

Taller de sensibilización en riesgo sísmico orientado a las entidades operativas del SNGRD*: Aplicación al Valle de Aburrá

DOI: 10.5281/zenodo.10973109
Versión 1.0



* SNGRD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Colombia

Taller de sensibilización en riesgo sísmico orientado a las entidades operativas del SNGRD*: Aplicación al Valle de Aburrá

Reporte técnico

Versión 1.0 – Diciembre, 2023

EAFIT-AMVA-GEM-USAID

* SNGRD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Colombia

Autores

Nombre	Institución *	Actividad desarrollada
Ana Beatriz Acevedo	Universidad EAFIT	Coordinación y desarrollo de material técnico
Tatiana Castañeda Rojas	AMVA	Coordinación y desarrollo de material técnico
Paula Escallón	AMVA	Apoyo metodológico
Daniela González González	SIATA	Desarrollo de material técnico
José Leone Villalba	SIATA	Desarrollo de material técnico
Jenny Alejandra Marín	AMVA	Apoyo metodológico
Catalina Yepes Estrada	Fundación GEM	Desarrollo de material técnico
Wilfredo Ospina	USAID/BHA	Apoyo metodológico
José Antonio Perdomo	USAID/BHA	Apoyo metodológico

- * AMVA: Área Metropolitana del Valle de Aburrá
SIATA: Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá, AMVA
GEM: Global Earthquake Model
USAID/BHA: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Oficina de asistencia humanitaria (BHA)

Cita: EAFIT-AMVA-GEM-USAID (2023). Taller de sensibilización en riesgo sísmico orientado a las entidades operativas del SNGRD: Aplicación al Valle de Aburrá, v1.0, diciembre 2023. doi 10.5281/zenodo.10973109

Agradecimientos

Este informe es el resultado de un esfuerzo colaborativo entre la Universidad EAFIT, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y su proyecto Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), la Fundación GEM y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en Colombia, los cuales aportaron en la generación del presente material y que contribuyeron en la realización del taller piloto con los bomberos de Barbosa, Colombia.

Este informe ha sido posible gracias al apoyo y la generosidad del pueblo estadounidense a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Oficina de Asistencia Humanitaria (BHA). Un agradecimiento especial para la oficina en Colombia quien proporcionó capacitaciones y discusiones que enriquecieron el taller propuesto. La Fundación GEM trabajó en el desarrollo del material como parte del proyecto FORCE “Pronóstico y Comunicación del riesgo sísmico” (Forecasting and Communicating Earthquake Risk), subvención 720BHA22GR00222.

Derechos y permisos

Salvo que se indique lo contrario, este trabajo está disponible bajo los términos de Creative Commons License Attribution – NonCommercial – ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). Puede descargar este informe y compartirlo con otras personas siempre que proporcione el crédito adecuado, pero no puede cambiarlo de ninguna manera, ni utilizarlo comercialmente.

Los puntos de vista e interpretaciones de este documento pertenecen a los autores individuales y no deben atribuirse a la Universidad EAFIT, AMVA, SIATA, la Fundación GEM o USAID. En ellos también recae la responsabilidad de los datos científicos y técnicos presentados. Los autores han tenido mucho cuidado para asegurar la exactitud de la información en este informe, pero no aceptan responsabilidad por el material, ni aceptan responsabilidad por ninguna pérdida, incluida la pérdida consecuente incurrida por el uso del material.

Copyright © 2023 EAFIT, AMVA, Fundación GEM, USAID

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
Ficha técnica	2
Recursos adicionales:	2
ACTIVIDAD 1: PRESENTACIÓN Y ACTIVIDAD ROMPE HIELO (SALUDO)	3
Metodología	3
Observaciones	3
ACTIVIDAD 2: INTRODUCCIÓN AL RIESGO SÍSMICO	4
Metodología	4
Observaciones	4
ACTIVIDAD 3: CAPACIDAD SÍSMICA DE LOS EDIFICIOS	5
Metodología	5
ACTIVIDAD 4: ENSOÑACIÓN A NIVEL MACRO (ACTIVIDAD GRUPAL)	11
Metodología	11
ACTIVIDAD 5: RECONOCIENDO MI MUNICIPIO	12
Metodología	12
ACTIVIDAD 6: ESCENARIO DE RIESGO	13
Metodología	13
ACTIVIDAD 7: CIERRE – HERRAMIENTAS E INFORMACIÓN DE INTERÉS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN ESTRUCTURAS	18
Metodología	18
REFERENCIAS	19
ANEXO I: AYUDA TÉCNICA	20
Características estructurales y materiales de las edificaciones	20
Materiales más comunes en las edificaciones colombianas	20
Sistemas estructurales	20
Conceptos importantes sobre estructuras:	21
ANEXO II: ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICO E INDICADORES DE ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS PARA EL VALLE DE ABURRÁ	23

INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye una segunda versión del taller *¿Estoy en riesgo si ocurre un sismo?*, el cual consiste en una sesión diseñada para aumentar la conciencia sobre el riesgo sísmico y entablar un diálogo abierto basado en preguntas de la comunidad que con frecuencia se malinterpretan en nuestra sociedad, como "¿Pueden ocurrir sismos cerca de mi ciudad? ¿Qué tan fuertes pueden ser? ¿Está mi país preparado para enfrentar la emergencia que puede causar un sismo de alta intensidad? ¿Estoy en riesgo?". Usando lenguaje sencillo en una conversación abierta y transparente con expertos en el tema, esta sesión ha sido el lugar ideal para la convergencia de ciencia y sociedad. En la página web del proyecto TREQ, www.globalquakemodel.org/proj/treq¹, se encuentra disponible el reporte técnico de este taller, titulado "Material didáctico para sensibilizar a la comunidad sobre el riesgo sísmico. Aplicación para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)".

Este primer taller de sensibilización sobre el riesgo sísmico se ha compartido con diversos públicos dentro del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, entre ellos primeros respondedores. Durante el desarrollo del taller, integrantes de cuerpos de bomberos han manifestado interés en profundizar conceptos relacionados con los componentes de exposición y vulnerabilidad, principalmente sobre los tipos de estructuras y su comportamiento cuando ocurre un evento sísmico. El material aquí propuesto es el resultado del esfuerzo colaborativo entre la Universidad EAFIT, el equipo de gestión del riesgo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y su proyecto Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), la Fundación Global Earthquake Model (GEM) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) para generar una segunda versión del taller con un enfoque a primeros respondedores.

Ante las experiencias obtenidas de la ejecución del primer taller, se reconoce la necesidad de profundizar no solo en los tipos de estructuras, sino también en el reconocimiento del territorio que se habita. La identificación previa de los puntos de concentración de la población, la distribución de la infraestructura y vías y la localización de edificaciones importantes como estaciones de bomberos, hospitales, escuelas entre otros, puede representar una ventaja significativa a la hora de atender una emergencia. Por este motivo se desarrolla la segunda parte del taller, teniendo como objetivo de sensibilización en riesgo sísmico orientado a las entidades operativas del Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) del AMVA. Se reconoce que el taller es un material complementario a la formación que deben tener los primeros respondedores (entre ellos los cuerpos de bomberos) para atender situaciones de emergencia.

