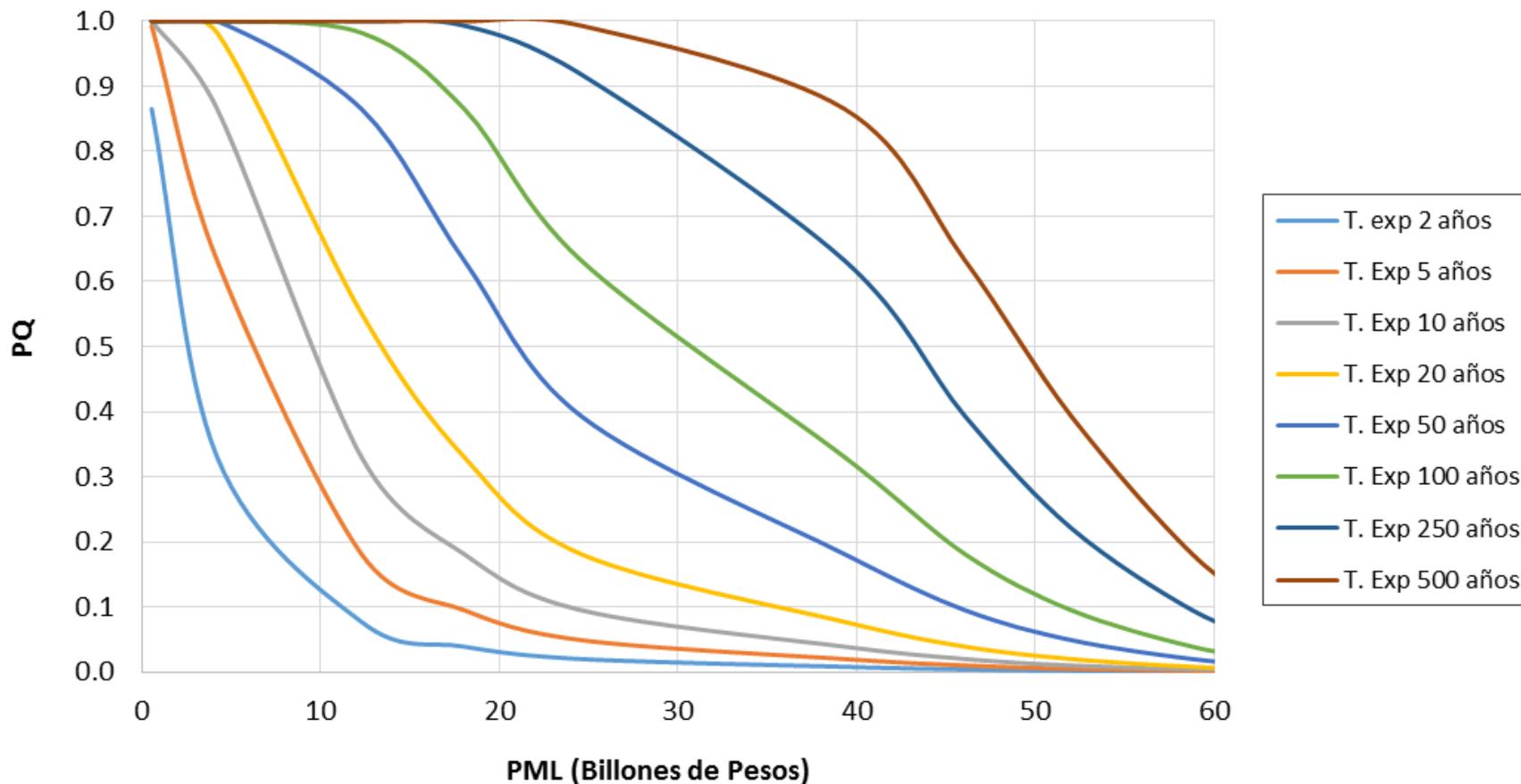
PQ: Probabilidad de quiebra

4.1 Estimación probabilista de pérdidas

Curvas de probabilidad de excedencia de pérdidas



BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS



4.2 Modelación de escenario Sismo de Seguridad Limitada

Magnitud del sismo: 7.0

Profundidad: 25 Km

Distancia a Bogotá: 40 Km

Fuente: Falla frontal de la cordillera oriental



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

