

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
LICENCIATURA EN URBANISMO

**Ciudades resilientes a sismos mediante el acceso a espacios de
refugio y una movilidad eficiente**
Caso Ciudad de México

Tesis para obtener el grado de:
URBANISTA

Presenta
Yoshiki Victor Ozawa Tsumura

Directora de tesis
Dra. María del Carmen Valverde Valverde

Ciudad Universitaria, CDMX
Agosto del 2024





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Sinodales

Dra. Celia Elizabeth Caracheo Miguel

Dra. María del Carmen Valverde Valverde

Mtra. Alejandra Cea Lira

Mtro. Hugo César Molinero Flores

Mtro. Jose Luis Salazar Maya

Agradecimientos

お父さん、いつもありがとうございます。ここまでできたのはお父さんがいてくれたからです。もうママとの約束は守られました。いつも私の面倒を見てくれて本当に感謝しています。これからも一生懸命頑張るので安心して下さい。ママにはもう会えないけど、これで嬉しいかな、いつまでも本当にありがとう。

Para mi familia, obachan, gracias por siempre estar en contacto conmigo, por cuidarme desde que mi mama fallecio y ayudarme a crecer como persona, ojichan gracias por haber sido un gran ejemplo a seguir, que tengo que esforzarme por las cosas que quiero y cuidar a mi papá. Tío Riki, arigatou por todo el esfuerzo y por ver por mi bien siempre, por estar ahí para escucharme cuando lo necesite y por recordarme y enseñarme muchas lecciones valiosas. Tío Tada, arigatou por escucharme, por darme consejos, aunque fuera a la distancia agradezco tenerlos a ambos como parte de mi familia y se que así como yo estoy agradecido con ustedes mi mamá lo ha de estar también, entonces arigatou de todo mi corazón.

A mis amigas y amigos, gracias por ser esa familia que yo pude elegir, en estos últimos años he tenido altibajos y siempre se mantuvieron a mi lado, buscaron animarme y me ayudaron a seguir adelante a pesar de todo. En serio gracias y sin ustedes esto tampoco habría sido posible.

Gracias a la UNAM, que me formó, de la cual quise formar parte desde que era chico y ahora salgo satisfecho con lo que he estudiado y buscaré seguir creciendo con estas bases que me ha otorgado.

Gracias a todas y todos los profesores de quienes tuve la oportunidad de aprender y conocer sobre la importancia del urbanismo y como este puede llegar a influir en las personas.

Por último, agradezco a la Dra. Carmen Valverde y a la Dra. Elizabeth Caracheo, que sin ellas esta tesis no hubiera sido posible, gracias por ayudarme a darle una estructura, por guiarme sin darme las respuestas y por enseñarme que la consistencia y con trabajo se obtienen los resultados.

どうもありがとうございました

Índice

Resumen	5
Planteamiento del problema	5
Justificación:	6
Pregunta general:	6
Objetivo general:	6
Preguntas específicas:	6
Objetivos particulares	7
Hipótesis	8
Desarrollo metodológico	9
1. Infraestructura Vial y su relación con la accesibilidad en ciudades	12
1.1. ¿Qué es la infraestructura vial?	12
1.2. ¿Qué se entiende por accesibilidad?	14
1.3. El espacio público como elemento de la accesibilidad y su relación con la infraestructura vial	15
2. Sismos	17
2.1. ¿Qué son los sismos?	17
2.2. ¿Cómo se miden?	18
2.3. Consecuencias que presentan en las ciudades	23
3. Casos internacionales	27
III.I. Sismo en Valdivia, Chile	28
III.II. Sismo en la región de Tohoku, Japón	29
4. Sismo del 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México	31
4. 1. Sismicidad en México	31
4. 2. Sismicidad en la Ciudad de México	35
4, 3. Sismo del 19 de septiembre de 2017	39
4.4. Consecuencias en el funcionamiento de la Ciudad de México	41
4. 6. Adaptación por parte de la ciudad posterior a los sismos	50
5. Resiliencia urbana	53
5.1. ¿Qué se entiende por resiliencia urbana?	53
V.II. Importancia de las ciudades resilientes	53
V.III. ¿Qué se entiende por espacio de refugio?	55
VI. Proyecto: Movilidad resiliente a sismos, caso Ciudad de México	57
Conclusiones	64
Fuentes de información	68

Resumen

La accesibilidad como respuesta ante fenómenos sísmicos, principalmente en la Ciudad de México, tomando como referencia el terremoto ocurrido en 2017 y las consecuencias en la movilidad e interrupción en los diferentes servicios causados por los derrumbes o daños causados de manera inmediata y el tipo de respuesta que se tuvo ante esta, por lo que en esta investigación se busca la viabilidad de establecer espacios de resguardo temporal para la población que haga uso de transporte público.

Planteamiento del problema

El acceso a espacios de resguardo tiene una gran importancia para el desarrollo de los protocolos de protección en las diferentes ciudades, esto visto desde una perspectiva de la movilidad y la capacidad de realizar traslados necesarios dentro de estas, por lo que se vuelve de suma importancia que las ciudades sean accesibles en momentos de crisis y así buscar que las repercusiones a las personas sean las mínimas.

Para esto es importante conocer características geológicas, morfológicas y socioculturales de las ciudades, entendiendo que cada ciudad tiene una cultura diferente ante los sismos, en el presente documento referido al caso de la Ciudad de México. El desarrollo de las vialidades es de vital importancia para conocer la interrelación que estas presentan en las ciudades y la capacidad de respuesta que estas tienen ante riesgos sísmicos.

Las ciudades son grandes espacios con una gran densidad poblacional, específicamente el caso de la Ciudad de México, por lo que es necesario conocer el tipo de infraestructura vial existente para el desarrollo de estos protocolos de prevención y/o mitigación ante los riesgos sísmicos.

Justificación:

Con el presente documento se busca identificar la importancia de una ciudad accesible por medio de sus vialidades en caso de fenómenos sísmicos para proponer una nueva dinámica al suscitarse estos, de forma que las pérdidas humanas sean mínimas y las ciudades puedan actuar de manera eficaz y resiliente ante los sismos de gran magnitud por medio del desarrollo de protocolos de seguridad a nivel estatal que otorguen a las personas una mayor seguridad y calma en momentos de crisis.

Pregunta general:

¿Cómo afectan los sismos a la movilidad masiva en la ciudad y cómo proveer de una respuesta eficaz ante estos a la población de la Ciudad de México mediante espacios de refugio temporal?

Objetivo general:

Identificar y reconocer la importancia de espacios de resguardo temporal ante fenómenos sísmicos y las consecuencias que estos ocasionan como la interrupción de servicios de transporte público entre otras afectaciones a la población específicamente en el caso de la Ciudad de México.

Preguntas específicas:

- ¿Qué consecuencias tiene un sismo en la movilidad en las ciudades en un corto plazo?
- ¿Cómo planear una movilidad resiliente para números grandes de población en las ciudades localizadas en zonas sísmicas?
- ¿Qué importancia tiene una red de espacios de refugio en una ciudad resiliente a riesgos sísmicos?

Objetivos particulares

- Identificar las consecuencias que tiene un fenómeno sísmico en las ciudades
- Reconocer los fenómenos sísmicos en las ciudades como elemento que altera la movilidad masiva en las dinámicas urbanas.
- Proponer el establecimiento de zonas de resguardo temporal ante la ocurrencia de fenómenos sísmicos de gran magnitud en la Ciudad de México

Hipótesis

Si se tiene un protocolo ante sismos en el cual la accesibilidad a espacios de atención y distribución de la población de manera masiva sea prioritaria, esto permitirá una mejor mitigación ante fenómenos sísmicos en la Ciudad de México, de manera que se genere una sociedad resiliente al analizar las consecuencias del terremoto de 2017. Esto permitirá una mejora en el desarrollo de las dinámicas urbanas para futuros sismos.

Desarrollo metodológico

En este apartado se describe el tipo de estudio a realizar para el análisis de las zonas de riesgo, identificando probables refugios mediante el reconocimiento de equipamientos, así como el análisis de vialidades existentes y sistemas de transporte público en la Ciudad de México, para así proponer una vinculación entre los espacios de refugio temporal, las vialidades y el sistema de transporte público de la Ciudad de México.

Para esto se hace uso de diferentes procesos:

- **Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)** para el análisis geoespacial:

Mediante el uso de datos abiertos de diferentes portales de datos abiertos como el gobierno de la Ciudad de México, datos de Protección Civil, etc. para identificar:

- Zonas de riesgo sísmico: Mediante se visualizarán zonas de riesgo sísmico, mediante la superposición de capas para evaluar su interrelación y conocer el tipo de fallas o fracturas que puede presentar la Ciudad de México.
- Equipamientos como deportivos, parques, etc. ya que presentan una mayor área y menor riesgo de derrumbe por construcciones, esto para generar buffers de diferentes distancias permitiendo así identificar la correlación entre estos refugios y el transporte público.
- Vialidades existentes destacando vialidades primarias, para permitir a la población tener acceso y poder hacer sus recorridos en caso de que no cuenten con algún sistema de transporte público provisto por el gobierno y puedan hacer uso del transporte concesionado.

- Sistemas de transporte público, identificar las diversas redes de transporte público que forman parte de la “Movilidad Integrada” y líneas de transporte concesionado, para analizar la interconexión entre estas y la presencia de diferentes Centros de Transferencia Modal (CETRAM) para la distribución de la población.
- **Formulario para identificar las vivencias durante el sismo de 2017**
dirigido a habitantes de la Ciudad de México, en este se recolectó información sobre las vivencias de la población en un día común y el día del sismo. Para esto se colocarán preguntas relacionadas a:
 - Lugar de residencia y lugar de principal actividad (trabajo, estudio, otro) para conocer los traslados realizados.
 - Tiempo de recorrido de regreso a casa en un día común
 - Tiempo de recorrido de regreso el día del sismo
 - Medio de transporte utilizado
 - Dificultades encontradas en la movilidad y el acceso a espacios de refugio el día del sismo
- **Revisión de reportes de daños** ocasionados por el sismo para identificar patrones en la ciudad con datos proporcionados por la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México y datos de Protección Civil.
- **Identificación de nuevos posibles refugios temporales**
Establecer criterios para la identificación de posibles nuevos refugios temporales, como lo son:
 - Localización
 - Área de equipamiento
 - Accesibilidad y cercanía a zonas de riesgo y medios de transporte

Con estos principales criterios, establecer espacios y refugios temporales que permitan la interconexión en la ciudad, así como la distribución de la población en situaciones de emergencia.

- **Conclusiones**

Se resumieron los principales hallazgos del análisis, presentando recomendaciones finales para la implementación de nuevos espacios y refugios temporales en la Ciudad de México.

1. Infraestructura Vial y su relación con la accesibilidad en ciudades

1.1. ¿Qué es la infraestructura vial?

Se entiende por infraestructura vial al conjunto de elementos que hacen posible el movimiento de vehículos y personas de un origen a un destino respondiendo a algunos indicadores como el confort, seguridad, funcionalidad de la vía, capacidad estructural y el inventario vial. (Solminihaç et al. 2018) Dentro del mismo inventario se consideran elementos como la vialidad, la pavimentación, puentes, túneles, elementos de seguridad (cámaras, bardas, señalizaciones), sistema de drenaje, taludes y elementos paisajísticos.

En la planeación y desarrollo de dicha infraestructura, es importante considerar elementos externos que pueden afectar directamente a ésta, como las redes de servicio de electricidad, agua, comunicación, de manera que se considere como un sistema complejo a toda la infraestructura vial y su relación con la ciudad.

Para ello, un sistema complejo es compuesto por “partes interrelacionadas que como un conjunto exhiben propiedades y comportamientos no evidentes a partir de la suma de partes individuales, estos son compuestos por agentes conectados, interdependientes, diversos, adaptativos y pendientes del camino cuyas interacciones resultan en fenómenos emergentes.” (Hilbert, 2015).

La infraestructura vial es un elemento con el cual la mayoría de la población interactúa a diario, por lo cual si ésta llega a ser ineficiente o no cumple con las necesidades de la población generará efectos negativos en las áreas urbanas.

Cabe recordar que todo proyecto a diferentes escalas tiene un tiempo de uso si no se le da el mantenimiento adecuado a la infraestructura, se presentarán fallas

en ella por más que la planeación de ésta haya sido la ideal, también es importante considerar los cambios que se dan en su entorno urbano lo cual, hace necesaria la actualización de las vialidades. Sin olvidar los daños que el propio sismo puede originar en las diversas infraestructuras como se mencionará en el apartado 2.3. “Consecuencias de los sismos”.

Entre las principales fallas que puede presentar la infraestructura vial pueden estar causadas por surcos, inundaciones, corrugaciones del suelo las cuales se dan principalmente en zonas irregulares y con poca filtración, así como los mismos sismos.

En la Ciudad de México se cuenta con una gran variedad de maneras de transportarse entre espacios, desde la infraestructura vial para peatones, vehículos privados y sistemas de transporte colectivo en sus diversas capacidades como lo son el STC Metro, Metrobús, Cablebús, Tren Ligero, Trolebús, Ecobici, Combis, Microbuses, RTP. Sin embargo, estos llegan a detener sus servicios al momento que ocurren los sismos, por lo que es necesario identificar la morfología de la ciudad a partir de los movimientos telúricos, para poder identificar las diferentes zonas en donde las personas busquen resguardo mientras se realizan los protocolos de seguridad posterior a estos fenómenos.

Para ello la Ciudad de México presenta diferentes clasificaciones en sus vialidades, para la presente tesis se considerarán las vialidades con mayores dimensiones las cuales son: Avenidas, Bulevares, Calzadas, Carreteras, Ejes viales, Periférico y Viaducto.

1.2. ¿Qué se entiende por accesibilidad?

La accesibilidad en situaciones emergentes se refiere a la identificación de componentes de la infraestructura vial y la percepción de estos mismos espacios tanto visual y auditivamente que serán los aspectos a revisar en los momentos de crisis. En el contexto actual la accesibilidad busca la conexión de personas, a oportunidades de trabajo y tener la posibilidad de realizar sus viajes origen-destino considerando su ubicación, horario, modo de transporte, preferencias personales y conocimiento de la ciudad. (Fernández, 2019).

Además, se reconoce como factor el tiempo de traslado a cada destino, identificando las oportunidades que se presentan a cada rango de tiempo y de esta manera reconocer la mejor opción para la realización de la actividad planteada.

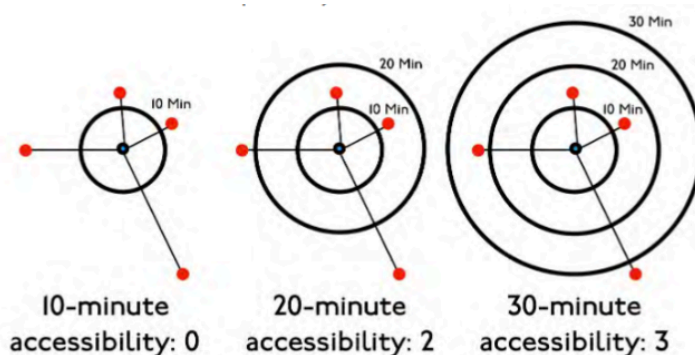


Imagen 1. Tomado de Fernández, Santiago (2019) de la presentación Accesibilidad Urbana: Concepto y aplicaciones el 25 de noviembre de 2023.

Como se muestra en la Imagen 1, la accesibilidad considera el tiempo que se realiza para llegar a los destinos como parte de su estructura. Esto permite el desarrollo de nuevas estructuras de acuerdo a la escala que se maneje en los proyectos, en este caso el acceso a espacios de resguardo cercanos a diversos

transportes públicos que permitan una movilidad eficiente posterior al desarrollo de los protocolos de seguridad establecidos en las zonas urbanas.

Así, se establece una estructura común donde las personas son capaces de identificar espacios seguros y vialidades, pero al suscitarse un fenómeno de esta magnitud donde edificios colapsan, vialidades quedan inutilizables y la sociedad entra en un estado de shock, conocer los espacios en donde menor cantidad de daños se puedan localizar es vital para que las personas sean capaces de procesar el suceso y posteriormente realizar sus movimientos de traslado en las ciudades.