A lo largo del documento el lector notará que gran parte del material complementario, ejemplos e imágenes presentadas en las actividades representan el contexto local del Valle de Aburrá. Sin embargo, la intención de los autores es que esta guía sea de uso abierto y que pueda ser ejecutada y/o adaptada a otros contextos y territorios.

¹https://cloud-storage.globalquakemodel.org/public/wix-new-website/pdf-collections-wix/publications/TREQ%20deliverables/reports/TREQ_D321_Material_didactico_comunidad_v1.1.pdf

Objetivo

Fortalecer la capacidad de respuesta de las entidades operativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, SNGRD, presentes en el Valle de Aburrá sobre su papel como primeros respondedores en caso de que ocurra un terremoto que implique operaciones de búsqueda y rescate.

Ficha técnica

Tabla 1. Ficha técnica para taller de sensibilización

Actividad		Duración (minutos)	Tiempo acumulado	Recursos físicos
No.	Descripción			
1	Rompe hielo	15	0:15	Pelota
2	Introducción al riesgo sísmico	10	0:25	Proyector, computador, energía, sistema de audio.
3	Capacidad sísmica de los edificios	15	0:40	Fotos para diferenciar capacidad sísmica global.
				Fotos para diferenciar elementos estructurales y no estructurales.
		20	1:00	Palos de paleta perforados, tornillos y tuercas, base de corcho, cartones cuadrados y papeles rectangulares, clips de mariposa.
4	Ensoñación (macro, grupal)	20	1:20	Mapa esquemático de cada municipio del valle con infraestructura referente.
				Figuras de infraestructura.
5	Reconociendo mi municipio	20	1:40	Mapa con áreas construidas y con identificación de infraestructura esencial.
				Transparencias con información obtenida del modelo de exposición de cada municipio.
6	Escenario de riesgo	15	1:55	Imágenes de sismos pasados.
				Mapas de escenarios sísmicos y sus respectivos indicadores.
7	Cierre	5	2:00	Listado de sitios con información de utilidad.

Recursos adicionales:

- Disponibilidad de salón o auditorio con proyector, electricidad y sonido.
- Materiales para actividades didácticas.
- Refrigerios y transporte (según plan de actividades).

ACTIVIDAD 1: PRESENTACIÓN Y ACTIVIDAD ROMPE HIELO (SALUDO)

- Objetivo:**
- Permitir que los participantes del taller se conozcan y compartan su quehacer.
 - Presentar los objetivos del taller.
 - Crear un ambiente propicio para el desarrollo de las actividades.

Tiempo: 15 minutos

Recursos: Recursos particulares para la actividad rompe-hielo (por ejemplo, una pelota, un objeto para pasar entre los participantes, entre otros).

Metodología

Realizar la presentación de las entidades facilitadoras (AMVA, SIATA, GEM, EAFIT, USAID, etc.).

Saludar a los participantes con una actividad lúdica que los ubique en el momento presente para la realización de las actividades del taller (por ejemplo, juegos de concentración o actividades de movimiento corporal que los relaje).

Posibles actividades:

- *Pelota caliente (o tingo tango):* Quien reciba la pelota debe decir, por ejemplo, qué se le ocurre cuando piensa en terremotos o en riesgo sísmico.
- *La papa caliente:* Se coloca una alarma con un tiempo determinado (por ejemplo 1 minuto) sin que los participantes sepan el tiempo. Luego se propone un tema (por ejemplo, ¿por qué ocurre un sismo?, o ¿qué es el riesgo sísmico?). Las personas deben ir diciendo rápidamente lo que se les ocurra sobre el tema e ir pasando un objeto (una pelota, un celular, etc.) sin repetir; pierde la persona que tenga el objeto en la mano cuando suene la alarma.

Observaciones

Considerar el público y hora del taller para la actividad propuesta. Según el número de participantes y hora de inicio, se puede incluir una presentación de los participantes (por ejemplo, sus nombres, a qué se dedican, y que han escuchado de los sismos).

Se recomienda promover actividades dinámicas, donde los participantes compartan experiencias, más no un espacio para largas presentaciones individuales.

ACTIVIDAD 2: INTRODUCCIÓN AL RIESGO SÍSMICO

Objetivo: Ver material audiovisual que presenta de forma concisa la amenaza y el riesgo sísmico con un enfoque para el Valle de Aburrá. Discutir brevemente los puntos clave.

Tiempo: 10 minutos

Recursos: Proyector, computador, energía, sistema de audio.

Metodología

Proyectar el video de la amenaza y riesgo sísmico en el Valle de Aburrá:
<https://youtu.be/U1QWqsCSPNw>.

Los facilitadores del taller resaltan los aspectos claves del video, informando que el taller se centra en los componentes de exposición y vulnerabilidad. Se pregunta a los asistentes si tienen dudas puntuales sobre los temas presentados en el video, las cuales se resuelven mediante diálogo y/o apoyados en el video que se presentó.

Observaciones

Si el taller desea hacerse en otras regiones en las que no se cuenta con un video personalizado, podría utilizarse material disponible en la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) o en el Servicio Geológico Colombiano (SGC). Se sugiere usar el video que se encuentra en:
<https://www.youtube.com/watch?v=8cXIMcLMMEM&t=7s>.

ACTIVIDAD 3: CAPACIDAD SÍSMICA DE LOS EDIFICIOS

- Objetivo:**
- Conocer los diferentes tipos de sistemas resistentes a cargas laterales.
 - Diferenciar entre elementos estructurales y no estructurales.
 - Demostrar de una manera práctica e interactiva las características básicas que determinan un comportamiento estructural adecuado o inadecuado ante acciones sísmicas, centrándose en el tipo de falla *piso débil*.
 - Generar un ambiente relajado y de confianza dónde los participantes puedan compartir sus dudas y cuestionamientos sobre las estructuras y su comportamiento ante sismos.

Tiempo: 35 minutos

- Recursos:**
- Esquemas de sistemas estructurales de edificaciones (Figura 1; Tabla 2).
 - Fotos de diferentes tipos de edificaciones para diferenciar el sistema estructural, enfatizando los sistemas típicos de la región (Figuras 2 y 3).
 - Fotos y/o esquemas de diferentes edificaciones para diferenciar elementos estructurales y no estructurales (Figuras 4 y 5).
 - Fotos y/o esquemas de edificaciones con configuración estructural con piso débil y fallas de tipo débil en terremotos pasados (Figuras 6 a 9).
 - Palos de paleta perforados, tornillos y tuercas, base de corcho, cartones cuadrados y papeles rectangulares, clips de mariposa (Figuras 10 a 12).