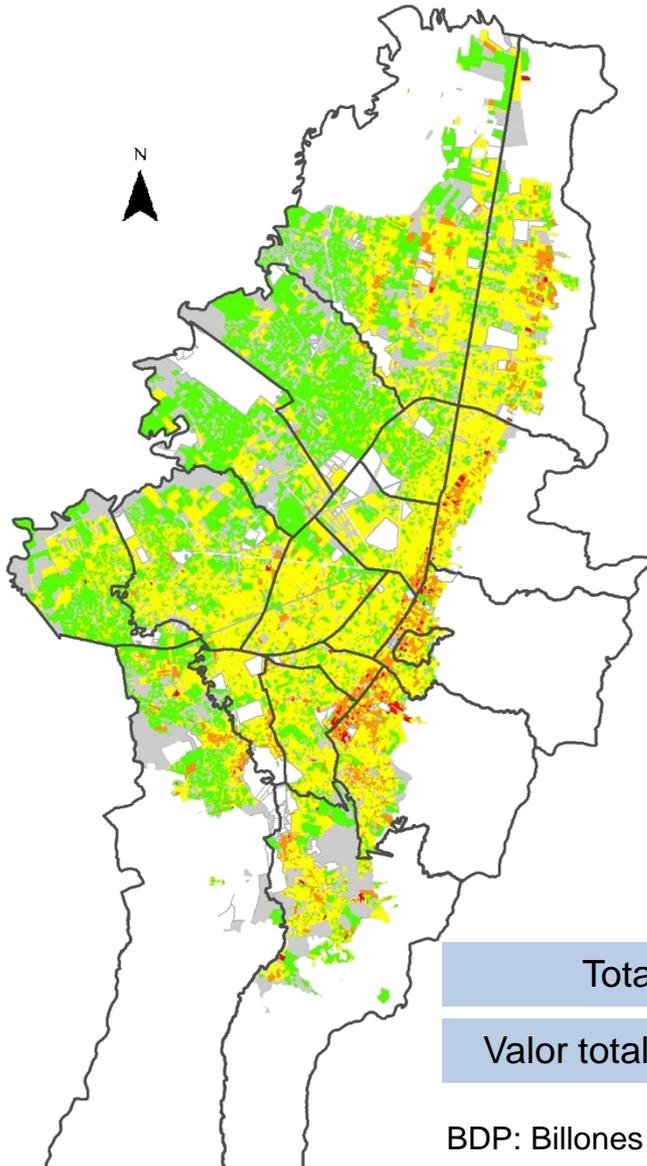
**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

4.2 Modelación de escenario Sismo de Seguridad Limitada

Daños estimados en edificaciones por manzana



**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**



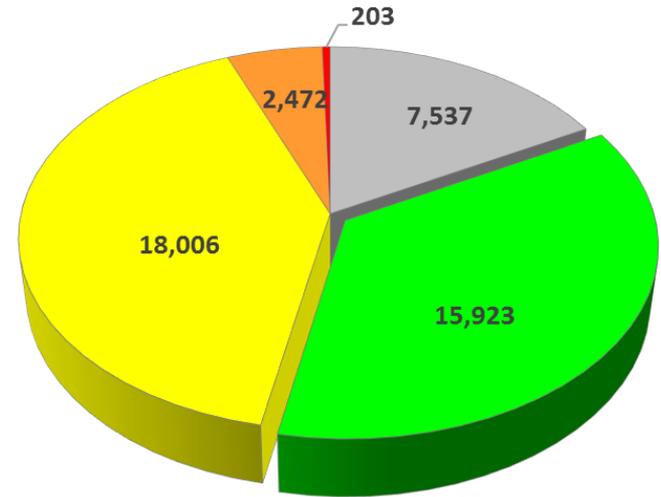
Daño estimado (%)	Categoría
0 - 2.5	Ninguno
2.5 - 10	Leve
10 - 30	Moderado
30 - 60	Fuerte
60 - 100	Severo