Una de las principales problemáticas que se presenta en el caso de la Ciudad de México es la alta densidad poblacional en esta y la poca eficiencia que tiene el transporte público, así como el uso elevado de vehículos personales que hacen menos eficiente el traslado.

1.3. El espacio público como elemento de la accesibilidad y su relación con la infraestructura vial

El espacio público es un elemento frecuentemente mencionado en planes y programas, sin embargo, la realidad del espacio público en México es diferente. Para esto ¿Qué es el espacio público? Se entiende por espacio público a “las áreas, espacios abiertos y predios destinados al uso, disfrute y aprovechamiento colectivo” (Orozco, 2022) en donde las personas tienen acceso libre a estos sin discriminación de ninguna índole.

El espacio público permite conocer la ciudad desde la perspectiva del habitante y cómo este llega a habitar los espacios para entender el valor que tienen las

mismas ciudades y las relaciones que se forman dentro de ellas. En estas se consideran actividades en el espacio público y cómo estos influyen en la ciudad y de esta forma poder generar ciudades accesibles y seguras, en donde las personas se integren a las dinámicas dentro de estas, (Bosselman, 2008)

Para esto el espacio público en la Norma Mexicana se divide en 3 grandes grupos:

- Equipamientos: Entendiendo estos como espacios que complementan a los usos habitacionales como lo son centros de población en los cuales se localizan plazas, jardines, parques, plazas, espacios deportivos, entre otros.
- Infraestructura: Por ejemplo, la infraestructura vial, en sus diferentes categorías, primarias, secundarias, terciarias, peatonales, considerando su continuidad, flujo, sentido de forma que son los conectores en la ciudad.
- Áreas Naturales: Lo conocido como Áreas Naturales Protegidas (ANP) de mayor dimensión con la menor intervención humana y estos fungen como servicios ambientales a la población, estas están delimitadas por leyes federales y estatales.

Como se mencionó anteriormente, la infraestructura vial es parte fundamental en la estructura de las ciudades. Está permite en zonas urbanas la conexión, identificando la calidad en la que las vialidades y la capacidad de las personas de acceder a diferentes servicios y dirigirse a sus destinos de manera que se entiende a la ciudad como un gran sistema complejo. Por ello, la infraestructura vial y su accesibilidad deben ser resilientes tanto a los desafíos internos como a su entorno urbano.

La accesibilidad en ciudades se ve afectada en diversos aspectos, visuales y auditivos en este caso. La modificación de estos puede generar alteraciones en

las dinámicas de las ciudades generando una interrupción en las actividades y de esta forma la lectura de la ciudad se modifica por lo que es necesario que elementos de alerta sean claros incluso en momentos de crisis.

La morfología de las ciudades ha ido modificándose con el paso del tiempo, sin embargo, algo importante a destacar es que este cambio, se ha suscitado acorde a la sociedad haciendo uso de la infraestructura existente y así el desarrollo de las actividades dentro de las ciudades. Por lo que la localización de espacios abiertos y diferentes equipamientos, así como vialidades de gran dimensión, se vuelven de gran importancia a tener mayor claridad visual y espacial para la generación de espacios de refugio en momentos de crisis.

2. Sismos

2.1. ¿Qué son los sismos?

Los sismos son movimientos involuntarios y bruscos del suelo imposibles de predecir, sin embargo, se puede conocer en qué zonas pueden acontecer los movimientos telúricos conociendo la estructura geológica del planeta. Estos son estudiados a finales del siglo XIX y se empiezan a registrar por medio de su magnitud y se cuantifican a partir de 1935 con los estudios de Charles Richter con lo que se empieza a calcular la magnitud y se posibilita conocer el tamaño de un sismo. (Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2017)

La estructura interna del planeta está conformada por el núcleo, manto, corteza y la litósfera, toda la actividad sísmica se genera en la corteza terrestre, en esta se localizan las placas tectónicas las cuales han ido modificando su localización a lo largo del tiempo, por lo mismo estas llegan a colisionar y causar

movimientos trepidatorios y oscilatorios en la superficie terrestre. (Servicio Sismológico Nacional (SSN), s.f.)

Al año se registran más de 500,000 sismos, de los cuales solo 3000 son lo suficientemente fuertes para ser percibidos por humanos, y entre 7 a 11 llegan a causar pérdidas humanas. (Grupo Ángeles, 2021)

2.2. ¿Cómo se miden?

La magnitud de los sismos funciona para determinar la fuerza de un sismo e identificar la energía sísmica liberada, esta se calcula en una escala logarítmica, de forma que se tiene un incremento de 32 veces la energía liberada, “un sismo de magnitud 8 es 32 veces más grande que uno de magnitud 7, 1000 veces más grande que uno de magnitud 6, 32,000 veces más grande que uno de magnitud 5 y así sucesivamente.” (Servicio Sismológico Nacional (SSN), 2019-2023). Actualmente se usan las siguientes magnitudes de energía M_e , momento sísmico M_w , magnitud local M , entre otras, las cuales permiten calcular magnitudes preliminares y sacar resultados confiables.

Por su parte, la intensidad se asigna en función a los daños o efectos causados a las personas y sus construcciones. (SSN, 2023) Esta se basa en la cantidad estadística resultante del sismo considerando factores como las personas, edificaciones entre otros objetos que se ven alterados y está en función del epicentro del sismo y la distancia a la que se encuentra de este y se denota con números romanos desde I hasta XII (tabla II.1). (SSN, 2017)

Escala Mercalli	
Escala Mercalli (Intensidad)	Descripción
I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones favorables
II	Sacudida sentida por pocas personas en reposo, en pisos altos de edificios, objetos pueden oscilar.
III	Sacudida claramente sentida en interiores, en pisos altos. Puede no asociarse a un temblor. Vehículos estacionados se mueven ligeramente. Vibración similar al paso de un carro pesado, Duración estimable.
IV	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
V	Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen relojes de péndulo.
VI	Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.
VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; ruptura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían carros de motor.

IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.
X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Tabla II.1. Elaboración propia tomado Servicio Geológico Mexicano (2017) “Escala de los sismos”

Como se mencionó previamente los sismos tienen diferentes parámetros de acuerdo a su localización y geología del sitio. En el caso japonés se consideran los siguientes parámetros en la escala Richter de acuerdo a la llamada “escala de Shindo” (tabla II.2)

Escala de Shindo de acuerdo a la escala Richter	
0	No existe el sismo
1	Pocas personas en interiores sienten el movimiento
2	Varias personas sienten el movimiento y algunos elementos colgantes se mueven
3	Muchas personas adentro sienten el sismo y algunos adornos pueden ser afectados
4	Personas dormidas sienten el movimiento y se alertan sobre objetos que puedan caerse
5-	Se mueven muebles e incluso pueden caerse algunos elementos ligeros
5+	Muebles pesados pueden caerse, coches pueden tener complicaciones en su manejo.
6-	Las personas tienen dificultad estando de pie, se observa daño a edificios en muros y cristales
6+	Personas se ven obligadas a gatear, algunos muebles y puertas pueden caerse
7 <	Las personas pierden control total, aparecen grandes grietas en el suelo y en las edificaciones

Tabla II.2. Elaboración propia tomado de Lewis, Robin (2017) de “What 's japanese “Seismic Intensity” (shindo) scale for measuring earthquakes, and why does it matter?”

Como se observa en la Tabla II.2, la escala japonesa marca niveles bajos en donde se tienen diferentes rasgos en la escala Richter, sin embargo, es importante destacar que la zona del archipiélago japonés es una de las zonas más sísmicas del mundo y una de las zonas con el suelo más inestable, por esto es que vemos que se tienen grandes consecuencias a partir del rango 5+, mientras que en otros casos como lo es la Ciudad de México estos pueden llegar a pasar desapercibidos por la misma población cuando su epicentro se localiza por los movimientos de subducción de la placa de Cocos y su contacto con la placa Norteamericana.

A nivel nacional mexicano se maneja la escala Richter de la siguiente manera (tabla II.3 Escala Richter).

Escala Richter	
Magnitud, escala Richter	Efectos del sismo
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero se registra
3.5-5.4	Se siente, causa daños menores
5.5-6.0	Daños ligeros a edificios
6.1-6.9	Ocasiona daños severos en áreas de alta densidad poblacional
7.0-7.9	Terremoto mayor, daños graves
8 o mayor	Gran terremoto, destrucción total a comunidades cercanas

Tabla II.3. Elaboración propia tomado del Servicio Geológico Mexicano (2017) “Escala de los sismos”

Por esto es importante identificar que cada ciudad tiene diferentes características geológicas y cada ciudad presenta diferentes reacciones a los movimientos sísmicos, sin embargo, cabe destacar que se debe plantear la diferencia en cómo reacciona la población por sus características culturales y como se ha educado a esta ante estos sucesos.

Como se observa en ambas tablas (tabla II.2 y tabla II.3), la especificidad con la que se maneja la misma escala Richter varía dependiendo de las consecuencias que ésta presenta en su territorio. Se observa una diferencia desde la actividad menor a 3.5 no es registrada en el caso de México, mientras que en el caso japonés estos ya son percibidos por la población japonesa y consideran diferentes conductas de las personas, por el lado contrario el mayor nivel que se tiene en la escala de Shindo es “mayor a 7” mientras que en el caso mexicano es “8 o mayor” en donde se presentan las mayores afectaciones.

2.3. Consecuencias que presentan en las ciudades

Infraestructura vial

La eficiencia en la movilidad de las ciudades es muy dependiente de una infraestructura adecuada. En este rubro los sismos varían, dependiendo de la magnitud, así como de la calidad de las construcciones y de la infraestructura ya que pueden llegar a presentar daños, pérdidas parciales o totales de estas construcciones, de forma que se vuelve una prioridad en el planteamiento de una ciudad resiliente a sismos en las que las construcciones y la infraestructura sean planteadas de manera adecuada, identificando su contexto geológico de manera que se tenga el desarrollo de la normativa pertinente a las necesidades de la zona y se respeten los reglamentos de construcción adecuados para cada zona.

Sin embargo, en caso de sismos de gran intensidad y/o magnitud la infraestructura vial llega a presentar una deficiencia en la movilidad en momentos de crisis por más adecuada que sea su planeación lo cual entorpece los viajes de la población y el acceso a los diferentes servicios y elementos de auxilio.

Como se puede observar en la imagen 2.1, el sismo con fecha del 1 de enero de 2024 y magnitud de 7.6 en la escala Richter con epicentro en la Prefectura de Ishikawa, presentó grandes daños en la ciudad y se reportaron varios decesos y heridos en la zona, (BBC News Mundo)



Imagen 2.1 Grietas en la localidad de Wajima, Ishikawa, Japón el 1 de enero de 2024, tomado de BBC News Mundo, el 24 de abril de 2024.

Vivienda

Los sismos de acuerdo a su magnitud e intensidad pueden llegar a presentar daños en las viviendas. Estos daños pueden ser intrascendentes, llegar a presentar un riesgo para los habitantes e incluso una pérdida total de la vivienda. Para minimizar el riesgo de pérdida total de una vivienda es necesario un estudio del suelo, así como que esta sea construida respetando los diversos reglamentos de construcción. No obstante, en la mayoría de los casos de las ciudades latinoamericanas, por diversos factores sociales, económicos, culturales, entre otros la autoconstrucción, entendiendo esto como la construcción propia sin algún tipo de reglamentación o respeto normativo, en caso de no ser construidas de forma adecuada presentan un alto riesgo de derrumbe o de presentar daños estructurales importantes.

Teniendo en cuenta esto, es crucial que todas las viviendas necesitan contar con un protocolo propio de seguridad para tener la capacidad de reaccionar a sismos ante la impredecibilidad de estos. Aparte de los daños estructurales que puede llegar a presentar, es de vital importancia tomar en cuenta que el daño a estructuras puede generar otros efectos posteriores como lo son incendios en

caso de fallas eléctricas o en tuberías de gas y el material de las viviendas (Imagen 2.2). En la Imagen 2.2 se observa que se produjeron incendios en las viviendas de Ishikawa debido a que el principal material de construcción es la madera, lo cual contribuyó a la propagación de los incendios.

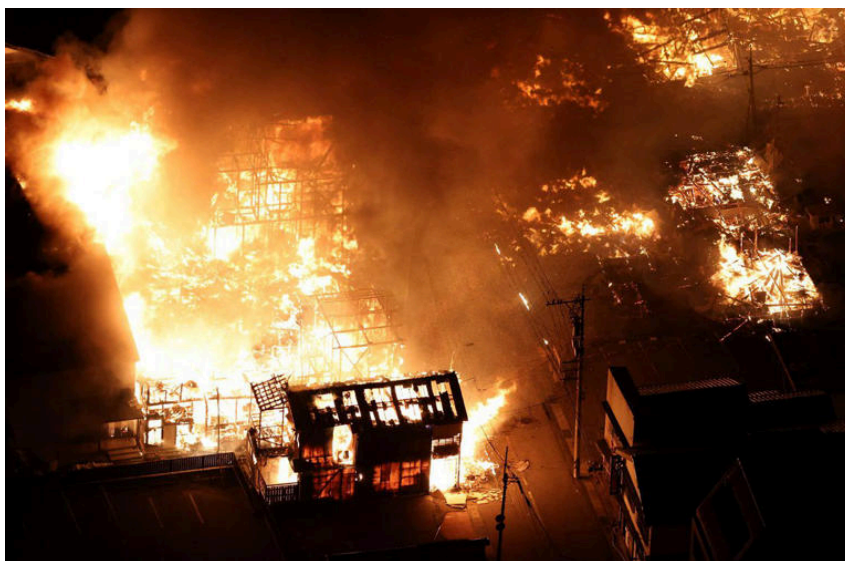


Imagen 2.2 Incendio en viviendas de Wajima, Ishikawa, Japón el 1 de enero de 2024, tomado de El Universal, el 24 de abril de 2024.

Sociales

Socialmente, estos eventos presentan afectaciones en la conducta y manera de actuar de las personas, así como pueden generar diferentes traumas y causar susceptibilidad ante diferentes sonidos como lo puede ser la alarma sísmica y que las personas entren en un estado de shock post-traumático por las diversas consecuencias que los sismos presentan en sus ciudades, viviendas y familias.

Sin embargo, esto no significa que en todo el mundo las reacciones sean similares ya que las personas pueden tener diferentes reacciones dependiendo de la cultura ante fenómenos sísmicos con la que se haya criado.

Un ejemplo que demuestra las diferentes perspectivas que se tienen ante los sismos es el caso de Chile en donde “La gente no corre cuando suceden” (Robino, 2015).

Es notable que en una zona tan propensa a sismos pueda reaccionar de manera con tanta calma, esto es debido a que, desde la infancia, los chilenos están educados a que los sismos son parte de su vida diaria. Además, tras numerosos terremotos de gran escala, el gobierno ha elaborado y modificado las políticas en construcciones y sus protocolos de seguridad ante estos. La ciudad ha sido capaz de adaptarse a estos reconociendo la importancia que tienen los protocolos que se llevan a cabo como simulacros, en los cuales las personas aprenden las acciones a seguir y de esta manera poder actuar de la mejor manera ante este tipo de riesgo.

Se entiende que la calma de la sociedad viene desde un contexto histórico, social y político en las que la sociedad actúa con confianza ante los sismos donde han sido educados a incluir la prevención en su vida cotidiana incluso después del terremoto de 2010 que trajo consigo un tsunami.

Movilidad

Dependiendo de la intensidad de los sismos estas pueden causar fallas en la eficiencia de la infraestructura y con esto la movilidad en los diferentes medios de transporte, lo cual afecta en los viajes de la población a sus respectivos destinos, desde fracturas en las vialidades vehiculares, fallas en los sistemas de comunicación que impiden el movimiento en los diversos sistemas de transporte, así como la interrupción de los mismos.

Por lo tanto, la movilidad es uno de los factores que mayor relevancia presenta al suscitarse los sismos, no solo por las implicaciones que tiene en su origen, sino también las afectaciones a las redes de transporte y lo que conlleva como la falta de eficiencia en la respuesta de diversos servicios y la atención pronta a estos espacios necesitados y necesarios para la resiliencia de la misma ciudad.