Metodología

1. Mediante el apoyo de fotos y/o imágenes explicar los conceptos de sistema de resistencia a cargas laterales, elementos estructurales y no estructurales (Figuras 1 a 4; Tabla 2).
2. Realizar un ejercicio corto de identificación de sistemas estructurales mediante la presentación de fotos y/o imágenes para que los asistentes realicen su clasificación (Figuras 2 y 3). *Nota:* Se sugiere utilizar el espacio donde se realiza el taller para identificar el sistema estructural de la edificación.
3. Realizar un ejercicio corto de identificación de elementos estructurales y no estructurales mediante la presentación de fotos y/o imágenes para que los asistentes realicen su clasificación (Figuras 4 y 5). *Nota:* Se sugiere utilizar el espacio donde se realiza el taller para identificar en la edificación elementos estructurales y no estructurales.
4. Explicar qué significa que una estructura tenga un piso débil, se puede apoyar con una imagen esquemática como la presentada en la Figura 6. Posteriormente, presentar imágenes de edificios que han fallado en sismos previos debido a la presencia de un piso débil (Figuras 7 a 9). Explicar que este es un tipo de falla que puede presentarse en los terremotos y que será el foco para el desarrollo de la presente actividad, la cual se basa en el recurso de educación que se encuentra disponible en: https://www.iris.edu/hq/inclass/video/build_a_better_wall_demo_why_buildings_fail.
5. Entregar el material a los asistentes para que ensamblen un pórtico de dos luces y dos pisos. Según se muestra en la Figura 10 y Figura 11.
6. Demostrar que la estructura no tiene capacidad para resistir las cargas laterales y proceder a reforzar una luz del piso inferior con el cartón cuadrado y los clips (Figura 12, izquierda).
7. Analizar el efecto del cartón y proceder a reforzar el piso superior mediante los papeles rectangulares y los clips (Figura 12, derecha).

8. Socializar lo aprendido en el ejercicio resaltando la importancia de los elementos estructurales en la resistencia ante cargas laterales.



Figura 1. Sistemas estructurales predominantes en edificaciones colombianas.

Tabla 2. Enlaces a material de apoyo para la descripción de tipologías estructurales

Tipología	Enlace
Pórtico: vigas y columnas	taxonomy.openquake.org/terms/moment-frame-lfm
Muros	taxonomy.openquake.org/terms/wall-lwal
Pórtico y muros: Sistema dual	taxonomy.openquake.org/terms/dual-frame-wall-system-l dual
Muros con refuerzo	taxonomy.openquake.org/terms/masonry-reinforced-mr
Muros confinados	taxonomy.openquake.org/terms/masonry-confined-mcf
Muros no reforzados	taxonomy.openquake.org/terms/masonry-unreinforced-mur



Figura 2. Ejemplos de tipologías de edificaciones (edificios altos).



Figura 3. Ejemplos de tipologías de edificaciones (edificios de baja altura).



- ① Estructural – Columnas y vigas
- ② No estructural – Muro de mampostería, cerramiento de fachada.
- ③ Estructural – Muro de concreto reforzado en edificio de muros.
- ④ Estructural – Columna.
- ⑤ No estructural – Soporte de cubierta.
- ⑥ No estructural – Cielo raso.
- ⑦ No estructural – Escaleras.

Figura 4. Imágenes para diferenciar elementos estructurales y no estructurales.

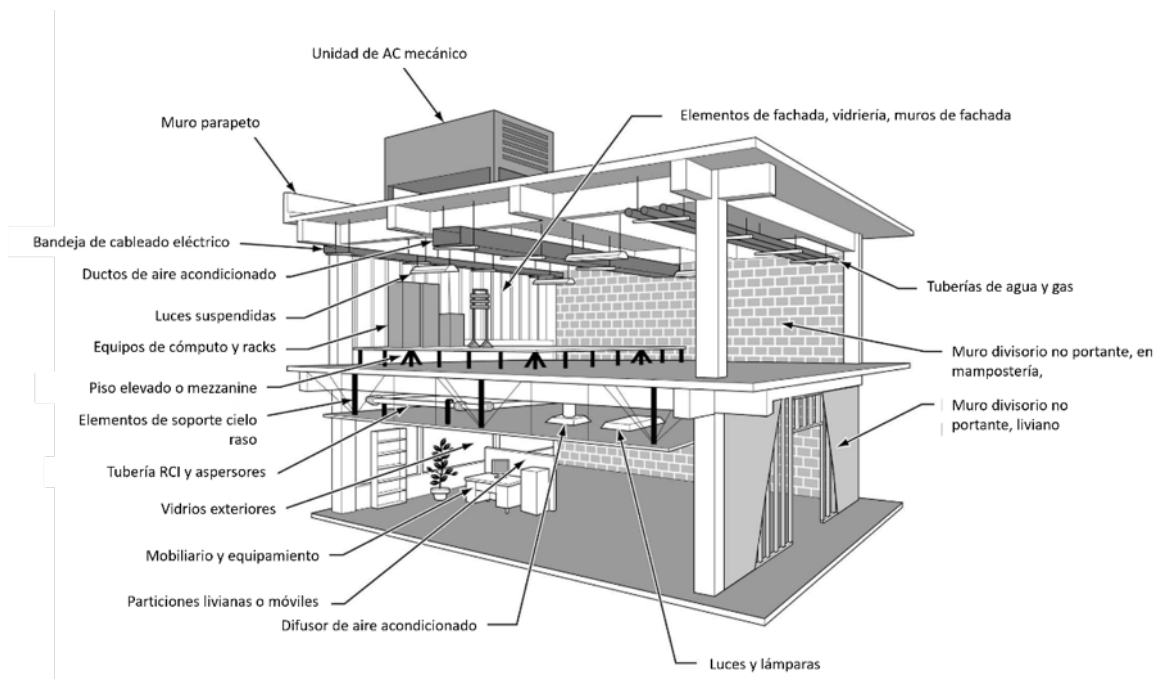


Figura 5. Esquema de elementos no estructurales. Tomado de Foo, Ventura y McClure (2007)



Figura 6. Esquema de configuración estructural con piso débil. Tomado de Los Ángeles Times (2015).



Figura 7. Falla por piso débil observada en el terremoto de Northridge, 1984. Tomado de Los Ángeles Times (2023).



Figura 8. Falla por piso débil en el primer piso de edificaciones durante el sismo de México del 19 de septiembre de 2017. Tomado de Jara et al. (2020).



Figura 9. Daños severos causados por configuración de piso débil durante el sismo de Turquía, 2023. Tomado de ReLUIS – EUCENTRE (2023).

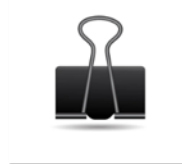
Palos de paleta x 10



Tornillo y tuerca x 9



Clip mariposa x 8



Corcho x 1



Cartón x 1



Papel x 2



Figura 10. Material para construir un pórtico articulado de dos luces y dos pisos.

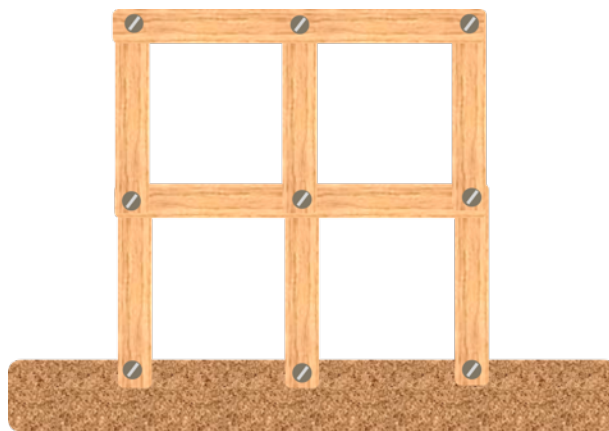


Figura 11. Esquema de montaje para el ensamble del pórtico.