Total manzanas: 44,141

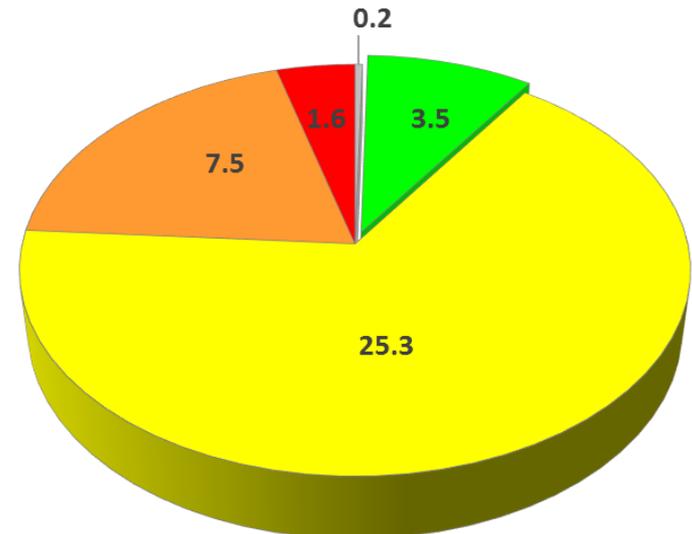
Valor total construcciones: 227 BDP

BDP: Billones de pesos

Cantidad de manzanas



Valor de los daños: 38 BDP



4.3 Modelación de escenario Sismo de Umbral de Daño

Magnitud del sismo: 6.5

Profundidad del sismo: 25 Km

Distancia a Bogotá: 50 Km

Fuente: Falla Frontal de la Cordillera Oriental

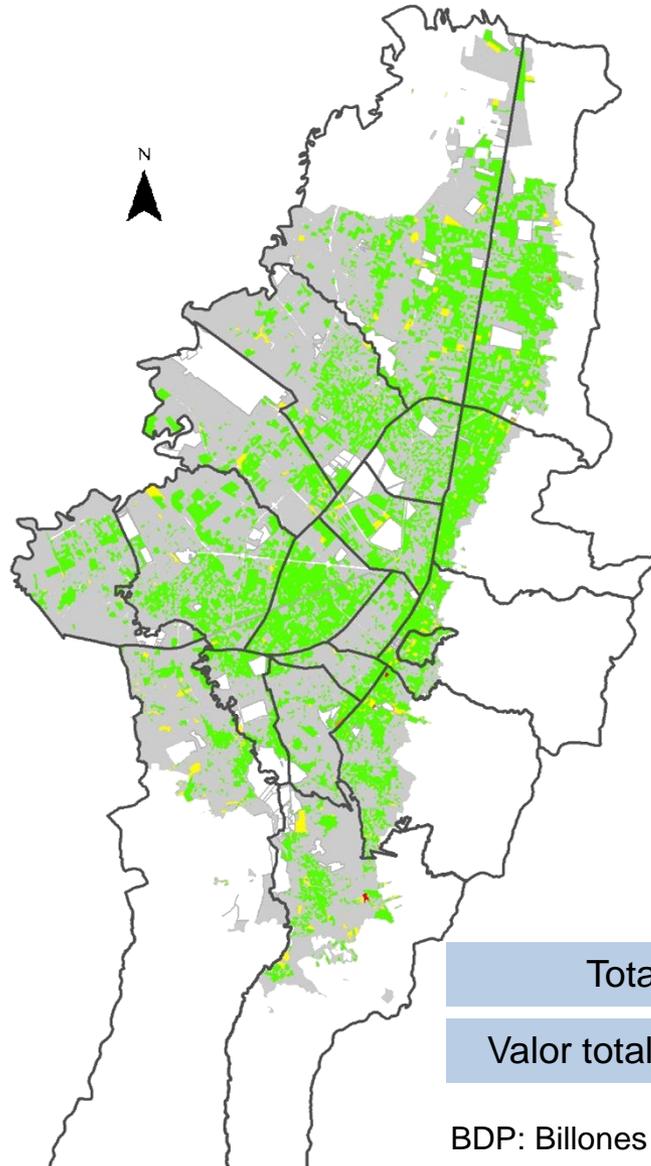


ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

4.3 Modelación de escenario Sismo de Umbral de Daño

Daños estimados en edificaciones por manzana



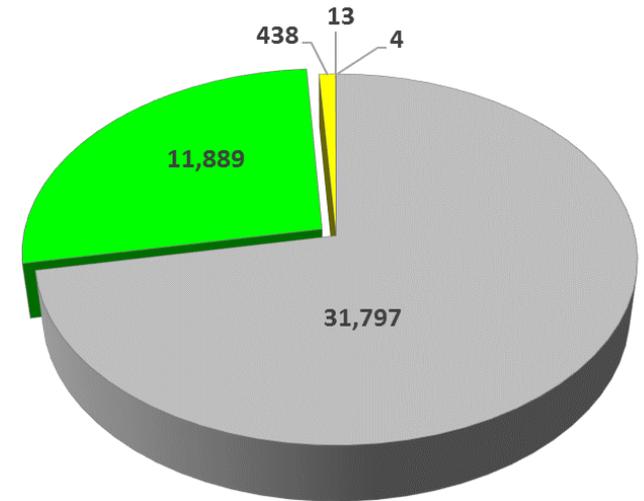
Daño estimado (%)		Categoría
0 - 2.5		Ninguno
2.5 - 10		Leve
10 - 30		Moderado
30 - 60		Fuerte
60 - 100		Severo