Estas consecuencias se desarrollan de manera local en el capítulo 4 apartado 4. “Consecuencias en el funcionamiento de la Ciudad de México”.

3. Casos internacionales

Para este apartado se consideran dos casos específicos, ubicados en zonas de alta sismicidad por los movimientos de la placa del pacífico, conocida como el “Anillo de Fuego del Pacífico” (Imagen 3.1) que recorre 40,000 km. en donde se localizan países desde el sudeste asiático, pasando por las costas de Japón y toda la costa poniente del continente americano. Esta es una zona de subducción de parte de la placa del Pacífico hacia las diversas placas continentales y en el caso de México la placa de Cocos, la placa Norteamericana y la placa del Caribe en menor medida. Es importante destacar que el impacto de las zonas de subducción tiene actividad sísmica hasta los 670 km. de profundidad, lo cual produce sismos de alta intensidad y gran magnitud en diversos puntos del anillo. (SSN, 2021)

El “Anillo de Fuego” es responsable del 90% de los sismos en el planeta así como el 75% de la actividad volcánica actual del planeta. (Ayala, 2022). Es por esto que es crucial conocer los casos históricos a lo largo de este “Anillo de Fuego” para entender las consecuencias que sismos en esta zona pueden llegar a causar en países que presentan un alto riesgo sísmico y comparar estas con el caso mexicano. Para este propósito, se han revisado dos sismos principales, el

ocurrido en Valdivia, Chile en 1960 y el sismo ocurrido en la región de Tohoku, Japón en 2011.

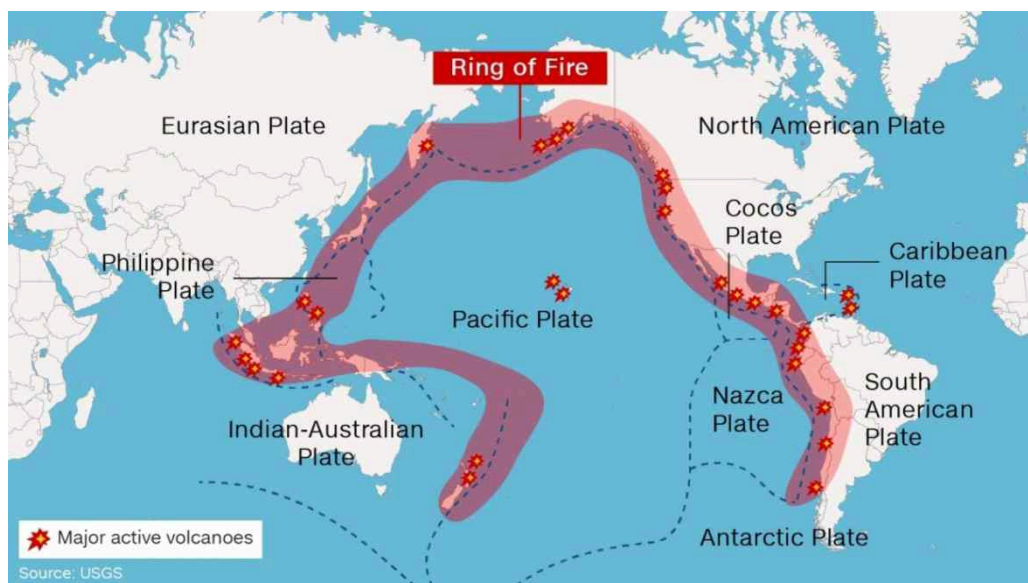


Imagen 3.1. Anillo de Fuego del Pacífico, tomado de National Geographic en español el 27 de febrero de 2024.

III.I, Sismo en Valdivia, Chile

El terremoto de mayor magnitud registrado hasta ahora es el terremoto de 9.5 en escala Richter en la ciudad de Valdivia, Chile, este es un gran ejemplo para entender el impacto que los sismos tienen para ser examinados desde diferentes perspectivas. De esta manera, destacando que el tipo de suelo es un gran factor para el desarrollo de ciudades y entender la importancia que estas tienen. La ciudad de Valdivia se localiza en una deformación tectónica que permitió estudiar y confirmar que todo el país de Chile se encuentra en una zona sísmica constante. (Moss y Moffat, 2020)

Este terremoto tuvo consecuencias en diferentes áreas de la ciudad, causando actividad volcánica y tsunamis trayendo consigo daños no causados únicamente por el movimiento sísmico, sino también por los fenómenos posteriores. Esto subraya la importancia que la localización de las ciudades y la relación con su contexto geográfico permite desarrollar los instrumentos, infraestructura y protocolos adecuados de forma que se plantee por ciudad cada uno de estos.

III.II. Sismo en la región de Tohoku, Japón

Otro ejemplo de un gran sismo, es el que lleva por nombre en japonés, Higashi Nihon Daishinsai (東日本大震災) que en español significa el gran terremoto del oriente de Japón. Este se suscitó el 11 de marzo de 2011 en las prefecturas de Akita, Aomori, Fukushima, Iwate, Miyagi y Yamagata los cuales se localizan en la región de Tohoku (東北) que corresponde la región noreste del país. El sismo se originó por el choque de las placas euroasiática y pacífica que alcanzó una magnitud 9 en la escala Richter, el cual generó consigo un tsunami. Ambos tuvieron como consecuencia la pérdida de 15749 vidas y 3962 personas desaparecidas de acuerdo al informe de la EERI (2011:1) de acuerdo con datos de la UNESCO.

La combinación de estos fenómenos generó daños a la planta nuclear Fukushima Daiichi en el oriente de Japón. La falla de esta planta representó una falta de servicios energéticos en el oriente del país, de manera que reformuló los protocolos en cuanto a plantas nucleares tanto en el país como a nivel internacional.

A más de diez años del suceso, se reportan diferentes actividades que se han tenido que realizar para recuperar un estilo de vida en la región, sin embargo, es

de destacar que algunas de las ciudades afectadas no han sido capaces de recuperar todos los espacios o servicios perdidos durante el terremoto y las consecuencias que este causó (Agencia Nacional de Policía de Japón (NPA), 2021).

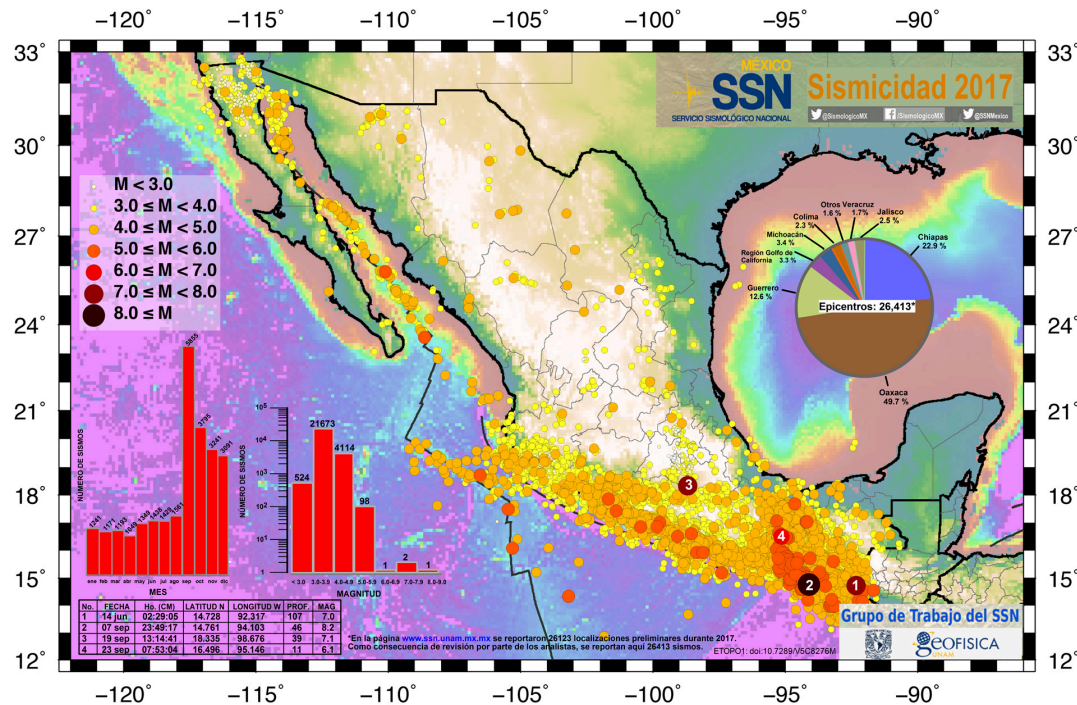
4. Sismo del 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México

4. 1. Sismicidad en México

Así como Chile y Japón son parte del conocido “Anillo de Fuego del Pacífico”, México es uno de los países con mayor actividad sísmica por los movimientos de la placa de Cocos, la placa Norteamericana, la placa del Pacífico, la placa de Rivera y la placa del Caribe.

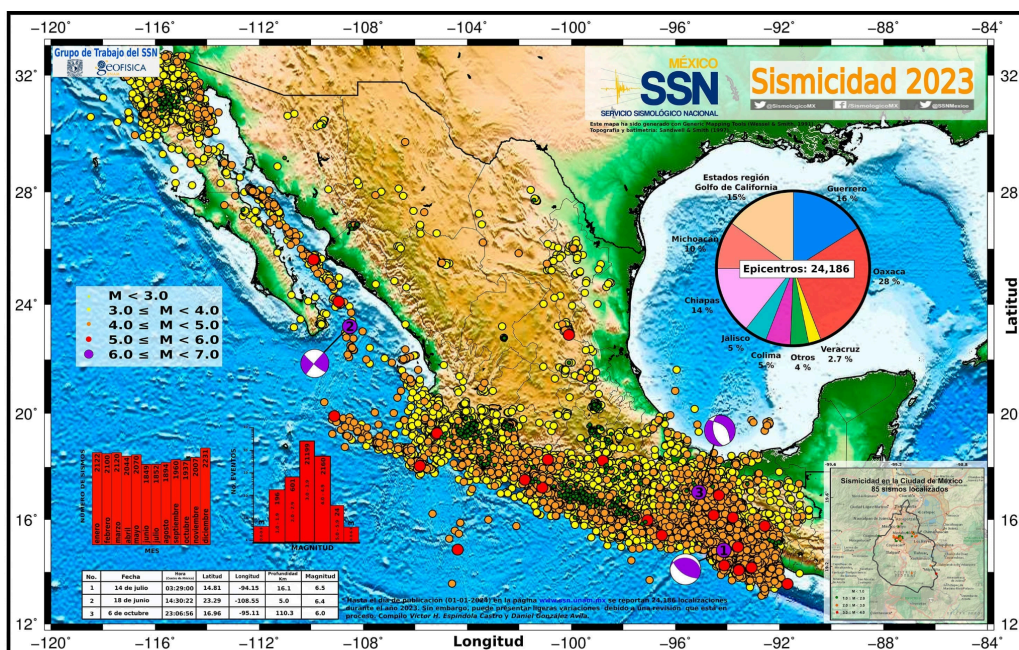
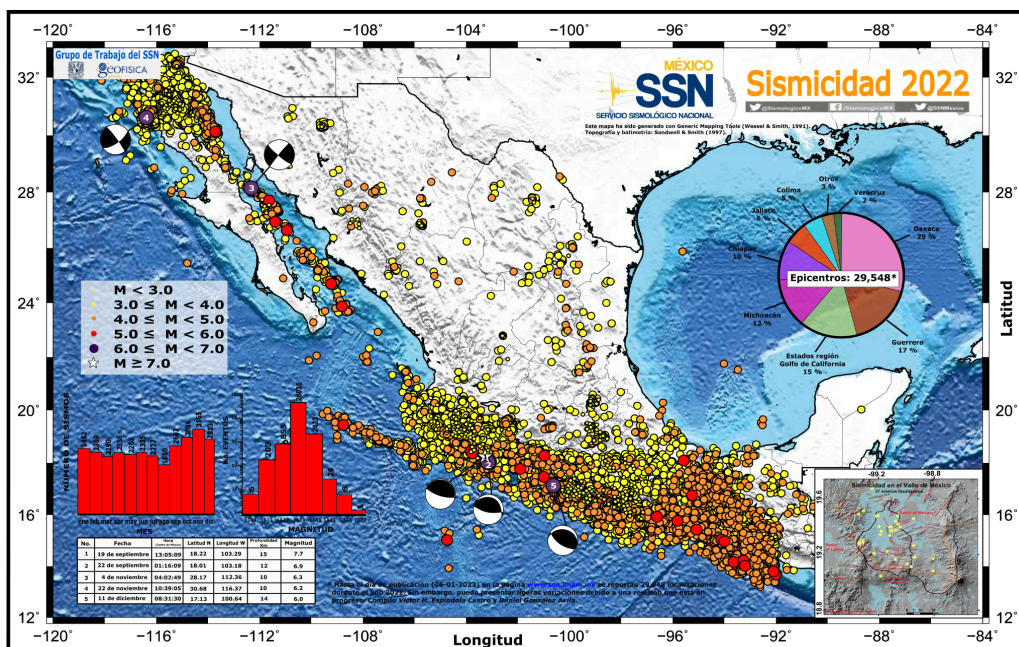
La subducción de las placas de Cocos, la placa del Pacífico, Rivera y del Caribe hacia la placa Norteamericana, representan un factor clave en la actividad sísmica del país. (Sistema Sismológico Nacional, 2024)

Para su monitoreo el Sistema Sismológico Nacional hace un registro de todos los sismos en mapas por año, donde se denotan en diferentes colores los sismos dependiendo de su magnitud y el epicentro.



Mapa 4.1. Mapa de sismicidad anual 2017. Elaborado por el Servicio Sismológico Nacional (IGEF-UNAM), 2017, tomado de:
<http://rigeofisica.ssn.unam.mx/jspui/handle/ssnmx/33> el 15 de abril de 2024

En el mapa correspondiente al año de 2017 (mapa 4.1), se observa el registro de sismos mayores a 7.0 en la escala Richter en los estados de Chiapas, Morelos y Puebla. En particular los sismos con epicentro en Morelos y Puebla se refieren al sismo histórico suscitado el 19 de septiembre de ese año.



En los mapas se puede observar la gran actividad sísmica que se presenta en el país en la costa del pacífico en los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, mientras que se detecta una alta sismicidad de menor magnitud en la parte norponiente del país por la falla de San Andrés. Toda esta zona es parte del “Anillo de Fuego del Pacífico” mencionado previamente.

A su vez, es poco común identificar sismos en la zona centro del país, no significa que estos no existan, sino que la actividad sísmica no es registrada por su baja magnitud y cabe aclarar que no se tiene registro total de los sismos ya que estos son detectados gracias a estaciones sismológicas que se van estableciendo a lo largo del tiempo.

Sin embargo, es importante destacar que México, así como todos los países que se encuentran en el “Anillo de Fuego del Pacífico” son países de una alta sismicidad y que dependiendo de su composición geotécnica es que se desarrollan los diferentes sistemas de prevención ante estos.

México ha llevado un registro de los sismos detectados desde 1990 y la cantidad de estos registros ha ido en aumento conforme se han establecido una mayor cantidad de estaciones sismológicas principalmente en la costa del pacífico.

4. 2. Sismicidad en la Ciudad de México

La Ciudad de México se encuentra localizada sobre varios cuerpos acuíferos que previamente formaron parte de la civilización Mexica, posteriormente convirtiéndose en la capital de la Nueva España en la etapa colonial.