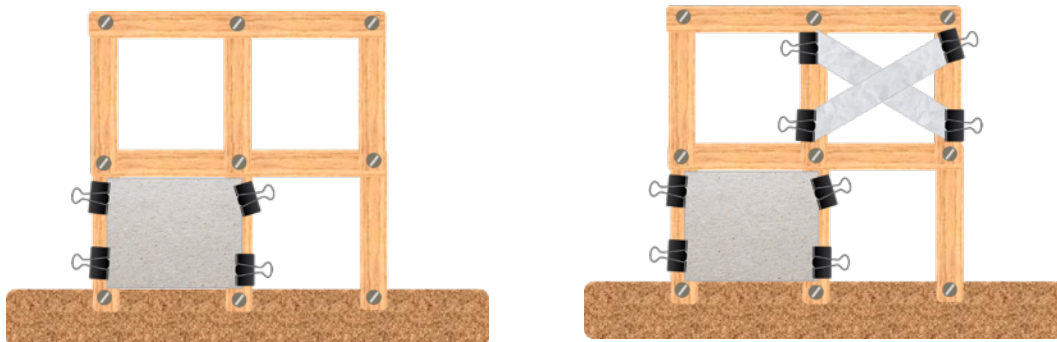


Figura 12. Pórtico reforzado. Izquierda: primer piso reforzado con el cartón cuadrado, derecha: primer piso del pórtico reforzado con el cartón y segundo piso con papeles.

ACTIVIDAD 4: ENSOÑACIÓN A NIVEL MACRO (ACTIVIDAD GRUPAL)

Objetivo: Promover la identificación de los aspectos claves del entorno en el cual los participantes desempeñan sus labores como primeros respondedores.

Tiempo: 20 minutos

Recursos: Mapas esquemáticos de cada municipio (Figura 13), figuras de edificaciones institucionales o de atención de emergencias.

Metodología

1. Los participantes se reúnen en torno a un mapa esquemático del municipio dónde solo se muestran elementos geográficos claves como ríos, vías principales, y lugares referentes del municipio (Figura 13, izquierda).
2. El orientador entrega figuras de sitios institucionales y/o sitios de interés para la respuesta de emergencias (iglesias, colegios, edificios gubernamentales, estación de bomberos, estación de policía, zonas recreativas, deportivas o parques [zonas seguras]) para que los participantes los ubiquen en el mapa.
3. Los participantes se reúnen en grupo y colaboran para generar el mapa de su municipio, además comentan brevemente sobre la experiencia durante el ejercicio.
4. Se entrega un nuevo mapa a los asistentes que contiene la mancha de las edificaciones del municipio (Figura 13, derecha) y donde se ubican las edificaciones de interés. Los asistentes comparan el mapa realizado por ellos con el mapa entregado por los facilitadores.
5. Se toma evidencia del mapa generado producto de la ensoñación.

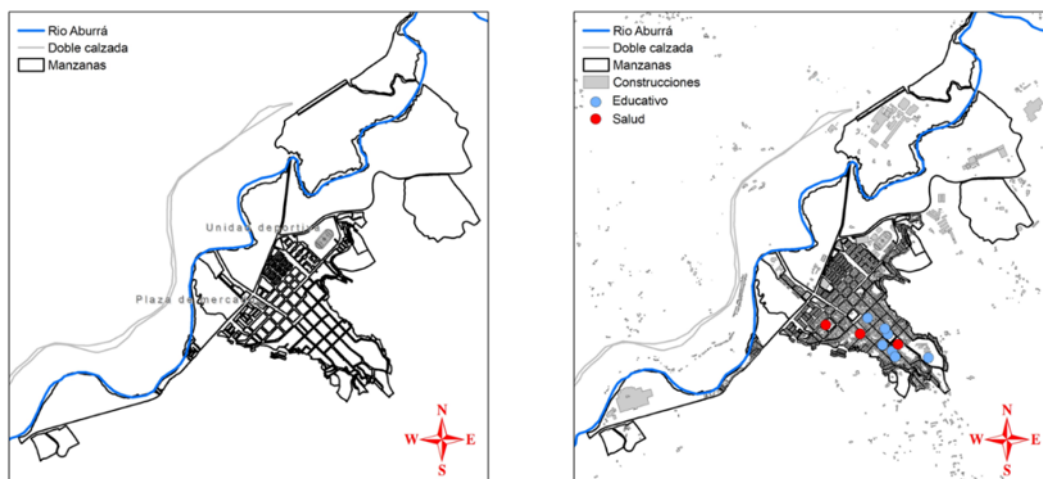


Figura 13. Mapa esquemático del municipio (ejemplo: Barbosa). Izquierda: mapa sin información y con puntos de referencia, derecha: mapa con información de puntos de interés y mancha de construcciones.

ACTIVIDAD 5: RECONOCIENDO MI MUNICIPIO

- Objetivo:**
- Reevaluar la concepción inicial del municipio creada a partir de la Actividad 4.
 - Generar un espacio colaborativo donde los participantes puedan identificar las fortalezas y debilidades sobre su conocimiento de la exposición de su municipio.

Tiempo: 20 minutos

Recursos: Mapa esquemático del municipio con sitios de interés (ya entregado en la Actividad 4), transparencias con información obtenida del modelo de exposición de cada municipio, mapas con áreas construidas e identificación de la infraestructura indispensable.

Metodología

1. Retomar el mapa anterior del municipio para desarrollar esta actividad. El orientador comparte y explica información relativa a las capas que representan áreas construidas e infraestructura esencial. Se compara esta información con el mapa generado por los asistentes.
2. Se comparten transparencias para superponer en el mapa con las siguientes características (ver Figura 14):
 - a. Porcentajes (a nivel de manzana) de estructuras de mampostería y tierra.
 - b. Porcentajes (a nivel de manzana) de estructuras de concreto y acero.
 - c. Porcentajes (a nivel de manzana) de mampostería y tierra ingenieril.
 - d. Porcentaje (a nivel de manzana) de mampostería y tierra no ingenieril.
 - e. Porcentaje (a nivel de manzana) de concreto y acero ingenieril.
 - f. Porcentaje (a nivel de manzana) de concreto y acero no ingenieril.
 - g. Número de habitantes (a nivel de manzana).
3. Se guía a los asistentes para que mediante la superposición de mapas identifiquen las zonas de mayor exposición y/o vulnerabilidad (ver Figura 14).
4. Se socializa con los asistentes sobre la distribución de la población y de la infraestructura en el municipio, identificando zonas donde hay una mayor componente de exposición y vulnerabilidad.