Total manzanas: 44,141

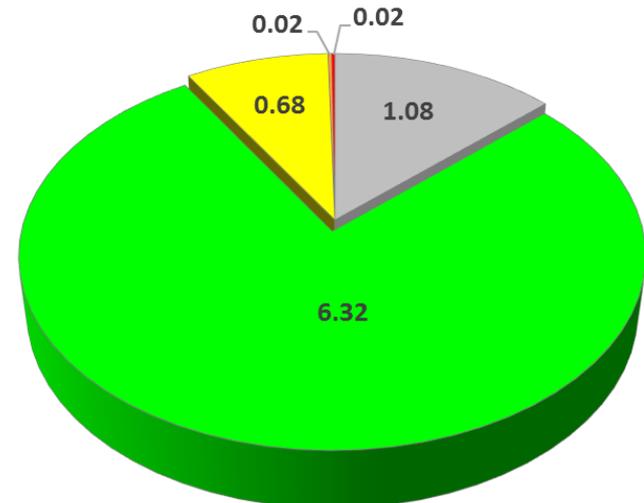
Valor total construcciones: 227 BDP

BDP: Billones de pesos

Cantidad de manzanas



Valor de los daños: 8.1 BDP



4.4 Modelación de escenario sismo en Falla Algeciras-Balsillas

Magnitud del sismo: 7.3
Profundidad del sismo: 25 Km
Distancia a Bogotá: 129 Km



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

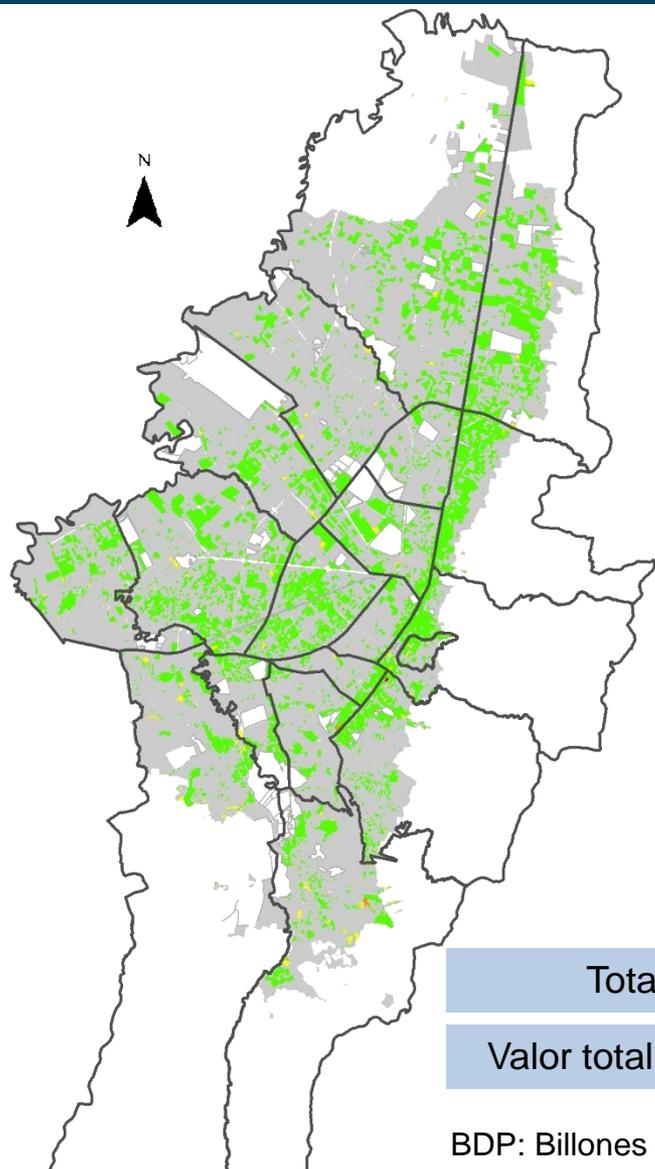
**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