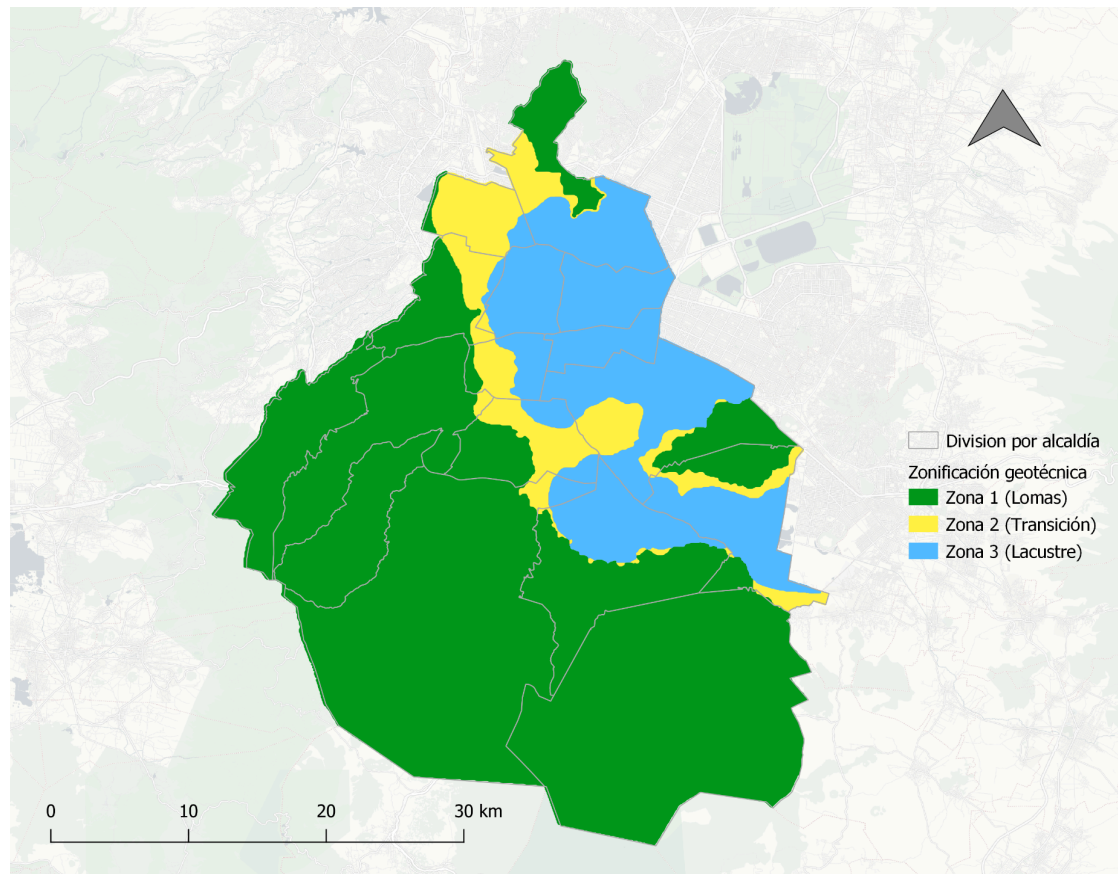
Conforme al crecimiento durante los siglos XIX a XX, la ciudad se ha extendido a la zona de transición la cual se reconoce que presenta un riesgo alto y medio a sismos. Posteriormente a mediados del siglo XX hasta la actualidad esta ciudad se ha extendido hacia la zona de lomerío la cual presenta un riesgo bajo a sismos, sin embargo, esto no significa que no se puedan presentar daños en las diversas zonas. (CENAPRED, s.f.)

Por lo mismo, gran parte de la población actual se encuentra localizada sobre una zona de muy alto riesgo sísmico al ser un suelo lacustre sobre el que se encuentra construida la Ciudad de México y gran parte de la Zona Metropolitana del Valle de México. La diversidad geológica y geotécnica de la Ciudad de México representa un gran reto en ámbitos como la construcción de viviendas, el desarrollo de transporte público eficiente.

Estas diferentes cualidades del terreno han hecho que el reglamento de construcciones de la ciudad se haya visto modificado a partir de los sismos de 1985 y 2017 para mejorar y tener una adecuada prevención ante los sismos y el tipo de suelo en el cual se desarrollarán diversos proyectos.

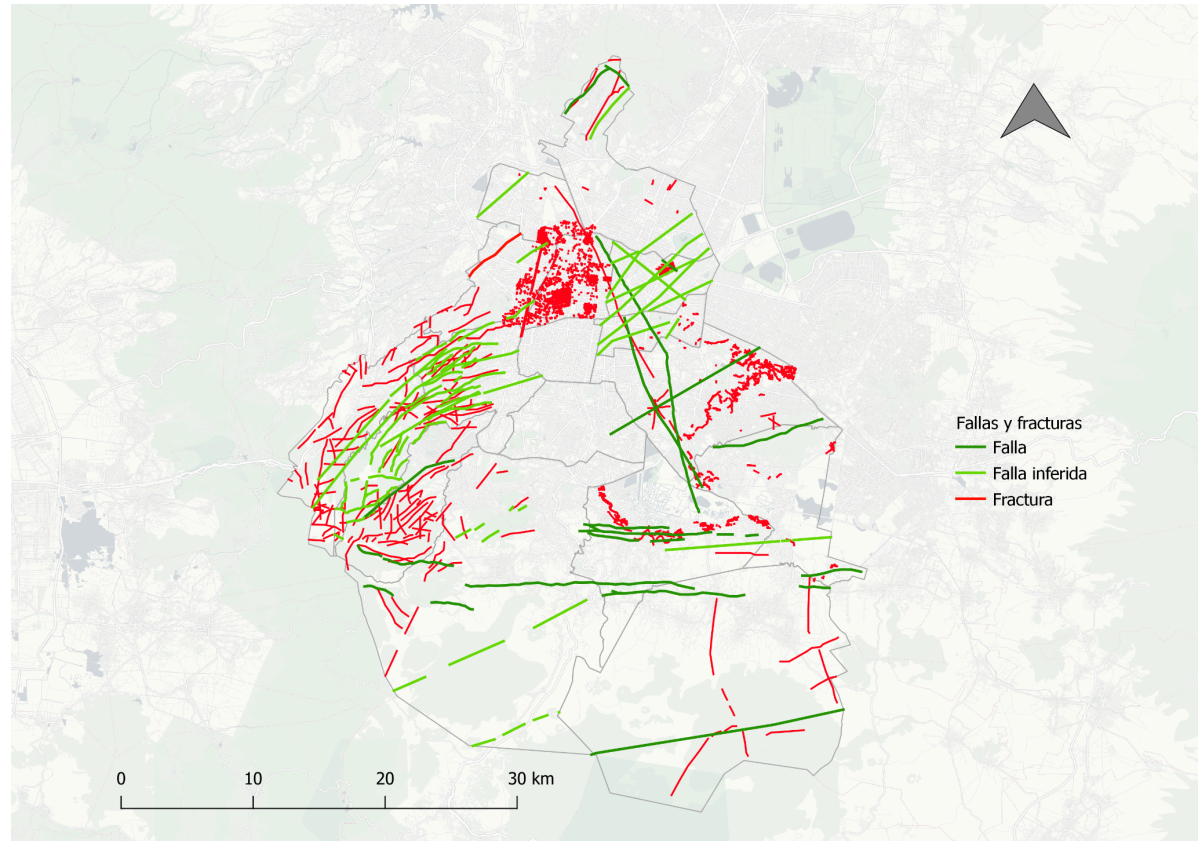
El estudio geotécnico de la Ciudad de México distingue a las 3 zonas de la siguiente maneras (véase mapa 4.4):

- Zona 1 o de lomerío
- Zona 2 o de transición
- Zona 3 o lacustre



Mapa 4.4. Zonificación geotécnica de la CDMX. Elaboración propia con información de IDEGEO, CONACYT el 3 de abril de 2024

Aparte de la zonificación que se tiene del suelo en la Ciudad de México, se encuentran diversas fallas y fracturas geológicas que aumentan el riesgo de mayores daños estructurales en caso de que no sean contemplados en la planeación y construcción de las diversas edificaciones estas se localizan en las siguientes zonas de la ciudad (mapa 4.5).



Mapa 4.5. Fallas y fracturas en la CDMX. Elaboración propia con información del Atlas Nacional de Riesgos el 17 de mayo de 2024

Como se visualiza en el mapa 4.5. la mayoría de estas fracturas se localizan en la zona de lomeríos, esto es común ya que se entiende a las fracturas como la “ruptura de una superficie rocosa” (Monfragüe, 2014) por el tipo de suelo es típico encontrar una mayor cantidad de fracturas en la zona de lomerío, sin embargo, es importante destacar a las fracturas presentadas en las alcaldías Cuauhtémoc, Xochimilco e Iztapalapa ya que estas en gran parte de su territorio presentan un suelo lacustre, y por ende presentar mayores daños estructurales por la localización de estas fracturas y su condición geotécnica.

Por su parte el concepto de falla se define como “una fractura que presenta un deslizamiento” (Monfragüe, 2014) entendiendo esto como el movimiento del suelo, por lo que en la Ciudad de México es indispensable poder localizar estas para evitar mayores daños infraestructurales. Estas al presentarse a partir del desplazamiento es difícil corroborarlas por lo que el Centro de Investigación de Ciencias de Información Geoespacial A.C. (CentroGeo) ha delimitado en su información para su estudio en el caso de la ciudad las fallas inferidas, las cuales se entienden como la presencia posible de fallas geológicas que no han podido ser verificadas y se interpretan a partir de observaciones de los investigadores del mismo CentroGeo.

La presencia de estas es inevitable en una zona montañosa y lacustre, por lo que es importante la investigación y el desarrollo de proyectos resilientes y adecuados en donde se contemple la presencia de fallas y fracturas geológicas. Estas se tienen que considerar para el desarrollo de la ciudad en diferentes rubros como lo son la movilidad, la zonificación de espacios, desarrollo de espacio público, entre otros.

La ciudad como tal no presenta epicentros de sismos mayores a una escala 5 Richter, pero la magnitud e intensidad que llegan a tener los sismos con

epicentros en la costa del Pacífico son las que llegan a presentar mayor actividad perceptible en la ciudad ya que las estaciones sismológicas están diseñadas para alertar a la población de la Ciudad de México en caso de que se perciba una magnitud mayor a 5.0 en la costa del Pacífico.

Sin embargo, la ciudad presenta una gran actividad sísmica y es susceptible a sismos con epicentros de otras zonas sin necesariamente ser alertada de manera preventiva como lo fue el sismo del 19 de septiembre de 2017 cuyo epicentro y movimiento fue percibido previo a la activación de la alerta sísmica en la ciudad.

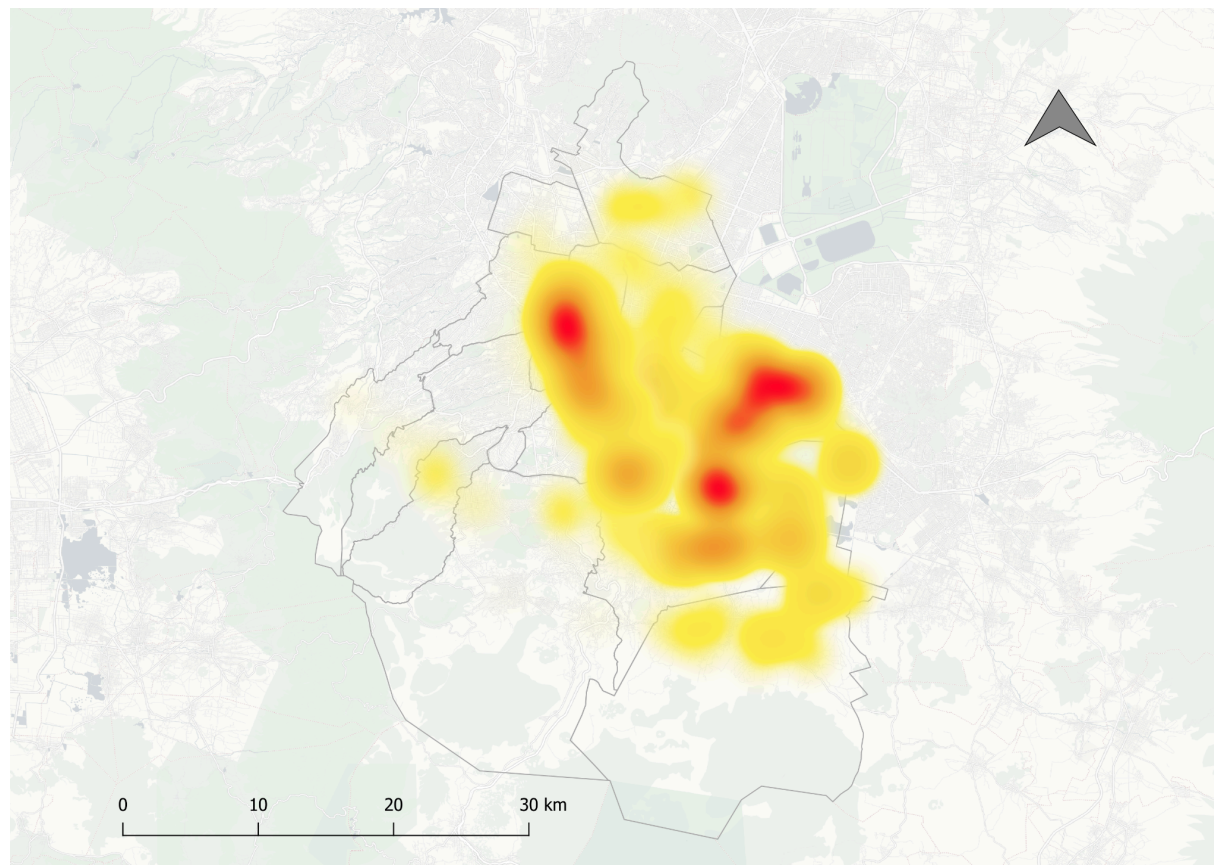
4, 3. Sismo del 19 de septiembre de 2017

El sismo de 2017 ocurrido el 19 de septiembre a las 13:11 horas, tuvo su epicentro entre los estados de Puebla y Morelos, tuvo una magnitud de 7.1 en la escala Richter y tuvo afectaciones en estados como Chiapas, Guerrero, Estado de México, Oaxaca, Tlaxcala y los estados en donde se localizó su epicentro. Es importante mencionar que 2 semanas antes se tuvo otro gran sismo en el país con epicentro en Chiapas de una magnitud de 8.2, por lo que estructuralmente varios edificios e infraestructuras ya presentaban daños al suscitarse el sismo del 19 de septiembre. (SSN, 2017).

Se reportaron cifras cercanas a 6,000 decesos, aproximadamente 30,000 heridos, aproximadamente 150.000 damnificados y aproximadamente 30,000 viviendas destruidas aparte de 60,000 viviendas dañadas. (Congreso de la CDMX, 2018), Cabe destacar que no se tienen cifras claras de los daños incluso en los reportes oficiales, por lo que estos números podrán ser mayores de los mencionados previamente.

Al día de hoy se cuenta con 368 inmuebles multifamiliares y 11387 unifamiliares reportados con daños de acuerdo a la comisión de reconstrucción de la Ciudad de México.

Estas se localizan principalmente en la zona lacustre y de transición en las alcaldías del oriente de la Ciudad de México. (Mapa 4.6)



Mapa 4.6. Reporte de daños en vivienda. Elaboración propia con información de la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México el 12 de mayo de 2024

4.4. Consecuencias en el funcionamiento de la Ciudad de México

A partir del sismo de 2017, la ciudad se vio paralizada durante algunas horas en algunos temas como lo fue la movilidad de las personas y el uso de los sistemas de comunicación, otras diversas actividades económicas se detuvieron por días lo cual representó una pérdida estimada de 62 mil 99 millones de pesos (García-Arroliga et al., 2019) así como la necesidad de actualizar atlas municipales y estatales de riesgos para poder informar de manera adecuada a la población.