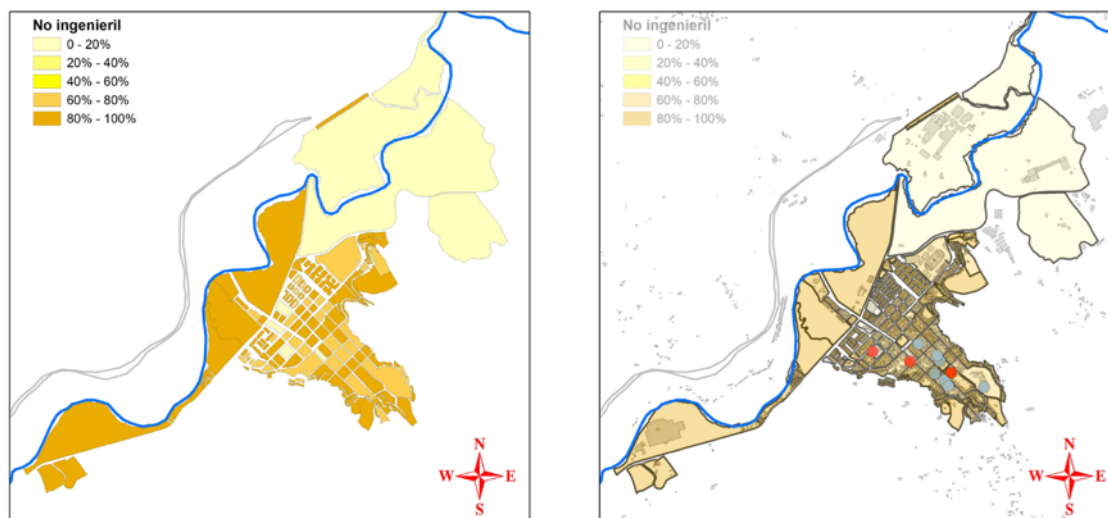


Figura 14. Izquierda: Mapa con distribución porcentual a nivel de manzana de estructuras no ingenieriles, derecha: ejemplo de superposición de los mapas con la información inicial.

ACTIVIDAD 6: ESCENARIO DE RIESGO

- Objetivo:**
- Socializar un escenario de riesgo sísmico real ocurrido en el pasado (por ejemplo, los sismos de Turquía del 2023).
 - Analizar escenarios de riesgo sísmico para el Valle de Aburrá para comprender las consecuencias que podrían generar sismos futuros en el territorio (escenarios de estudios de riesgo sísmico).
 - Identificar las acciones a ejecutar como primeros respondedores en caso de un terremoto.

Tiempo: 15 minutos

Recursos: Figuras 15 a 27, correspondientes a efectos durante sismos anteriores.

Metodología

1. A partir de las imágenes (Figuras 15 a 27) realizar una consulta sobre las consecuencias que generan los sismos y la información que sería de utilidad para los primeros respondedores en caso de un sismo (cantidad de escombros, número de heridos, fallecidos, desplazados, capacidad hospitalaria, personas desescolarizadas, estaciones de bomberos por fuera de servicio, etc.).
2. Socialización de los escenarios de riesgo sísmico e indicadores de estudios previos realizados para el Valle de Aburrá (ver Anexo II) o para la zona de estudio.
3. Socializar, a partir de lo ocurrido en sismos pasados y la experiencia de los asistentes al taller, cuales acciones deben ejecutar los primeros respondedores en caso de que ocurra un terremoto.

Las imágenes que se muestran a continuación ayudan a ilustrar, a partir de un escenario real, los tipos de colapsos que suelen presentarse cuando ocurre un evento sísmico significativo. Estos tipos de colapso se pueden clasificar de acuerdo con las Guías INSARAG (*International Search and Rescue Advisory Group*, 2020), orientada a operaciones de búsqueda y rescate. Adicionalmente, también se presentan ejemplos sobre colapsos generados con el mecanismo de piso débil.

Las ilustraciones que se muestran corresponden a los sismos de Turquía en 2023: Las Figuras 15 a 19 son adaptadas de Ivanov y Chow (2023). Las Figuras 20 a 27 son adaptadas de Dilsiz et al. (2023).



Figura 15. Colapso tipo inclinado.



Figura 16. Colapso por volcamiento.



Figura 17. Colapso tipo "pancake" o apilamiento.



Figura 18. Colapso con amontonamiento de escombros.



Figura 19. Colapso suspendido.

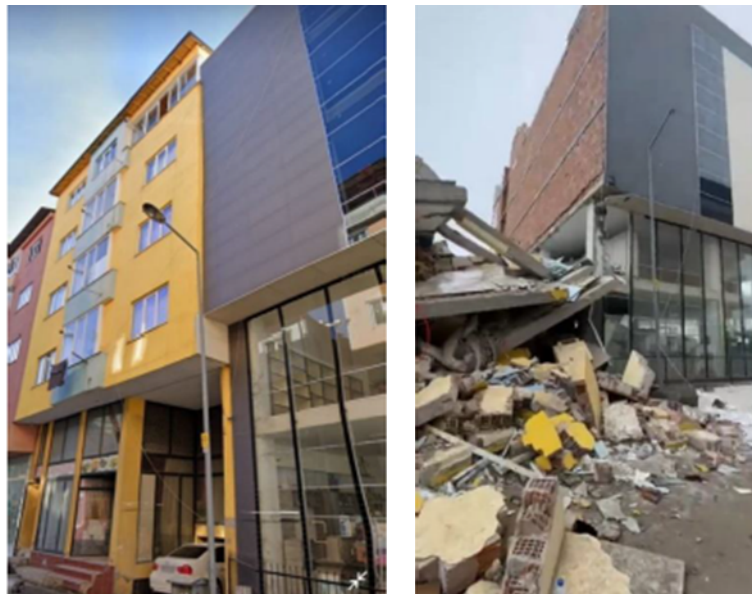


Figura 20. Colapso de edificio de 5 niveles por piso débil. Izquierda: imagen previa al evento; derecha: imagen después del sismo.



Figura 21. Edificio colapsado y evidencias de que no existe separación sísmica entre edificios adyacentes.



Figura 22. Colapso de edificaciones debido a pisos débiles o a golpeteo con edificios adyacentes. Izquierda: previo al evento; derecha: después del evento.



Figura 23. Colapso de edificio de 5 niveles por piso débil. Izquierda: previo al evento; derecha: después del evento.



Figura 24. Edificio parcialmente colapsado. Se observan fisuras diagonales significativas en la estructura.



Figura 25. Daño estructural (izquierda) y no estructural (derecha) en un bloque de hospital. El daño estructural evidencia barras de acero con corrosión. El daño no estructural muestra que, aunque el exterior del edificio puede permanecer sin daño o con daño leve, en el interior puede existir daño significativo que afecta la funcionalidad de la edificación.

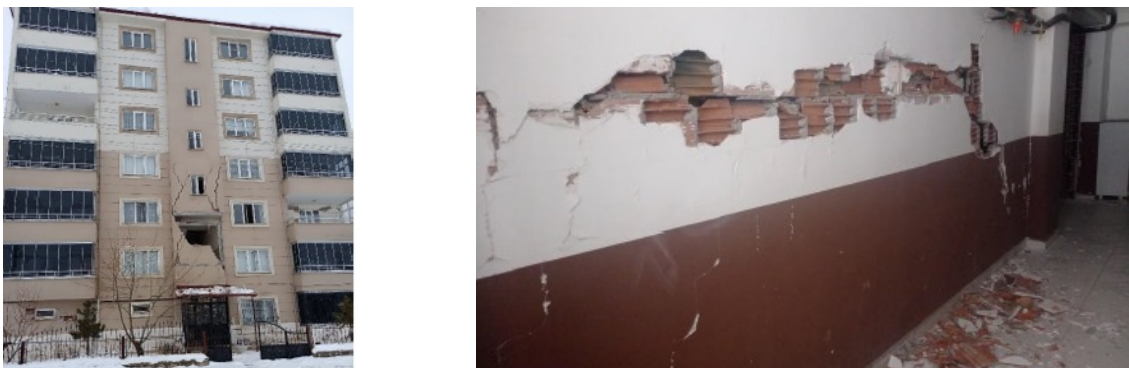


Figura 26. Daño en muros divisorios no estructurales de mampostería.