4.4 Modelación de escenario por sismo originado en Falla Algeciras-Balsillas

Daños estimados en edificaciones por manzana



BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

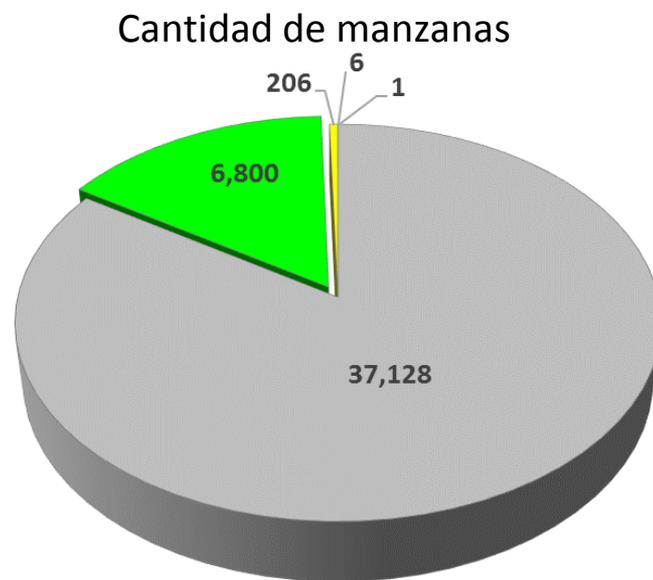


Daño estimado (%)	Categoría
0 - 2.5	Ninguno
2.5 - 10	Leve
10 - 30	Moderado
30 - 60	Fuerte
60 - 100	Severo

Total manzanas: 44,141

Valor total construcciones: 227 BDP

BDP: Billones de pesos



4.5 Modelación de escenario sismo en Falla Guaicaramo Norte

Magnitud del sismo: 7.5
Profundidad del sismo: 25 Km
Distancia a Bogotá: 99 Km



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

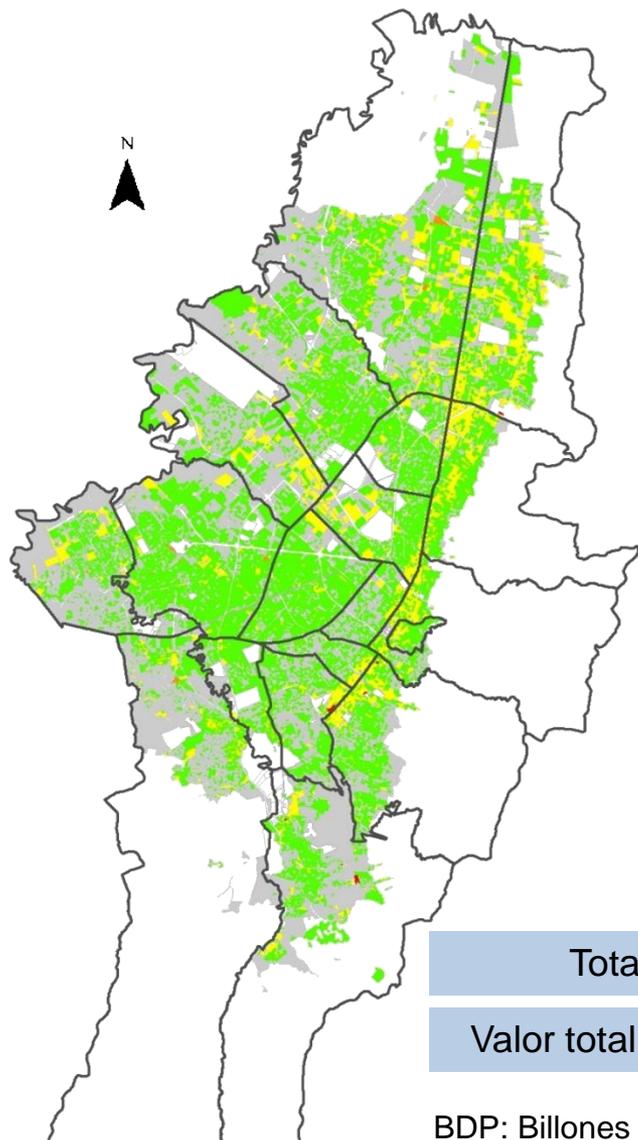
4.5 Modelación de escenario por sismo originado en Falla Guaicaramo Norte