La falla de servicios de telefonía hizo más complicada la interacción entre las personas necesitadas, sin embargo, las redes sociales fueron un gran factor de apoyo como medio de comunicación y respuesta ante las necesidades de la población afectada. (Cruz-Krishna, et. al., 2017)

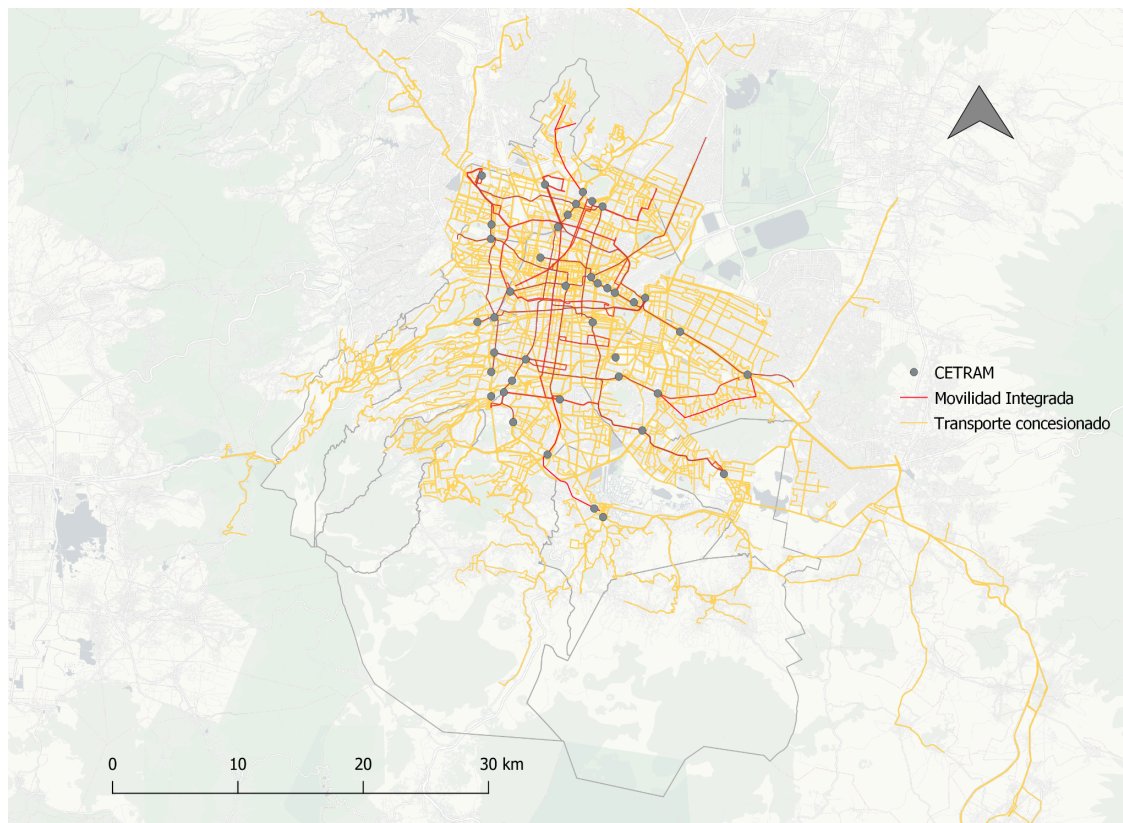
Para el presente trabajo, se desarrollan las consecuencias en el ámbito de la movilidad dentro de la ciudad con respecto al sismo, así como respuestas a un formulario realizado a personas que se movían de manera independiente en la Ciudad de México al ocurrir este sismo.

La falta protocolos de reacción ante sismos en su momento, generó que personas se vieran imposibilitados a hacer sus recorridos en los sistemas de transporte público de la ciudad al haber derrumbes en las vialidades y una falta de cultura sísmica en Ciudad de México, lo cual saturó o detuvo los viajes en estos, de forma que personas tuvieron que realizar recorridos mayores a 2 horas a pie para poder regresar a sus respectivos hogares.

La infraestructura vial específicamente para el caso de la Ciudad de México, identificando sus diferentes redes de transporte STC Metro, Metrobús, Cablebús, Tren Ligero, Trolebús, Ecobici, Combis, Microbuses, RTP.

Las cuales son de vital importancia en momentos de crisis para el traslado de personas, por lo que los protocolos fueron modificados a partir del sismo de 2017 en el caso de la CDMX.

Actualmente se cuentan con las siguientes líneas de transporte (Mapa 4.7)

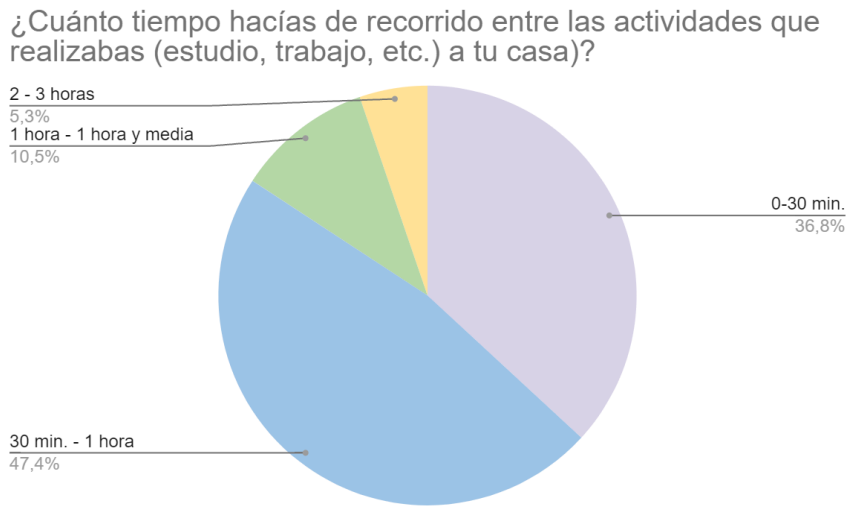


Mapa 4.7. Rutas de transporte público en la CDMX. Elaboración propia con información de SEMOVI el 12 de mayo de 2024

Resultados de formulario con respecto a la movilidad el día del sismo del 19 de septiembre de 2017

Se ha realizado una encuesta a 40 personas para conocer su experiencia durante el sismo. Está se aplicó a personas que realizaban sus recorridos en 2017 de manera propia, para así conocer sus tiempos de recorrido, medio de transporte y observar la diferencia en tiempos a comparación del día del sismo.

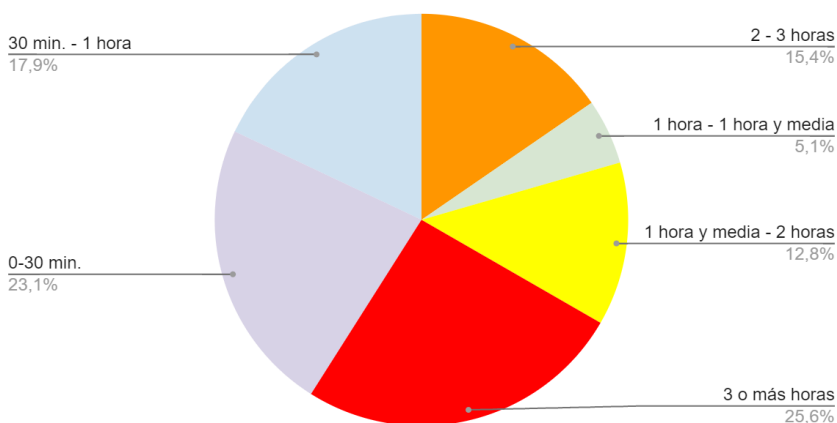
En la primer pregunta se ha buscado conocer los tiempos de recorrido en un día “común” (gráfica 4.1 Tiempo de recorrido en día común) entendiendo estos como los días en donde no hay ninguna anormalidad externa o personal, así como el tiempo de recorrido realizado el día del sismo así como los medios de transporte utilizados en este caso (gráfica 4.2 Tiempo de recorrido de regreso el día del sismo).



Gráfica 4.1. Tiempo de recorrido comúnmente a actividades principales.

Elaboración propia con respuestas a formulario. Elaborado el 23 de mayo de 2024

El día del sismo del 19 de septiembre de 2017 ¿Cuánto tiempo demoraste en el recorrido de regreso a tu casa?

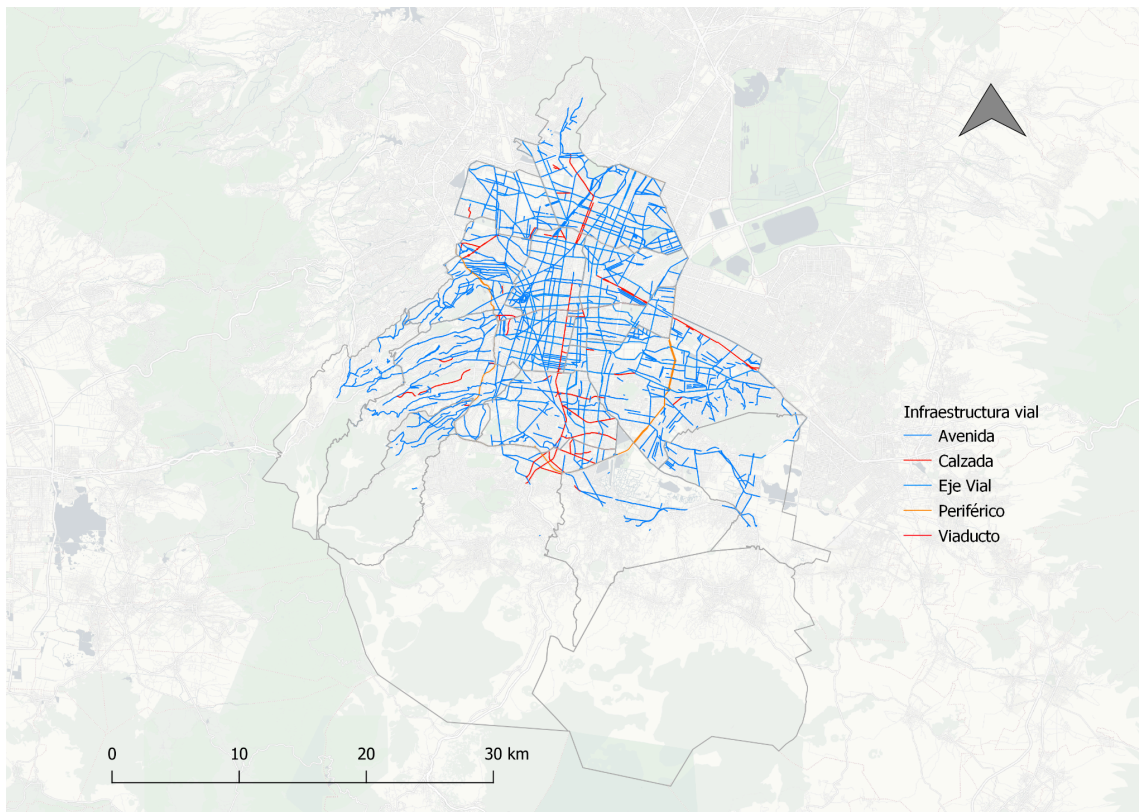


Gráfica 4.2. Tiempo de recorrido de regreso el día del sismo.

Elaboración propia con respuestas a formulario. Elaborado el 23 de mayo de 2024

En estas se puede observar que los tiempos de recorrido a las actividades principales del 95% de la población era menor a una hora y media de traslado, sin embargo, se puede observar un aumento en el tiempo de recorrido donde es importante destacar que más del 60% de la población hace mención de sus tiempos fueron mayores a 1 hora y media e incluso un 25.6% demoró más de 3 horas en su regreso.

Esto demuestra la ineficiencia de la infraestructura vial y la movilidad ante sismos y cómo esto generó afectaciones en más del 80% de la población, que sumado a la preocupación que el sismo pudo haber causado, esta presentó una preocupación extra al deteriorar la movilidad en la misma ciudad.



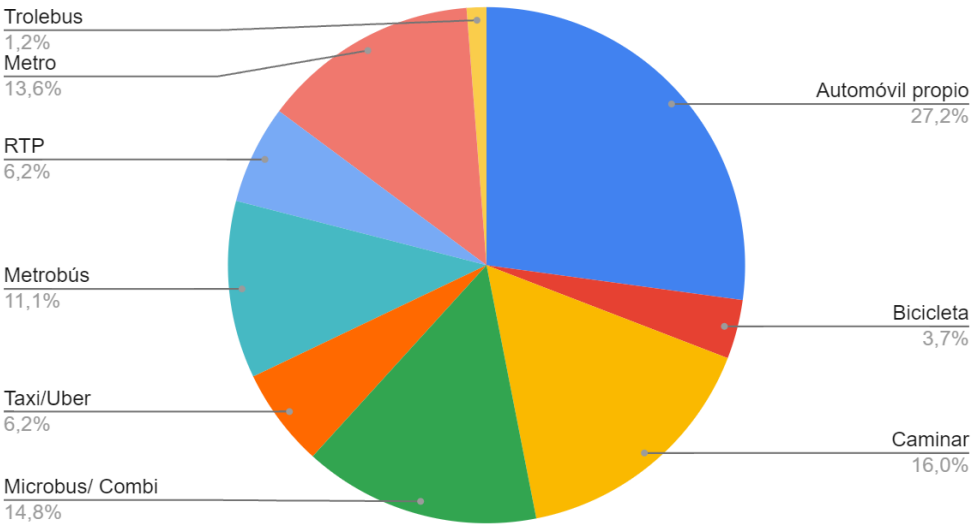
Mapa 4.8. Vialidades primarias en la CDMX. Elaboración propia con información de SEMOVI el 12 de mayo de 2024

En el mapa 4.11 se muestran las vialidades que presentan una mayor amplitud por las cuales se pueda acceder a diferentes espacios en la ciudad (avenidas, calzadas, ejes, el periférico y viaductos) y se pueda tener acceso a las diferentes partes de la ciudad.

Sin embargo, se puede notar un déficit en las vialidades hacia la zona suroriente de la ciudad, en donde solo se cuenta con calles de menor dimensión por lo que no se muestran en el mapa.

En las gráficas 4.3 “Transporte usado comúnmente en 2017” y 4.4 “Transporte de regreso el día 19 de septiembre de 2017” se recibieron respuesta de 18 usuarios de automóvil propio y 22 usuarios de transporte público ya sea de camiones concesionados, Sistema de Transporte Colectivo Metro, Metrobús y Trolebús, así como algunos ciclistas . En los usuarios de automóvil propio cabe aclarar que hay usuarios que también ocupaban el transporte público por lo que la distinción entre 18 y 22 usuarios es para aquellos que hicieron mención del automóvil propio como único medio de transporte.

Transporte ocupado comúnmente en 2017



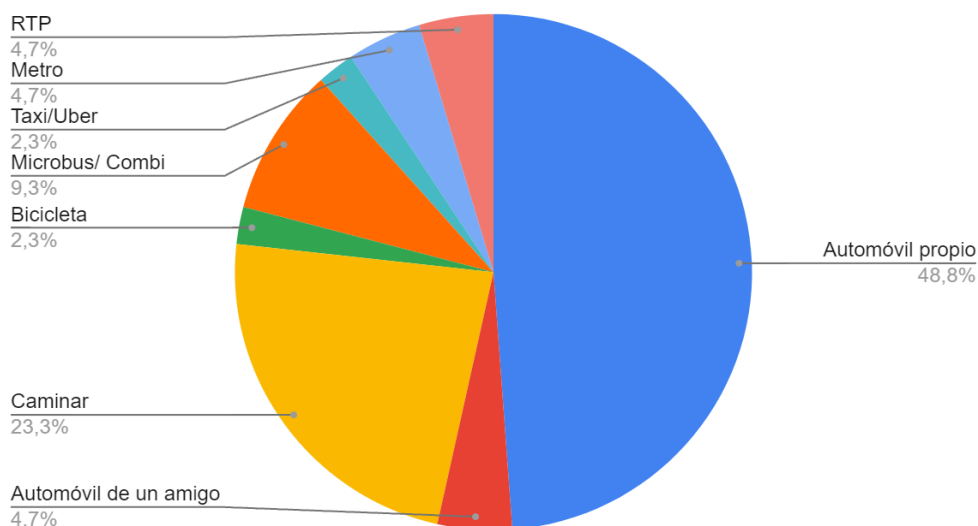
Gráfica 4.3. Transporte usado comúnmente en 2017

Elaboración propia con respuestas a formulario. Elaborado el 23 de mayo de 2024

Nota: El formulario tiene la posibilidad de seleccionar varias respuestas por lo que hay respuestas con más de un medio de transporte seleccionado.

En la gráfica 4.3 se identifica una diversidad en las respuestas, dónde se hace uso de diversos medios de transporte, siendo el 27.2% de las respuestas el uso de un automóvil propio en sus viajes comunes a sus trabajos o estudios.