Figura 27. Fallo por desasiento en puentes.

ACTIVIDAD 7: CIERRE – HERRAMIENTAS E INFORMACIÓN DE INTERÉS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN ESTRUCTURAS

- Objetivo:**
- Partir del conocimiento que tienen los participantes del taller de cómo responder en caso de un sismo para fortalecer o complementar estas ideas.
 - Socializar los sitios donde se puede encontrar información valiosa para la respuesta ante eventos sísmicos.
 - Exponer las herramientas disponibles para el apoyo a la labor de los primeros respondedores.

Tiempo: 5 minutos.

Recursos: Material de apoyo de entidades gestoras del riesgo y atención de emergencias.

Metodología

Comentarios finales. Exponer a los asistentes dónde encontrar información valiosa para la atención de emergencias en los primeros minutos después de un evento (SGC, UNGRD, SIATA en el caso del Valle de Aburrá). También mencionar documentos de referencia o capacitaciones disponibles, por ejemplo, Curso Búsqueda y Rescate en Estructuras Colapsadas (BREC).

Tabla 3. Enlaces e información de interés.

Tipología	Enlace/Contacto
Portal Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD)	https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/
Portal Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD)	http://gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/
Guías International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG)	https://www.insarag.org/
Contacto equipo Operacional SIATA	+57 3016456334

REFERENCIAS

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), Universidad de los Andes. (2016). Estudio de riesgo sísmico del Valle de Aburrá. Reporte técnico.
- Dilsiz, A., S. Gunay, K. Mosalam, E. Miranda, C. Arteta, H. Sezen, E. Fischer, M. Hakhamaneshi, W. Hassan, B. ALhawamdeh, S. Andrus, J. Archbold, S. Arslanturkoglu, N. BEKTAS, L. Ceferino, J. Cohen, B. Duran, K. Erazo, G. Faraone, T. Feinstein, R. Gautam, A. Gupta, S. Haj Ismail, A. Jana, S. Javadinasab Hormozabad, A. Kasalanati, M. Kenawy, Z. Khalil, I. Liou, M. Marinkovic, A. Martin, Y. Merino-Peña, M. Mivehchi, L. Moya, C. Pájaro Miranda, n. quintero, J. Rivera, X. Romão, M. Lopez Ruiz, S. Sorosh, L. Vargas, P. Velani, H. Wibowo, S. Xu, T. YILMAZ, M. Alam, G. Holtzer, T. Kijewski-Correa, I. Robertson, D. Roueche, A. Safiey. (2023). *StEER: 2023 Mw 7.8 Kahramanmaras, Türkiye Earthquake Sequence Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR)*. StEER- February 6, 2023, Kahramanmaras, Türkiye, Mw 7.8 Earthquake. DesignSafe-CI. <https://doi.org/10.17603/ds2-7ry2-gv66 v2>
- Foo, S., Ventura, C.E., McClure, G. (2007). *An overview of a new Canadian standard on the seismic risk reduction of operational and functional components of buildings*. Ninth Canadian Conference on Earthquake Engineering. Ottawa, Ontario, Canada.
- Ivanov, M. L., Chow, W-K. (2023). *Structural damage observed in reinforced concrete buildings in Adiyaman during the 2023 Turkiye Kahramanmaras Earthquakes*. Structures, Volume 58. 105578. ISSN 2352-0124. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105578>.
- Jara, J.M., Hernández, E.J., Olmos, B.A., Martínez, G. (2020). Building damages during the September 19, 2017 earthquake in Mexico City and seismic retrofitting of existing first soft-story buildings. Engineering Structures. Volume 209. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109977>.
- Los Ángeles Times. (2015). Infographic: Look at how apartments can collapse during an earthquake. <https://www.latimes.com/visuals/graphics/la-g-retrofitting-wood-frame-soft-story-buildings-20151005-htmlstory.html>. Último acceso 21/11/2023.
- Los Ángeles Times. (2023). L.A. County moves to require quake retrofits as Turkey-Syria death toll exceeds 50,000. <https://www.latimes.com/california/story/2023-02-28/la-county-earthquake-retrofit-non-ductile-buildings>. Último acceso 21/11/2023.
- ReLUIs, EUCENTRE. (2023). Italian joint reconnaissance mission – Türkiye May 8th – 13th 2023: Final report of the mission. <https://www.eucentre.it/joint-reconnaissance-eucentre-re Luis-turkey-syria-earthquake-2023-final-report/?lang=en>. Último acceso 21/11/2023.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2020). INSARAG Guidelines. <https://www.insarag.org/methodology/insarag-guidelines/>. Último acceso 21/11/2023.

ANEXO I: AYUDA TÉCNICA

Características estructurales y materiales de las edificaciones

Materiales más comunes en las edificaciones colombianas

El material predominante en la construcción colombiana es la mampostería, también conocida como albañilería o bloque. Consiste en bloques de arcilla cocida o cemento que se unen a través de un mortero de pega. Los muros en mampostería pueden tener o no refuerzo con barras de acero o columnetas y vigas que confinan sus bordes. En Colombia también es común encontrar el concreto reforzado u hormigón armado, el cual generalmente está presente en las columnas, vigas, muros y losas de entrepiso. La Figura A.11 muestra los materiales predominantes en las edificaciones colombianas.



Figura A.11. Materiales predominantes en las edificaciones colombianas

Sistemas estructurales

El sistema estructural puede considerarse como el “esqueleto” de la edificación. Es el que se encarga de resistir y transferir las cargas que se aplican en la edificación (por ejemplo, el peso de las personas y objetos que lo ocupan, el movimiento de un sismo, o el empuje del viento).

Los sistemas más comunes se presentan en la Figura 1, ejemplos comunes en las Figuras 2 y 3, y explicaciones detalladas se encuentran en el glosario de tipologías constructivas de la Fundación GEM (ver Tabla 2).

Conceptos importantes sobre estructuras:

- Un sismo es una liberación de energía que viaja por la tierra en forma de ondas, estas eventualmente llegan a la superficie donde se encuentra nuestra infraestructura (viviendas, redes, edificaciones indispensables, industrias, etc.). En su recorrido estas ondas atraviesan el suelo, que es lo que se encuentra en la parte superior de la tierra. Cada sismo o terremoto es diferente, es decir, en su paso por el suelo hace que éste se mueva de una manera particular: hay sismos que hacen que el suelo se mueva muy rápido, pero otros más despacio.
- Cada edificio tiene una forma de moverse cuando llega un terremoto. Esta forma depende de las características del edificio. Una de las características más importantes es el número de pisos. Un edificio bajo se mueve "más rápido" que un edificio alto. Es decir, si empujamos la parte superior de un edificio bajo y luego lo soltamos, el edificio se demora poco en "ir y volver"; por el contrario, si empujamos un edificio alto, al soltarlo se demorará más en "ir y volver". Pensemos en un candelabro o una masa sujeta a una cuerda. Si la tira es larga y desplazamos la masa y luego la soltamos, y luego repetimos el ejercicio con la tira más corta, podemos ver que cuando la cuerda es larga la masa se demora más en ir y volver. El tiempo que se demora en ir y volver se llama periodo.
- Al juntar los dos conceptos anteriores podemos ver que el sismo y el suelo también tienen un periodo: hay sismos que hacen que el suelo se mueva muy rápido y hay sismos que hacen que el suelo se mueva menos rápido. Si sobre el suelo hay edificios de diferentes alturas, entonces la respuesta de los edificios será diferente ante un mismo sismo. Cuando el periodo del suelo coincide con el periodo del edificio, dicho edificio se moverá más que los edificios de otros periodos.
- Los edificios, así como todo lo que está en la tierra, están sujetos constantemente a las cargas de la gravedad. Estas son fuerzas que empujan hacia abajo y todos los edificios en este momento están resistiendo esas cargas.