Daños estimados en edificaciones por manzana



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ MEJOR PARA TODOS



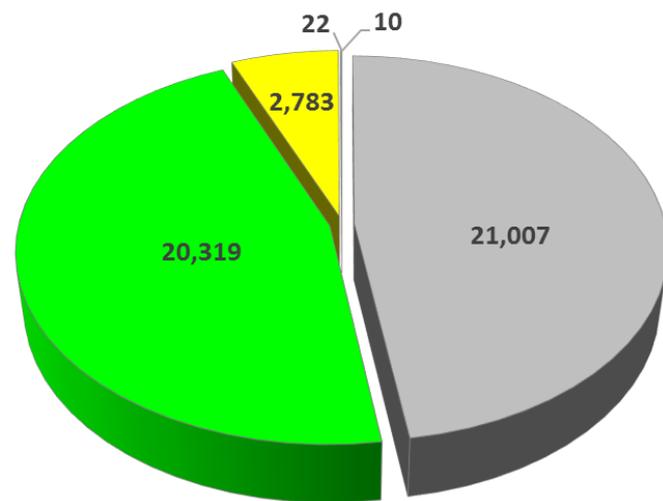
Daño estimado (%)	Categoría
0 - 2.5	Ninguno
2.5 - 10	Leve
10 - 30	Moderado
30 - 60	Fuerte
60 - 100	Severo

Total manzanas: 44,141

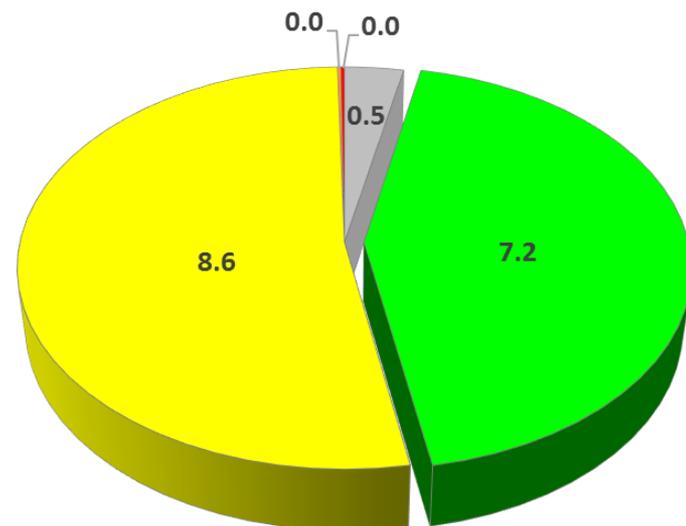
Valor total construcciones: 227 BDP

BDP: Billones de pesos

Cantidad de manzanas



Valor de los daños: 16.4 BDP



4.6 Resultados de los escenarios modelados

Costo del daño en edificaciones



**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

No	Fuente Sísmica	Distancia Epicentro a Bogotá (km)	Magnitud del sismo	Manzanas con daño Leve y Moderado	Manzanas con daño Fuerte y Severo	Valor total de los daños (BDP)
1	Falla Frontal Cordillera Oriental	35	7.3 ¹	23,300	15,565	62.39
2		40	7.0 ²	33,929	2,675	38.04
3		50	6.5 ³	12,327	17	8.12
4	Falla Usme	28	4.5	26 (leve)	-	0.23
5			5.8	7,532	26	3.65
6			7.1	19,492	19,357	59.10
7	Falla Guaicaramo Norte	99	4.5	-	-	0.23
8			6.1	129	-	0.37
9			7.5	23,102	32	16.45
10			7.8	33,473	483	26.66
11	Falla Ibagué	119	4.5	-	-	0.23
12			6.0	43 (leve)	-	0.26
13			7.5	19,422	25	9.75
14	Falla Algeciras-Balsillas	129	4.5	-	-	0.23
15			5.9	10 (leve)	-	0.24
16			7.3	7,006	7	5.74

¹ Sismo de Diseño

² Sismo de Seguridad Limitada

³ Sismo del Umbral de Daño

BDP: Billones de pesos.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

A panoramic view of Bogotá at dusk or night. The city is illuminated with lights from buildings and streets. A prominent skyscraper in the center is lit up with vertical light strips. The sky is dark with some clouds, and the city lights create a vibrant glow.

GRACIAS



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**