Transporte de regreso el 19 de septiembre de 2017



Gráfica 4.4. Transporte de regreso el 19 de septiembre de 2017

Elaboración propia con respuestas a formulario. Elaborado el 23 de mayo de 2024

Nota: El formulario tiene la posibilidad de seleccionar varias respuestas por lo que hay respuestas con más de un medio de transporte seleccionado.

Entre los cuales se puede observar en la gráfica 4.4 que la mayoría de los usuarios de transporte público tuvieron que recurrir a un automóvil de su familia o amigos, servicio de taxi o uber e incluso regresar caminando los cuales representan más del 75% de las respuestas del formulario.

Al tener en cuenta las respuestas de tiempo de recorrido así como el tipo de transporte utilizado se puede entender la importancia de una infraestructura vial resiliente a riesgos ya que el tiempo en momentos de crisis es vital para salvar vidas, poder mantener en medida de lo posible la calma y actuar de manera adecuada ante los diversos riesgos, en este caso sísmico, para la movilización tanto de personas como de personal para la atención a las diversas zonas de riesgo o que requieran auxilio y que estas puedan actuar de manera adecuada a la situación presentada.

Otro rubro a destacar es la solidaridad en el caso mexicano, 3 respuestas del formulario hacen mención de el apoyo de amigos o gente desconocida para los traslados, como lo menciona esta persona “En la lateral de Churubusco esperando un microbús, un par de señoras que venían con su bebé nos ofrecieron acercarnos a casa de mi abuela, tomaron Churubusco desde altura con División del Norte hasta la altura con Eje 5” por lo que es importante destacar que el apoyo humano, no necesariamente de autoridades, también es una opción para aquellas personas que tengan la capacidad de apoyar y mejorar la movilización en la ciudad.

En este aspecto, el tipo de transporte más efectivo post-sismo fue el uso de la bicicleta y motocicleta como medio para la atención y distribución de víveres para generar un urbanismo emergente, entendiendo este como las acciones realizadas a partir de un evento inesperado, de manera que se pueda otorgar una atención adecuada a una situación (Fredericks et al., 2018). La importancia del uso ciclista posterior al sismo de 2017 se debe a que su tiempo de recorrido en el caso común, así como en el día del sismo son los que menos modificaron sus tiempos de recorrido, en ambos casos se marcó la opción de 0-30 minutos de recorrido por lo que esta puede ser una opción para la movilidad dentro de la ciudad posterior a sismos. Esto se refleja en varios artículos de revistas de ciclistas en donde incluso se generó un manual llamado “Bicismo” que, a raíz de los hechos de 2017, se busca capacitar a los ciclistas en medidas de primeros auxilios, cómo actuar ante los sismos para apoyar a los grupos de auxilio oficiales, entre otras maneras en las que los ciclistas pueden apoyar y como se menciona en el artículo

“Las bicis son clave en caso de sismos. Cuando se va la electricidad, cuando se detiene el tráfico, cuando no se puede “pasar” y hay que llegar; ahí está la bici” (s.a., Cycle City).

Por el estado de la ciudad como lo fue encontrar vialidades con escombros, calles angostas con algún deterioro, entre otras, la atención por parte de ciclistas se presentó previo al apoyo del gobierno, esto se hizo por solidaridad a la población, buscando proveer de víveres, agua y herramientas para poder apoyar a las personas que lo requirieron.

Este apoyo se realizó principalmente entre centros de acopio y refugios temporales, de manera que estos espacios fueran adecuados para la atención, siendo así de la bicicleta un vehículo para el transporte y carga de gran versatilidad y maniobrabilidad durante las primeras horas posteriores al sismo.

4. 6. Adaptación por parte de la ciudad posterior a los sismos

La Ciudad de México específicamente ha modificado diversos planes y programas de diferentes actividades como lo son el reglamento de construcciones, los protocolos de seguridad en Metro específicamente en el cual se menciona que las estructuras actuales son las más seguras al suscitarse un fenómeno telúrico y que los protocolos de revisión son de un periodo de 3 a 4 minutos como máximo (SEMOVI, 2023), por parte de la CENAPRED se han hecho varios programas de cultura preventiva ante sismos y buscar que la población reconozca que vive en una zona sísmica por lo cual es importante saber actuar ante estos.

Así mismo se ha modificado el reglamento de construcciones de la Ciudad de México en 2018 y este se actualiza anualmente con el objetivo de reducir en medida de lo posible las afectaciones que sismos puedan tener en los inmuebles de la ciudad.

La creación de estos protocolos ante sismos busca eficientizar las revisiones de las instalaciones e infraestructura para la reactivación de las actividades de los mismos y así permitir a la población regresar a sus actividades o en su caso realizar sus traslados de manera segura y eficiente.

En el caso del Sistema de Transporte Colectivo Metro el cual es uno de los principales transportes dentro de la ciudad el cual mueve a 3.1 millones de personas por día (García, 2023) se tiene un protocolo para los usuarios el cual es el siguiente:

- Al sonar la alerta sísmica los trenes detendrán su marcha en las estaciones.

- Al sonar la alerta sísmica los trenes en circulación detendrán su marcha por un máximo de 3 a 4 minutos.
- Las unidades que se encuentran en interestación deberán llegar a la estación próxima.
- En caso de estar a bordo de tren en estación, los usuarios deberán permanecer dentro del mismo, al transcurrir el tiempo de paro, se procederá a revisar las instalaciones para corroborar que sea seguro reanudar el servicio.
- En las estaciones, la Gerencia de Seguridad Institucional coordinará acciones de Protección Civil para el salvaguardo de la integridad física de los usuarios durante el ejercicio, por lo que se les pedirá replegarse a las paredes de los andenes y guardar la calma.
- Brigadistas en inmuebles del Metro coordinarán el desalojo de oficinas administrativas del organismo.
- En caso de actividad telúrica, las instalaciones de la red son zonas de menor riesgo, por lo cual es importante que quienes las usen tengan presente qué hacer si ocurre un movimiento telúrico.
- Las acciones a cumplir por los usuarios en caso de sismo son:
 - Mantener la calma; evitar correr, gritar o empujar.
 - En caso de estar a bordo de tren, se debe permanecer dentro del mismo, no intentar salir del vagón.
 - Los usuarios que se encuentren en el andén, deben replegarse a las paredes.
 - Si el personal del Metro lo indica, seguir la ruta de evacuación.
 - No rebasar la línea amarilla.
 - No invadir las vías o túneles de las estaciones.
 - En el Metro existen protocolos de actuación establecidos en caso de sismo, los cuales siempre deben ser acatados por los usuarios.

Este se encuentra en la página del gobierno de la Ciudad de México, haciendo énfasis en que alteraciones en la conducta de las personas de forma negativa como lo es gritar, correr puede llegar a causar un mayor pánico y hacer ineficiente la aplicación del protocolo de protección civil ante sismos en la movilidad de personas por medio del STC Metro.

El contexto socio cultural mexicano, específicamente de la Ciudad de México, con respecto a los sismos es un gran factor para identificar qué tipo de reacción se tendrá ante estos de manera que al estar trabajando con diferentes ciudades con diferentes cualidades y resistencia ante sismos es importante identificar aspectos morfológicos, geológicos y sociales para poder realizar una investigación completa de cada caso de estudio y así poder realizar una comparativa entre estos para conocer las mejores propuestas de una manera integral para la adaptación de espacios que permitan el acceso a estas de una manera eficiente y confortable posteriores a los sismos.

5. Resiliencia urbana

5.1. ¿Qué se entiende por resiliencia urbana?

El término resiliencia se ocupa en diversos ámbitos, desde lo psicológico, social e inclusive político, en todos estos casos se entiende como “la capacidad de algo o alguien para sobrellevar adversidades que pudieran ocasionar consecuencias negativas en este” (Rodríguez, 2009), para la definición que se ocupará en el presente documento, entenderemos el concepto de resiliencia urbana específicamente a la capacidad de las ciudades para la resolución de riesgos que estas pueden presentar dependiendo de su contexto, físico, geológico o cultural, permitiendo así el desarrollo de los diversos tipos de actividades, así como la mitigación y prevención de los diferentes riesgos posibles, específicamente la resiliencia urbana ante fenómenos sismológicos.

La resiliencia urbana no se maneja como término en sí en planes y programas, sin embargo, la podemos observar como un elemento presente en la construcción de protocolos, de manuales, programas y leyes en donde se consideró a la prevención o mitigación de riesgos por diversas instituciones a lo largo del mundo y a nivel nacional como lo es el Centro Nacional de Prevención contra Desastres (CENAPRED).

V.II. Importancia de las ciudades resilientes

Las ciudades actualmente ocupan un porcentaje menor al 2% de la superficie terrestre, sin embargo, más del 50% de la población mundial vive en las ciudades y 70% principales actividades económicos se localizan en estas, para esto se desarrolló por parte de la United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR por sus siglas en inglés), organismo por parte de las

Naciones Unidas, la campaña Making Cities Resilient 2030 (MCR2030) en la cual se busca que diferentes ciudades, gobiernos locales para la reducción de riesgos de desastre desde 2010 buscando ciudades resilientes, seguras y sostenibles. (UNDRR, 2023).

Con esta campaña se busca el mejoramiento de ciudades a partir de datos y recursos que permitan el desarrollo de estos objetivos que buscan fortalecer las ciudades en diferentes rubros, desde la planeación hasta la respuesta a diversos riesgos de esta manera contemplando la meta 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y así mejorar la calidad de las mismas ciudades para beneficio de todos y su capacidad de reacción.

Ya visto en números los desastres naturales afectan a más de 200 millones de personas y un representan un daño económico mayor a 100 mil millones de dólares, teniendo que se espera que un 70% de la población habite en ciudades para 2050, es necesario buscar nuevas herramientas y planteamientos en la creación de ciudades para que tanto gobiernos locales, federales e internacionales puedan atender de manera más optimizada y eficiente a las ciudades y sus habitantes. (ONU-HABITAT, s.f.)

Al conocer estas estadísticas, la resiliencia ante sismos para atender casos en ciudades cercanas al anillo de fuego, empezando con el caso de la Ciudad de México, me parece una necesidad para atender a estos objetivos del ONU-HABITAT de acuerdo a la “Nueva Agenda Urbana” en donde la ONU se compromete a “Fortalecer la resiliencia de las ciudades y asentamientos humanos, mediante la planificación espacial y un desarrollo de infraestructuras de calidad, mediante la adopción y aplicación de políticas y planes integrados en donde se consideren la edad y género, en consonancia con el Marco de Sendai” y “Reducir la vulnerabilidad y el riesgo, en zonas propensas para los

asentamientos formales e informales” de manera que se busca atender a todas las personas de manera informada buscando las mejores soluciones ante los diversos riesgos. (ONU-HABITAT, s.f.)



Imagen 6.1. Apoyo comunitario posterior al sismo de 2027

Foto de <https://news.un.org/es/story/2017/09/1386231>, el 4 de junio de 2024

V.III. ¿Qué se entiende por espacio de refugio?

Para el presente trabajo se entenderá como refugio a un lugar adecuado para protegerse de algún riesgo, sinónimo de asilo, acogida o amparo. Estos pueden ser de diferentes tipos, emergencia, transición o duraderos. (Agencia de la ONU para los refugiados (ACNUR), s.f.)

Los refugios de emergencia son planteados para hacer atender necesidades repentinas o emergentes, estas generalmente se presentan como tiendas de campaña, construcciones prefabricadas o de cualquier material ligero que permita su fácil transporte y montaje de manera que puedan ser colocados en varias ocasiones y sin previo aviso.

Estos deben de funcionar como elementos de atención en donde las personas estén seguras y tengan servicios como atención médica y dependiendo del periodo de estadía en estos, actividades como educación, alimentación y atención psicológica que permita el desarrollo de actividades de las personas que lo necesiten de forma accesible y participativa para la superación de las adversidades enfrentadas. (Protección Civil de Tamaulipas, s.f.)

El establecimiento de espacios de refugio en situaciones de crisis es fundamental para la atención a la población y en el caso de la Ciudad de México se ha observado en los diversos terremotos que han sucedido en la misma de manera que se busca proveer de seguridad, atención psicológica y médica a las personas necesitadas para que puedan acudir a estos para un mejor desarrollo de las actividades de la población en las ciudades así influyendo en la movilidad hacia estos espacios entre otros aspectos dentro de estas.

VI. Proyecto: Movilidad resiliente a sismos, caso Ciudad de México

Para el desarrollo de un plan de acción eficaz ante sismos y que atienda a las necesidades de una ciudad resiliente específicamente en el caso de la movilidad, es necesario contemplar las necesidades revisadas en capítulos anteriores, entender que es un sismo, que tipo de infraestructura vial con la cual se cuenta en el caso específico de esta tesis, la Ciudad de México y conocer qué medios de transporte han sido de utilidad en caso de sismos en previas ocasiones como lo fue el sismo del 19 de septiembre de 2017.

La Ciudad de México presenta una infraestructura de transporte público única a nivel latinoamericano a partir de la integración de los diferentes medios de transporte público conocido como Movilidad Integrada, contando con 12 líneas del Sistema de Transporte Colectivo Metro las cuales abarcan 226,488 km y 195 km. de las cuales se localizan la gran mayoría en zonas propensas a mayores daños ante sismos, 7 líneas de metrobús las cuales abarcan un total de 125 km con 283 estaciones, 2 líneas de cablebús localizadas al norte y oriente de la ciudad, 10 líneas del trolebús a lo largo de la ciudad, 1 línea de tren ligero al sur de la ciudad, 77 rutas de RTP y el involucramiento de transportes hacia el Estado de México como lo son el Tren suburbano, el Mexibus y Mexicable, aparte del posible uso de Ecobicis localizadas en zonas específicas de la ciudad.

En la ciudad se cuenta con 40 CETRAM (Centros de Transferencia Modal) los cuales forman parte de la infraestructura urbana en los cuales convergen diferentes medios de transporte que buscan facilitar el transbordo entre estos y cuentan con una afluencia de 5.5 millones de usuarios aproximadamente por día, por lo que es importante considerar estos en la planeación de una movilidad

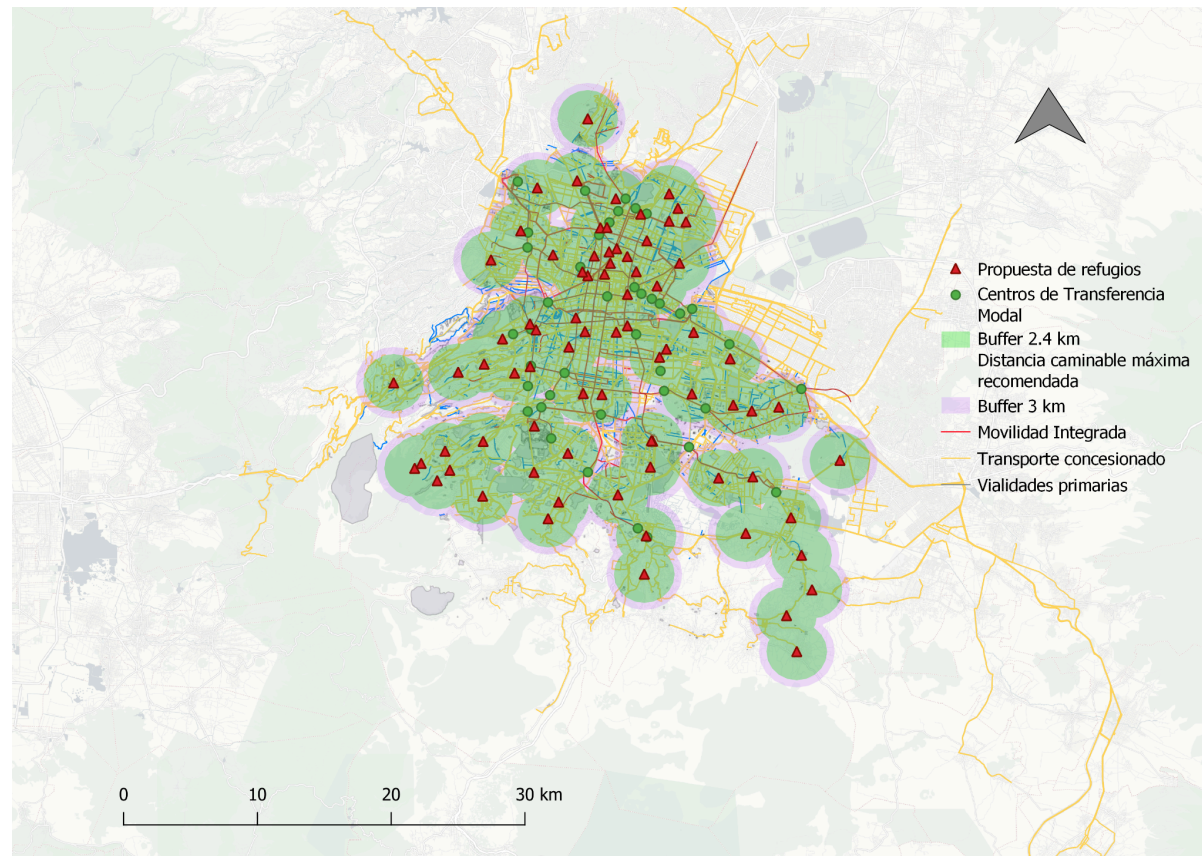
integrada en casos de urgencia para fomentar la movilidad de una manera eficiente y eficaz así disminuyendo los tiempos de traslado generados en el sismo del 19 de septiembre de 2017, donde se entendió la importancia de este, específicamente del uso del Metro y camiones concesionados.