Cuando llega un terremoto o sismo, aparecen fuerzas laterales, es decir, hacia los lados. Y en ese momento el edificio, además de tener que resistir las cargas hacia abajo, también tiene que resistir las cargas hacia los lados (estas cargas laterales cambian de dirección: hacia un lado y luego hacia el otro).

Si un edificio está diseñado y construido para resistir terremotos, tendrá cómo resistir las fuerzas laterales, y esto lo hace a través de lo que se llama "sistema de resistencia de cargas laterales". Este sistema puede estar formado por:

- Vigas y columnas (esto se llama pórtico).
 - Muros
 - Una combinación de vigas-y-columnas y muros
- Es importante entender que, si el sistema de resistencia de cargas laterales son vigas y columnas, esto no significa que el edificio no tenga muros. También tendrá muros, pero ellos solo se encargan de resistir el peso del mismo muro y no están diseñados para resistir la carga de los terremotos.

Los elementos que hacen parte del edificio pero que no son parte del sistema de resistencia ante cargas laterales, como los muros que acabamos de mencionar, así como las escaleras, ventanas y estanterías, se llaman **elementos no estructurales**. Estos elementos pueden sufrir mucho cuando hay un terremoto y, además, pueden causar muchos daños a las personas. Por

ejemplo, muros que no son estructurales pueden caer sobre las personas (esto se ha visto en varios terremotos pasados).

- Cuando el sistema de resistencia de cargas laterales son los muros, éstos están diseñados para que resistan las fuerzas de los terremotos y, por lo tanto, tendrán un refuerzo en su interior (ladrillos de perforación vertical con barras de acero) o tendrán unos elementos que lo confinan (esto se llama mampostería confinada).
- En el Valle de Aburrá hay un número importante de edificios que no tienen un sistema de cargas laterales apropiados, principalmente los edificios de mampostería no reforzada, es decir, edificios que no tienen vigas ni columnas y cuyos muros, que son de bloques de ladrillo o cemento sin ningún tipo de refuerzo, no se diseñaron y construyeron para resistir las cargas de los terremotos.

Otros aspectos importantes sobre edificaciones:

- **Fundaciones:** las cargas que soportan los edificios (las personas, los muebles, los elementos que forman el edificio como muros, vigas, columnas, techo, etc.) deben viajar hasta el suelo. Los edificios entonces deben tener algo que se llama fundaciones, que son como nuestros pies, que hacen que las cargas se transmitan de manera correcta al suelo. Una buena fundación es necesaria para que el edificio tenga un buen comportamiento cuando ocurre un sismo.

Las fundaciones pueden ser profundas (como pilas o pilotes) o superficiales (zapatas o losas de fundación). Para escoger el tipo y profundidad de fundación en una edificación se debe conocer las características del suelo. Esto se hace gracias a estudios de suelos que exploran y sugieren a los diseñadores cuál es el sistema de fundación más apropiado.

- **Techos:** todos los edificios necesitan un techo para cubrirnos del sol y la lluvia. Es muy importante que los techos estén bien conectados a los muros que lo soportan; en caso de no estarlo, cuando llega un terremoto se puede perder la conexión entre el muro y el techo, lo que propicia los daños que pueda tener el edificio.
- Los sismos pueden desencadenar otros efectos que pueden ser muy destructivos, los cuales se llaman **efectos secundarios**. Estos efectos incluyen tsunamis (olas en el mar muy altas que pueden avanzar muchos metros más allá de los límites de la playa), movimientos en masa como los deslizamientos o derrumbes y la licuefacción del suelo (fenómeno que ocurre en suelos arenosos y hace que la capacidad del suelo disminuya, haciendo que edificios y puentes se hundan, deformen o colapsen).

ANEXO II: ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICO E INDICADORES DE ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS PARA EL VALLE DE ABURRÁ

Con el fin de que los participantes comprendan las consecuencias que podrían generar sismos futuros en el territorio, a continuación, se muestran resultados de escenarios de estudios de riesgo sísmico evaluados para la región de interés.

En el estudio de riesgo sísmico del Valle de Aburrá desarrollado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2016) se evaluaron múltiples escenarios. En este anexo se presentan a manera de ejemplo dos escenarios catastróficos: uno de ellos corresponde a un sismo con epicentro en Murindó, Antioquia y tiene una magnitud Mw 6.1, el segundo corresponde a un sismo generado por una fuente de subducción y tiene una magnitud de Mw 7.2. Estos son escenarios probables para la región de acuerdo con el estudio de referencia. Las Tablas A.II.1 a A.II.3 relacionan métricas relevantes sobre las consecuencias estimadas para dichos escenarios. Estas métricas proveen contexto sobre a qué se pueden enfrentar los primeros respondedores ante este tipo de escenarios.

Tabla A.II.1. Indicadores de riesgo para los dos escenarios de riesgo seleccionados para el Valle de Aburrá.

Valle de Aburrá	Fuente y magnitud (Mw)	
Indicadores	Murindó - Belmira Oeste Mw: 6.1	Zona de subducción Mw: 7.2
Pérdida Esperada (COP\$ millones)	\$ 81.696.268	\$ 86.393.682
Número de edificaciones con nivel de daño leve	104.791	156.542
Número de edificaciones con nivel de daño moderado	133.741	121.934
Número de edificaciones con nivel de daño severo	103.769	72.258
Volumen de escombros (millones de m3)	8,1	8,5
Personas sin vivienda	484.864	456.391
Personas sin lugar de trabajo	53.285	47.719

Tabla A.II.2. Afectación humana (caso diurno) de los dos escenarios de riesgo seleccionados para el Valle de Aburrá.

Escenario día	Fuente y magnitud Mw	
Indicadores afectación humana	Murindó - Belmira Oeste Mw: 6.1	Zona de subducción Mw: 7.2
Heridos	114.405	156.867
Muertos	48.530	67.708
Atrapados	80.833	112.847

Tabla A.II.3. Afectación humana (caso nocturno) de los dos escenarios de riesgo seleccionados para el Valle de Aburrá.