Cabe aclarar que no todas las rutas de los camiones son parte del plan de movilidad integrada, sin embargo, estos permiten una mayor cantidad de rutas a lo largo de la Ciudad de México y permiten el acceso a diferentes zonas de la ciudad que los transporte de movilidad integrada no tienen cobertura como se puede observar en el mapa 4.7 Rutas de transporte público en la CDMX.

Las rutas de transporte concesionado permiten el acceso a diferentes partes de la Ciudad a las cuales no se tiene acceso mediante otro tipo de medio de transporte público con acceso a diferentes CETRAM y de esta forma continuar y/o empezar el recorrido de viaje de varias personas.

Teniendo en cuenta esta información se han localizado diversos espacios públicos, dentro de los cuales se consideran deportivos, centros culturales, parques recreativos, equipamientos educativos de acceso público, los cuales sean capaces de fungir como zonas de refugio y resguardo temporal ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud para facilitar la movilidad posterior a la revisión de los protocolos de seguridad de las diversas líneas. Estos se toman a consideración a partir del área que tienen estos espacios, así como la cercanía de estos a las diversas líneas de transporte público o CETRAM a partir de los cuales las personas puedan iniciar sus recorridos a sus diversos destinos así como considerar las zonas en donde se presentaron una mayor cantidad de reportes de daños para que estos espacios tengan los servicios necesarios para atender a la población de la manera adecuada. Véase mapa 6.1.

En este mapa observan dos buffers uno de 2.4 km de los espacios de refugio y uno de 3 km. Se ha colocado el buffer de 2.4 km a estos espacios de refugio ya que esta es la distancia promedio recorrida en 30 minutos por persona teniendo en cuenta que la velocidad promedio por persona a pie es de 4 km/h. (Zumelzu et al, 2020).



Mapa 6.1. Espacios de refugio y su conexión con las rutas de transporte en la CDMX.
Elaboración propia con información de SEMOVI y Secretaria de Transparencia el 12 de mayo de 2024

Teniendo en cuenta la velocidad promedio, se ha colocado el buffer a 3km. de distancia lo cual indicaría que el recorrido hacia estos espacios de refugio en cualquiera de los casos y en la mayor parte de la CDMX se encuentra a 45 minutos de distancia a pie, lo cual representa un tiempo de caminata similar al que se ha recorrido el día 19 de septiembre de 2017 de acuerdo a las respuestas obtenidas del formulario, llegando a tener una respuesta de incluso más de 2 horas de recorrido a pie.

Esta distancia es mayor al máximo ideal en un barrio en una situación sin modificaciones externas, sin embargo, se ha visto que en momentos de crisis hay personas que han hecho recorridos de más de 1 hora a pie con el objetivo de llegar a su destino, por lo que generar espacios de refugio accesibles a un radio de 3km. lo cual como se observa en el mapa anterior, abarca un gran porcentaje de la superficie de la Ciudad de México, es una opción viable entendiendo que la mayoría de las personas vive a más de 3 km de sus actividades principales.

Con la habilitación de estos espacios de refugio temporal, se busca generar una interconexión de la movilidad en la ciudad permitiendo así el traslado de personas y priorizando la atención de los servidores públicos como protección civil y disminuir el tránsito dentro de la ciudad para evitar el caos en las calles, de manera que la atención a espacios que lo requieran, sea de manera veloz y así disminuir las pérdidas humanas y materiales posterior a un sismo.

Ya que en estos espacios se busca habilitar zonas de primeros auxilios, tanto físicos como mentales, de manera que la gente pueda tranquilizarse en medida de lo posible, así como entender que sus seres queridos se encuentran en zonas seguras aunque se lleguen a saturar los diversos medios de comunicación.

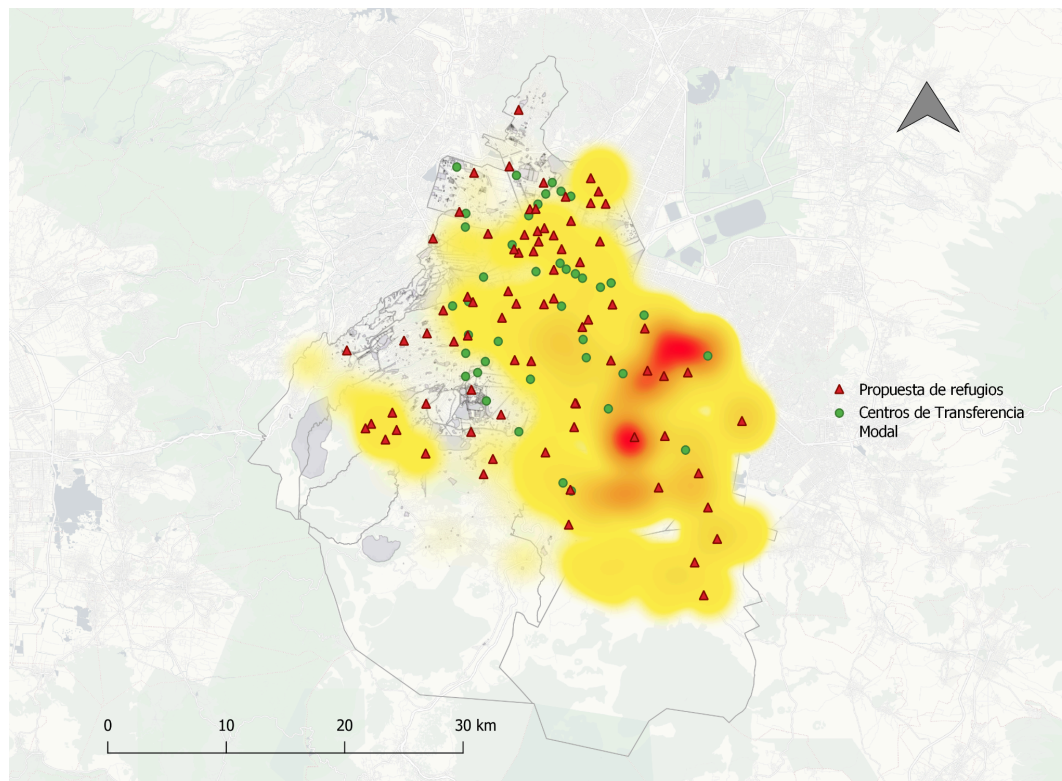
En estos espacios se buscará concientizar a las personas de la situación actual y por qué se debe de actuar de forma consciente y tranquila ante estos, ya que

como se menciona en el formulario por varias respuestas, la cultura sísmica en México, es mayormente vista como un fenómeno que es fuente de ansiedad y estrés, así como miedo en los habitantes de la ciudad. Sin embargo, actuar de manera imprudente y bajo estrés en un momento de crisis, no es benéfico para nadie y es más probable llegar a causar algún tipo de accidente post-sismo a lo que este pueda causar.

Como se observó en casos como Chile y Japón, donde la cultura sísmica es considerada parte del día a día, la gente no decide actuar de manera imprudente en la ocurrencia de estos, sino ejecutan los protocolos de seguridad y de acción ante sismos de manera que las autoridades pertinentes sean capaces de realizar sus labores, por lo que este tipo de conductas, permitiría un mayor entendimiento de la situación así como la resolución de posibles repercusiones que un sismo pueda tener en la Ciudad de México.

Entendiendo esto, se busca que posterior a la realización de todos los protocolos de revisión y seguridad a los diversos medios de transporte público, se considera una opción viable el uso de los camiones concesionados con puntos de partida en estos espacios de refugio, haciendo usos de sus rutas, así como el traslado a los diferentes Centros de Transferencia Modal, para así permitir el traslado de personas a sus diferentes destinos, fomentando así una cultura sísmica de prevención y cuidado, en donde la ciudadanía tenga acceso a la información de las revisiones, así como del uso de transporte público eficaz y así prevenir diferentes afectaciones en la misma población como lo son problemas de salud física y mental de manera que ésta pueda retomar sus actividades en la brevedad posible.

Sin embargo, la posibilidad de colapsos o de daños en viviendas no puede ser nulificado en su totalidad ya que la intensidad de los sismos no se puede predecir y las construcciones que ya hayan sufrido algún tipo de daño son más propensas al deterioro de estas, por lo que se busca que en los espacios de refugio, se logren construir refugios temporales acordes a las zonas de mayor riesgo sísmico en la ciudad como se observa en el mapa 6.2 la relación entre los reportes de daños del sismo del 19 de septiembre de 2017 con los espacios de refugio propuestos.



Mapa 6.2. Espacios de refugio, CETRAM y su relación con los reportes de daño de 2017
Elaboración propia con información de SEMOVI y Secretaria de Transparencia el 12 de mayo de 2024

Como se puede observar se cuenta con refugios en las zonas que han presentado daños en las viviendas por lo que se busca abarcar a la mayoría de las personas que no tengan la oportunidad de tener acceso a una vivienda posterior a los sismos, de manera que el gobierno tenga la capacidad de recurrir a la reconstrucción de estas en caso de ser necesarias en el menor tiempo posible y así permitir que las personas tengan su derecho a la vivienda. Es necesario hacer mención que estos espacios de refugio se ofrecerán principalmente a las personas que no posean o tengan la opción de tener una vivienda a la cual recurrir (familiares) ya que en caso de que las personas que sufran un daño mayor, el espacio para las personas no sería suficiente para tener un refugio accesible y confortable.

Teniendo en consideración los puntos anteriores, se busca que el desarrollo de los espacios de refugio permitan una movilidad al interior de la Ciudad de México accesible, adecuada y resiliente ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud y que de esta forma la población sea capaz de realizar sus viajes, así como pueda sobrellevar los conflictos que los sismos puedan llegar a presentar dentro de las ciudades en la infraestructura vial, la vivienda y socialmente como estos son percibidos para que al momento de actuar, en medida de lo posible, la gente sea resiliente ante sismos y de esta forma pueda desenvolverse en las dinámicas de una ciudad post-sísmica.

Conclusiones

Para el urbanismo en ciudades en zonas de riesgo sísmico, como lo es la Ciudad de México y conociendo las repercusiones que el sismo del 19 de septiembre de 2017 tuvo, es imprescindible entender la relación entre una planeación urbana adecuada, en donde, de manera integral la mitigación de riesgos y la prevención de los mismos tiene que formar parte de esta planeación para poder fomentar una cultura sísmica adecuada en diferentes niveles tanto a nivel gubernamental como a nivel social, este fenómeno ocurrido en 2017 dió a entender la ineficiencia actual sobre las medidas ante sismos en la movilidad, así como resaltó el apoyo solidario de la comunidad en la Ciudad de México, como lo fue la persona que apoyó al entrevistado, y la participación ciclista en situaciones posteriores a sismos de gran magnitud, para de esta manera proteger vidas, tener una infraestructura o planeación resiliente y tener un desarrollo sostenible en ciudades en zonas sísmicas como lo es el caso de la Ciudad de México, teniendo en cuenta la infraestructura vial, la zonificación, la reglamentación y la cultura ante este tipo de eventos.

Posterior al análisis del caso de estudio post-sismo de la Ciudad de México, se entiende la importancia que es entender y comprender la magnitud de los impactos que un sismo puede llegar a tener sobre una ciudad, en este caso específico sobre la movilidad urbana y las repercusiones que esta puede presentar en el funcionamiento de la ciudad, así como la importancia que los espacios de refugio han tenido en eventos sísmicos, recalcando así la relevancia social en este tipo de eventos y los valores que como sociedad se han desarrollado principalmente en este caso la solidaridad.

A partir de la información recabada del formulario se comprende que el funcionamiento en la infraestructura vial se ve afectado generando tiempos mayores de recorrido en los diferentes medios de transporte público y privado, propiciando tiempos de recorrido mayores al doble del tiempo común en los cuales los habitantes de la ciudad se ven en la necesidad de trasladarse por más de 2 horas e incluso más tiempo, haciendo uso de diferentes medios de transporte o a pie, de manera que se saturan las vialidades principales lo cual entorpece el acceso de servicios de primeros auxilios.

El uso de diferente herramientas con las que se cuenta actualmente como lo son los Sistemas de Información Geográfica son imprescindibles para la toma de decisiones a base de datos, entendiendo que el uso de estos permite un análisis espacial mediante la gestión de grandes volúmenes de datos y de esta manera generar una planificación en la mitigación de riesgos y gestión de desastres con mayor certeza, motivo por el cual este se ocupó en el establecimiento de los posibles nuevos refugios, considerando buffers que buscarán atender a la mayor cantidad de población y así permitir un traslado al interior de la ciudad a sus diferentes puntos de destino, reconociendo las zonas de mayor afectación y que presenten mayores riesgos ante los sismos mediante la revisión de los reportes de daños generados por el sismo.

La aplicación del formulario fue necesaria para comprender las complicaciones generadas en los tiempos de traslado y para conocer la percepción actual de los sismos, esta permitió comprender la problemática postulada en un inicio en números, en la cual se demostró que las personas tuvieron que recurrir a medios de transporte no usados en su día a día, así como el incremento del tiempo de recorrido de las personas, cuestión sin la que no se podría visualizar otra de las problemáticas generadas por el sismo. Gracias a las respuestas recopiladas en el formulario es que se planteó la posibilidad del uso de nuevos espacios de

distribución, no solamente depender de los Centros de Transferencia Modal existentes, sino en la propuesta de nuevos espacios emergentes que permitan tener una funcionalidad similar a la que estos presentan.

Para el planteamiento de los refugios, el uso de parques, deportivos y centros culturales los cuales no llegaran a presentar riesgo de colapso fue necesario identificar estos en diferentes espacios de la ciudad, de manera que el uso de espacios de resguardo temporal sea necesario para la planeación ante diversos riesgos, en este caso sismos, para la atención oportuna para la población, como se tienen que desarrollar estos, no buscando solo el espacio, sino reconociendo que la parte mental presenta uno de los mayores retos para el bienestar de la población. Y a partir de esto el actuar de la población ante futuros sismos en donde la población permita el desarrollo de diversas conductas que hagan posible la transición a una cultura sísmica donde no se propicien daños materiales y humanos reconociendo que la presencia de sismos en países cercanos al Anillo de Fuego del Pacífico no se puede evitar, sino que se tiene que estar consciente ante la posibilidad de la ocurrencia de estos y los cambios que estos presentan en las ciudades.

Para la construcción de una movilidad resiliente en ciudades a sismos, es necesario que la población sea consciente de la presencia de estos, sin embargo, esto no depende solamente del actuar de la población, que en el caso de México la solidaridad es un aspecto fundamental que permitió a la Ciudad de México recuperarse en momentos de crisis, sino de la revisión y mantenimiento adecuado de la infraestructura vial así como la planeación adecuada para la conectividad dentro de la ciudad.

Cabe aclarar que el uso de bicicletas y motocicletas es una opción viable para la atención inmediata y el transporte de víveres y herramientas a los espacios de

resguardo temporal, sin embargo, la cantidad de población con la que se cuenta en la Zona Metropolitana del Valle de México, más específicamente en la Ciudad de México, hace necesario el uso de transportes con mayor capacidad de transporte el cual es el objetivo de esta tesis.