Escenario noche	Fuente y magnitud Mw	
Indicadores afectación humana	Murindó - Belmira Oeste Mw: 6.1	Zona de subducción Mw: 7.2
Heridos	97.250	139.023
Muertos	33.453	52.535
Atrapados	55.755	87.558

Por otro lado, el estudio de referencia (AMVA, 2016), también contempla la evaluación probabilística del riesgo sísmico en el Valle de Aburrá. Este análisis considera todos los posibles sismos que puedan ocurrir y afectar la región. Como resultado de ello, dicho estudio provee métricas de las pérdidas anuales esperadas (absolutas o relativas) para cada uno de los municipios del área metropolitana. Las Figuras A.II.1 a A.II.3 muestran dichas métricas. La Figura A.II.4 muestra la distribución geográfica de estos valores para el caso del municipio de Barbosa; de manera similar en el estudio referente existen mapas para las demás municipalidades. De estas métricas se resalta la importancia de los resultados que corresponden a pérdidas relativas, ya que para su cálculo se tiene en cuenta el valor expuesto de los activos del municipio.



Figura A.II.1. Pérdida anual esperada para los municipios del Valle de Aburrá según el estudio de riesgo sísmico de referencia.

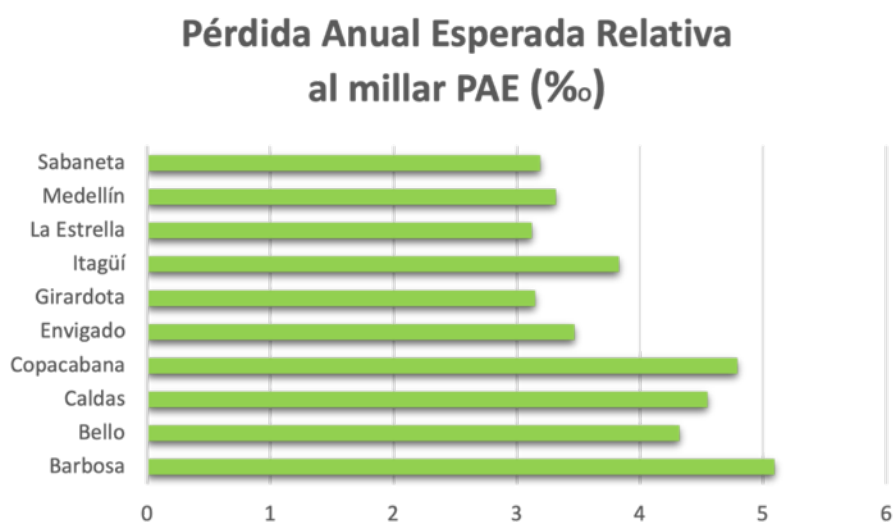


Figura A.II.2. Pérdida anual esperada relativa para los municipios del Valle de Aburrá según el estudio de riesgo sísmico de referencia.

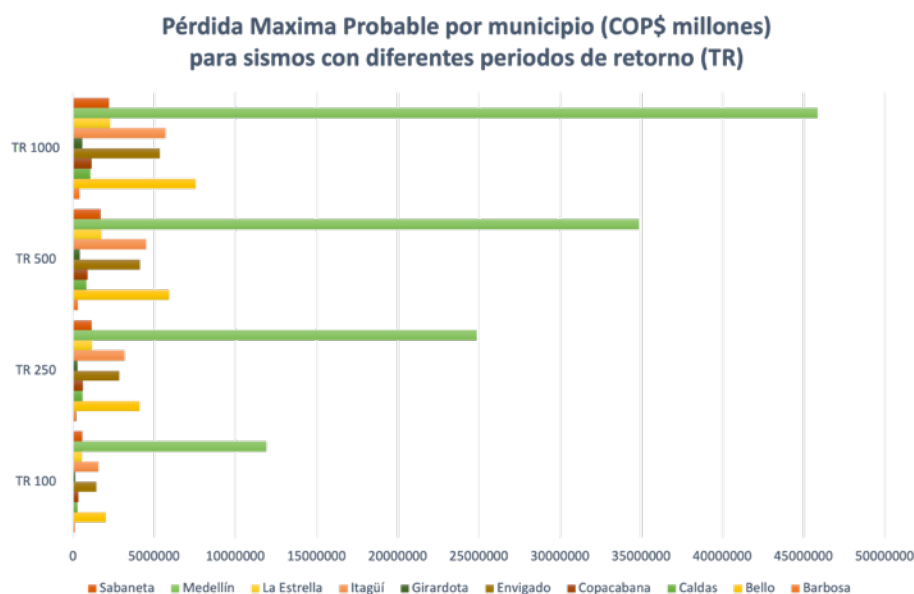


Figura A.II.3. Pérdida máxima probable para los municipios del Valle de Aburrá para sismos con diferentes periodos de retorno según el estudio de riesgo sísmico de referencia.

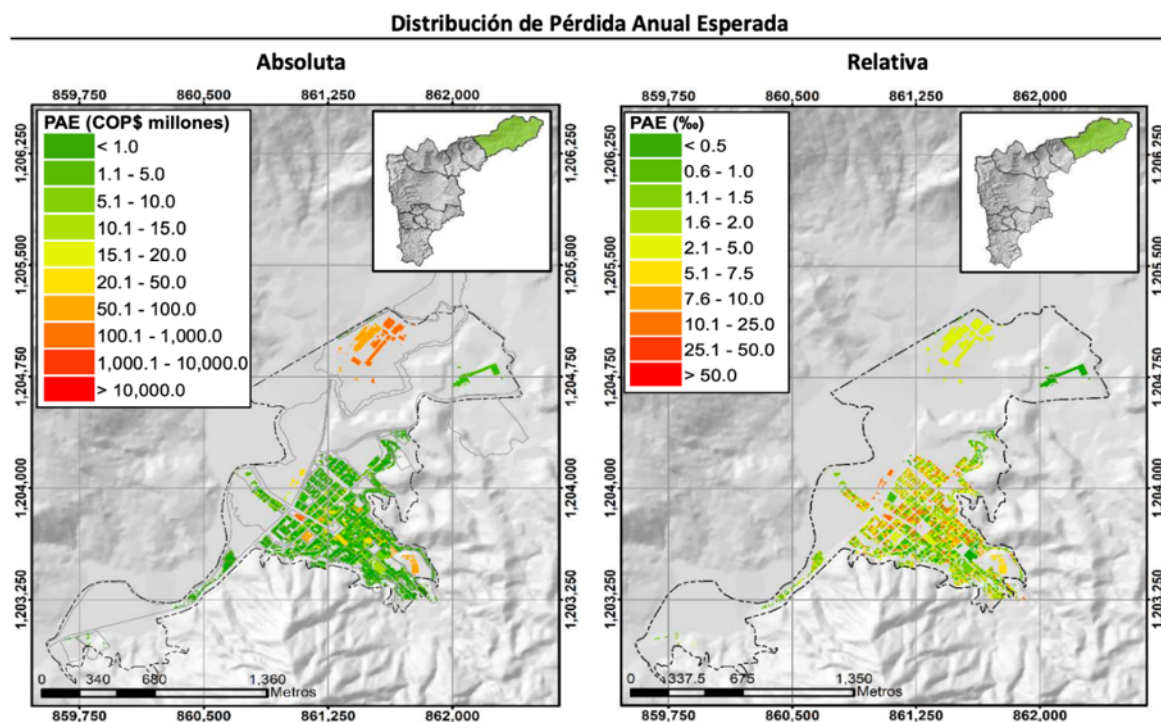


Figura A.II.4. Mapas de distribución de pérdida anual esperada y pérdida anual relativa para el municipio de Barbosa según el estudio de riesgo sísmico de referencia.