Cabe recalcar que así como lo es el uso de bicicletas y motocicletas, es necesario reconocer que para desarrollar una mayor adaptación para la Ciudad de México en prevención y respuesta a los sismos es necesario identificar las diferentes rutas y destinos de las personas, conocer la posible participación de los camiones concesionados para la creación de este tipo de planeación y así proporcionar una mejor propuesta para la mitigación en el ámbito de la movilidad masiva dentro de la misma ciudad. Otro aspecto a rescatar es el uso de isocronas e isodistancias para la generación de rutas de atención y no depender solamente de buffers para la localización de estos espacios de refugio, estos pueden corresponder a una respuesta inicial, sin embargo, es necesario hacer uso de este tipo de tecnologías para poder propiciar una respuesta basada en datos en diferentes aspectos .

Lo cual nos ayuda a determinar que la hipótesis planteada, requiere de una mayor investigación, no solamente en el ámbito de la infraestructura vial y el conocimiento de los sismos, sino también en ámbitos sociales, reconocer que la complejidad de una ciudad altamente poblada como lo es la Ciudad de México, presenta una gran diversidad de variables para ser consideradas. Esta tesis permite el entendimiento general y busca una respuesta que pueda mejorar la mitigación a sismos en ciudades de gran magnitud, permitiendo así dar hincapié a una planeación urbana resiliente a sismos mediante el uso de espacios de refugio y el uso del transporte público, reconociendo los diversos medios de transporte como lo son el uso de bicicletas y motocicletas para el apoyo en momentos de crisis.

Fuentes de información

Agencia Policial de Japón, (2021) "東日本大震災から10年を迎えて" (10 años desde el gran sismo de la región este de Japón), Agencia Policial de Japón,. Recuperado el 23 de noviembre de 2023 de

<https://www.npa.go.jp/hakusyo/r03/honbun/html/xf111000.html#:~:text=%E3%81%93%E3%81%AE%E5%9C%B0%E9%9C%87%E3%81%AB%E4%BC%B4%E3%81%A3%E3%81%A6,%E3%81%AB%E4%B8%8A%E3%81%A3%E3%81%A6%E3%81%84%E3%82%8B%E3%80%82>

Alberts, J. (1977). *Migración hacia áreas metropolitanas de América Latina: un estudio comparativo*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11362/7795> el 10 de septiembre de 2023

Aurrekoetxea, M. (2009). *Deconstruyendo la resiliencia urbana*. Universidad de Deusto, Recuperado 22 de octubre de 2023, https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/82969/1/OBETS_13_Extra1_03.pdf.

Ayala, R. (2022, 25 junio). *Anillo de Fuego del Pacífico, ¿qué es y por qué genera tantos sismos?* National Geographic En Español. <https://www.ngenespanol.com/el-mundo/cinturon-de-fuego-del-pacifico-que-es-y-por-que-genera-tantos-sismos/>

Baladi Aziz. (2018, 3 mayo). *¿Qué tan complejo es el acceso urbano?* Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <https://blogs.iadb.org/transporte/es/que-tan-complejo-es-el-acceso-urbano/>

BBC. (2024, 3 enero). *Terremoto en Japón: un fuerte sismo de magnitud 7,6 deja al menos 48 muertos y graves daños en el país asiático*. BBC News Mundo. Recuperado el 2 de febrero de 2024 de <https://www.bbc.com/mundo/articles/c19y0zn4p2no>

Bosselmann, Peter. 2008. *Urban transformation. Understanding city design and form*. Washington: Island Press. Recuperado el 19 de octubre de 2023

Casas, A. (2020). *La importancia de la planeación en obras de infraestructura vial*.

Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/36865>. el 19 de septiembre de 2023

Casaus, M. A. (2018). *Deconstruyendo la resiliencia urbana*. OBETS Revista de Ciencias Sociales, 13(3), 229. Recuperado el 21 de septiembre de 2024

<https://doi.org/10.14198/obets2018.13.1.09>

Carreón, C. A. (2019). *Bicismo: Manual de voluntarios en bicicleta*. Secretaria de Cultura de México. Recuperado el 30 de septiembre de 2024

Centre for Urban Design and Mental Health, *How urban design can impact mental health*. (s. f.). Recuperado 15 de noviembre de 2023,

<https://www.urbandesignmentalhealth.com/how-urban-design-can-impact-mental-health.html>

City, R. C. (2021, 23 noviembre). *Bicisismo: saber cómo ayudar durante una emergencia*.

Cycle City México. Recuperado el 23 de noviembre de 2023 de

<https://www.cyclecity.mx/bicisismo/>

Comisión para la reconstrucción, *La Reconstrucción* (s. f.). Gobierno de la Ciudad de México

Recuperado de <https://reconstruccion.cdmx.gob.mx/> el 22 de septiembre de 2023

Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre. (2004). *PROYECTO de norma oficial mexicana PROY-NOM-034-SCT2-2003, señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*. Diario Oficial de la Nación. Recuperado 25 de septiembre de 2023, de

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=668546&fecha=04/06/2004#gsc.tab=0

Cruz, Victor, Krishna, Shri, Ordaz, Mario.. (s. f.). *¿Qué ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en México?* Ciencia UNAM. Recuperado el 23 de octubre de 2023 de

<https://ciencia.unam.mx/leer/652/-que-ocurrio-el-19-de-septiembre-de-2017-en-mexico-.pdf>

De Solminihaç, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (2019). *Gestión de infraestructura vial*. Google Books. Recuperado 3 de septiembre de 2023, de

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=En54EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=infraes>

estructura+vial+que+es&ots=7hNri1dOuV&sig=URg90XdXRBwIGLWYmsz6gm9LUrY#v=one
page&q=infraestructura%20vial%20que%20es&f=false

Espindola, V., & Pérez, X. (2018). *¿Qué son los SISMOS, dónde ocurren y cómo se miden?*
Academia Mexicana de Ciencias. Recuperado 3 de septiembre de 2023, de
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/69_3/PDF/QueSonSismos.pdf

Freddi, F, et. al. (2021). *Innovations in earthquake risk reduction for resilience: Recent
advances and challenges*. International Journal Of Disaster Risk Reduction, 60, 102267.
Tomado de <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102267> el 7 de septiembre de 2023

Fredericks, Joel, Luke Hespanhol, Callum Parker, Dawei Zhou y Martin Tomitsch. 2018.
*Blending Pop-up Urbanism and Participatory Technologies: Challenges and Opportunities for
Inclusive City Making*, City, Culture and Society, vol. 12, pp. 44-53. Tomado el 30 de
septiembre de 2024

Fundación UNAM. (2018). *¿Te asustas con la alerta sísmica?* | Fundación UNAM. Fundación
UNAM. Recuperado 5 de octubre de 2023,
<https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/te-asustas-con-la-alerta-sismica/>

García, A. , (2023). *Nada es igual desde la pandemia: menos gente viaja en Metro y crece el
uso de otros transportes públicos*. Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de
<https://www.economista.com.mx/politica/Nada-es-igual-desde-la-pandemia-menos-gente-viaja-en-Metro-y-crece-el-uso-de-otros-transportes-publicos-20230818-0056.html>

Gobierno de la Ciudad de México (s. f.-a). *Metro recuerda a los usuarios que aplicará
protocolo de actualización en caso de sismo*. Metro CDMX. Recuperado el 13 de marzo de
2024 de
<https://www.metro.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/metro-recuerda-los-usuarios-que-aplicara-protocolo-de-actualizacion-en-caso-de-sismo>

Gobierno de la Ciudad de México (s. f.). *Tarjeta Informativa: Protocolos de actuación en caso
de sismo*. Metro CDMX. Recuperado el 13 de marzo de 2024 de

<https://www.metro.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/tarjeta-informativa-protocolos-de-actuacion-en-caso-de-sismo>

Gobierno de la Ciudad de México. (s. f.). *Metro recuerda a los usuarios que aplicará protocolo de actualización en caso de sismo*. Metro CDMX.

<https://www.metro.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/metro-recuerda-los-usuarios-que-aplicara-protocolo-de-actualizacion-en-caso-de-sismo#:~:text=Las%20acciones%20a%20cumplir%20por,evitar%20correr%2C%20gritar%20o%20empujar.&text=En%20caso%20de%20estar%20a%20bordo%20de%20tren%2C%20se%20debe,no%20intentar%20salir%20del%20vag%C3%B3n.&text=Los%20usuarios%20que%20se%20encuentren,deben%20replegarse%20a%20las%20pasarelas>

Gobierno de Tamaulipas y Departamento de Atlas y Sistematización de Riesgos. (2020). *Guía Operativa para Refugios Temporales*. En Gobierno de Tamaulipas. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de

<https://www.tamaulipas.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/36/2020/11/guia-operativa-refugios-temporales.pdf>

Hilbert, M. (s. f.). *¿Que son los sistemas complejos?* MartinHilbert.net. Recuperado de <https://www.martinhilbert.net/que-son-los-sistemas-complejos/> el 12 de septiembre de 2023

IFIE, (s.f.) *Disaster Prevention and Emergency Procedures Guide for Non-Japanese Residents*. Recuperado de <https://www.ifie.or.jp/ifie-disaster/english/02.html> el 2 de septiembre de 2023

Instituto de Geofísica, UNAM. (s. f.). *Zona de subducción mexicana y su potencial para un sismo mayor*. Sistema Sismológico Nacional. Recuperado el 7 de abril de 2024 <http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/sismoMayor.pdf>

Instituto Nacional de Geofísica. (s.f.). *Magnitud de un sismo*. Sistema Sismológico Nacional. Recuperado 9 de noviembre de 2023,

IS-ARQuitectura. (2022, 25 abril). *Refugios. Qué son, cómo se construyen, tipos y fotos de refugios*. IS-ARQuitectura.com. Recuperado 17 de noviembre de 2023,

[https://is-arquitectura.com/arquitectura/refugios/#:~:text=Aparte%20de%20proporcionar%20al
ojamiento%20en,a%20las%20inclemencias%20del%20clima.](https://is-arquitectura.com/arquitectura/refugios/#:~:text=Aparte%20de%20proporcionar%20al%20ojamiento%20en,a%20las%20inclemencias%20del%20clima.)

Jerez, R. (2016, 20 diciembre). *Estudio sobre la resiliencia de Japón ante desastres sísmicos. El gran terremoto de Tohoku de 2011*. Recuperado el 12 de octubre de 2023
<https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/58406>

Maite, A. C. (2018, 1 noviembre). *Deconstruyendo la resiliencia urbana*. Recuperado el 23 de noviembre de 2023 de <http://hdl.handle.net/10045/82969>

Mavrouli, M., Mavroulis, S., Lekkas, E., & Tsakris, A. (2021). *Respiratory Infections Following Earthquake-Induced Tsunamis: Transmission Risk Factors and Lessons Learned for Disaster Risk Management*. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 18(9), 4952. Recuperado el 9 de septiembre de 2023 de
<https://doi.org/10.3390/ijerph18094952>

MCR - Homepage. (2021, 2 agosto). Recuperado 10 de noviembre de 2023,
<https://mcr2030.undrr.org/>

Méndez, R. (2012). *Ciudades y metáforas: sobre el concepto de resiliencia urbana*. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, 44(172), 215–231. Recuperado de
<https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76122> el 21 de septiembre de 2023

Moran, M. (2023, 15 septiembre). *Ciudades - Desarrollo sostenible. Desarrollo Sostenible*. Recuperado 10 de noviembre de 2023, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

Moss, R. E. S., & Moffat, R. (2020). *Prior and future earthquake effects in Valdivia, Chile*. *Obras y proyectos*, 27, 41-49. Recuperado el 13 de octubre de 2023 de
<https://doi.org/10.4067/s0718-28132020000100041> el 10 de septiembre de 2023

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, *FAQ*. (2021b, septiembre 1). *Making Cities Resilient*. Recuperado el 23 de noviembre de 2023 de
<https://mcr2030.undrr.org/faq-0#resilience-roadmap>

ONU-Habitat. (s. f.). *Ciudades resilientes*. Recuperado 10 de noviembre de 2023, <https://onuhabitat.org.mx/index.php/ciudades-resilientes>

Oriol-Bosch, Albert. (2012). *Resiliencia*. *Educación Médica*, 15(2), 77-78. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1575-18132012000200004&lng=es&tlng=es. el 7 de septiembre de 2023

Orozco, A. (s. f.) Parte II. *Definición y clasificación en la NOM sobre Espacios públicos*. *Instituto de Investigaciones Sociales*. Recuperado el 20 de noviembre de 2023 de <https://cidur.org/parte-ii-definicion-y-clasificacion-en-la-nom-sobre-espacios-publicos/>

Robina C.. (2015, 18 septiembre). *¿Por qué los chilenos no corremos cuando hay terremotos?* BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/04/140402_chile_terremotos_correr_crz#:~:text=Chile%20vive%20temblando%20y%20cada,son%20de%20pa%C3%ADses%20no%20s%C3%AADsmicos. el 20 de octubre de 2023

Salvador, et.al., (s. f.). *¿Qué ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en México?* Ciencia UNAM. Recuperado 25 de noviembre de 2023, <https://ciencia.unam.mx/leer/652/-que-ocurrio-el-19-de-septiembre-de-2017-en-mexico-.pdf>

Santamaría, A. (2024). *Terremto en Japón: ¿Cómo funcionan ahí las alertas sísmicas?*. El Universal. Recuperado el 2 de febrero de 2024 de <https://www.msn.com/es-mx/noticias/mundo/terremoto-en-jap%C3%B3n-c%C3%B3mo-funcionan-ah%C3%AD-las-alertas-s%C3%ADsmicas/ar-AA1mjNUM>

Santiago, F. R. (2019, 24 abril). *Accesibilidad urbana: concepto y aplicaciones* [presentación]. Recuperado el 15 de noviembre de 2024 de <http://hdl.handle.net/11191/6271>

Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, (s. f.). *Atlas de riesgos de la CDMX*. Recuperado el 12 de diciembre de <https://www.atlas.cdmx.gob.mx/datosabiertos.html>

Servicio Geológico Mexicano. (2017, 2 agosto). *Escalas de los sismos*. SGM. Recuperado el 20 de septiembre de 2023 de https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion_complementaria/Escalas-sismos.html

Servicio Sismológico Nacional. (s. f.). SSN - *Estadísticas de sismicidad*, UNAM, México. Servicio Sismológico Nacional. Recuperado el 3 de mayo de 2024 de <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/estadisticas/>

Servicio Sismológico Nacional. (s. f.). SSN - *Mapas de Sismicidad Anual*, UNAM, México. Servicio Sismológico Nacional. Recuperado el 3 de mayo de 2024 de <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/estadisticas/>

SSN, *Magnitud de un sismo*. (s. f.). En Sistema Sismológico Nacional. Sistema Sismológico Nacional. Recuperado 22 de septiembre de 2023, de <http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/Magnitud-de-un-sismo.pdf>

U,D,M,H. *How urban design can impact mental health*. (s. f.). Centre For Urban Design And Mental Health. Recuperado el 20 de septiembre de 2023 <https://www.urbandesignmentalhealth.com/how-urban-design-can-impact-mental-health.html>

Valdivia, J.A. (2024, abril 5). *Datos, movilidad y una ciudad llamada: CDMX*. Pasajero7. Recuperado el 5 de mayo de <https://www.pasajero7.com/datos-movilidad-y-una-ciudad-llamada-cdmx/>

Williams, T. (1993). *Risk-management infrastructures*. *International Journal Of Project Management*, 11(1), 5-10. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(93\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0263-7863(93)90003-6) el 10 de septiembre de 2023

Zumelzu, A., Barría, T., & Barrientos-Trinanes, M. (2020). *EFFECTOS DE LA FORMA URBANA SOBRE LA ACCESIBILIDAD PEATONAL EN BARRIOS DEL SUR DE CHILE*. Recuperado el 23 de noviembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/journal/1936/193662824001/html/#:~:text=Una%20caminata%20de%2030%20minutos,m%C3%A1ximo%20de%20un%20barrio%20caminable.>