



Entramado

ISSN: 1900-3803

ISSN: 2539-0279

Universidad Libre de Cali

Rivera-González, Oscar Daniel; Rodriguez Van Gort, Mary Frances Teresa
Urban risk mapping for geological faults in urban areas, prevention, and
analysis with Geographic Information Systems, Mexico City, Mexico *
Entramado, vol. 20, núm. 1, 2024, Enero-Junio, pp. 1-12
Universidad Libre de Cali

DOI: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.10640>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265478502012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

UDEM [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Cartografía de riesgos urbanos por fallas geológicas en zonas urbanas, prevención y análisis con Sistemas de Información Geográfica, Ciudad de México, México *

Oscar Daniel Rivera-González 

Estudiante posdoctoral Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México - México.
oscarriverag@filos.unam.mx

Mary Frances Teresa Rodríguez Van Gort 

Directora de la Facultad de Filosofía y Letras Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México-México.
francesrv@filos.unam.mx

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Cartografía; Vivienda; daños; estructuras; intensidad

Diversas averías en viviendas por fallas geológicas comienzan a ser cada vez más frecuentes en algunas zonas de la Ciudad de México (CDMX), su intensidad y repetición comienza a alarmar a muchos habitantes debido a los graves daños en la estructura de sus hogares, por lo anterior, es urgente conocer cuáles son las posibles fallas geológicas activas e inactivas existentes identificándolas por medio de datos vectoriales visualizadas por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El objetivo del presente análisis se centra en cartografiar por medio de métodos geomáticos las principales fallas geológicas con base en fotointerpretación y obtención de datos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de las zonas urbanas actuales y del Atlas Nacional de Riesgos, con el objetivo de contrastar dicha información y evidenciar las problemáticas existentes. Se eligió la colonia San Juan de Aragón Ira Sección como zona de estudio, con el objetivo de prevenir a la población con metodología utilizando Sistemas de Información Geográfica y notificar sobre posibles percances por fallas geológicas en su vivienda. Como conclusión la cartografía obtenida se deberá implementar en viviendas establecidas en sitios con algún grado de riesgo, el aporte del mapeo por medio de SIG fundará un contribución sustancial y precisa para instaurar mecanismos de protección civil en la población de la CDMX, así mismo, dicho aporte pueda replicarse en diversas partes del mundo donde las problemáticas sean similares a la zona examinada.

Recibido: 31/08/2023 Evaluado: 05/10/2023 Aceptado: 30/11/2023

This is an Open Access article under the BY-NC-SA license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>). Published by Universidad Libre - Cali, Colombia.

Fuente de financiación: Recursos de beca posdoctoral asignada al Dr. Oscar Daniel Rivera González otorgada por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Contribución de los autores

- Autor 1. Trabajó de manera general todo el artículo en cuanto a aspectos cualitativos, cuantitativos, teóricos y empíricos.
- Autor 2. Generó la mayoría del mapeo y las conclusiones finales.

Como citar este artículo/ How to cite: RIVERA-GONZÁLEZ, Oscar Daniel; RODRÍGUEZ VAN GORT, Mary Frances Teresa. Cartografía de riesgos urbanos por fallas geológicas en zonas urbanas, prevención y análisis con Sistemas de Información Geográfica, Ciudad de México, México. En: Entramado. Enero - Junio, 2024. vol. 20, no. 1 e-10640 p. 1-11. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.10640>



Urban risk mapping for geological faults in urban areas, prevention and analysis with Geographic Information Systems, Mexico City, Mexico

ABSTRACT

KEYWORDS

Cartography Housing; damage; structures; intensity

Several housing damages caused by geological faults are becoming increasingly frequent in certain areas of Mexico City (CDMX), their intensity and repetition are beginning to alarm many inhabitants due to the serious damage to the structure of their homes. Therefore, it is urgent to identify the possible existing active and inactive geological faults, identifying them using vector data visualized using Geographic Information Systems (GIS). The objective of this analysis is focused on mapping using geomatic methods the main geological faults based on photointerpretation and obtaining vector data from the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) of the current urban areas and the National Risk Atlas, to contrast this information and highlight the existing problems. The San Juan de Aragón 1st Section neighborhood was chosen as the study area, to warn the population with a methodology using Geographic Information Systems and notifying them about possible affectations due to geological faults in their homes. As a conclusion, the cartography obtained should be implemented in houses established in places with some degree of risk, the contribution of the mapping using GIS will be a substantial and precise contribution to establishing civil protection mechanisms in the population of the CDMX, likewise, this contribution can be replicated in different parts of the world where the problems are similar to the examined area.

Cartografia de riscos urbanos devidos a falhas geológicas em zonas urbanas, prevenção e análise com Sistemas de Informação Geográfica, Cidade do México, México

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE

Cartografia; habitação; danos; estruturas; intensidade

Os diversos danos em habitações provocados por falhas geológicas são cada vez mais frequentes em certas zonas da Cidade do México (CDMX), e a sua intensidade e repetição começa a alarmar muitos habitantes devido aos graves danos na estrutura das suas casas. Por este motivo, é urgente conhecer quais são as possíveis falhas geológicas activas e inactivas existentes, identificando-as através de dados vectoriais visualizados por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O objetivo desta análise é cartografar as principais falhas geológicas através de métodos geomáticos baseados na foto-interpretção e nos dados vectoriais do Instituto Nacional de Estatística e Geografia (INEGI) das áreas urbanas actuais e do Atlas Nacional de Riscos, com o objetivo de contrastar esta informação e destacar os problemas existentes. A colónia da 1ª Secção de San Juan de Aragón foi escolhida como área de estudo, com o objetivo de alertar a população com uma metodologia que utiliza Sistemas de Informação Geográfica e notificá-la dos possíveis efeitos das falhas geológicas nas suas casas. Como conclusão, a cartografia obtida deve ser implementada em casas estabelecidas em locais com algum grau de risco, a contribuição do mapeamento por meio de SIG será uma contribuição substancial e precisa para estabelecer mecanismos de proteção civil na população da CDMX, da mesma forma, esta contribuição pode ser replicada em várias partes do mundo onde os problemas são semelhantes à área examinada.

I. Introducción

Averías por fallas geológicas en hogares de habitantes de la Ciudad de México (CDMX) incentivados en gran mayoría por la dislocación horizontal o vertical en ciertas partes de la litosfera, componiendo un riesgo latente en su tranquilidad e integridad, por lo anterior, el establecimiento y crecimiento urbano en algunas zonas desconoce la composición geofísica del subsuelo, instaurando construcciones de viviendas en zonas de riesgo.

El presente análisis se enfocó en fallas geológicas que se originan o activan por ciertos factores, provocan la rotura de varias partes del suelo específicamente la superficie y subsuelo, creando daños en la estructura de viviendas establecidas sobre dichas fallas, lo que instaura un riesgo latente en la población, lo cual podría provocar, posibles, reubicaciones o pérdidas de patrimonio.

La zona de estudio se centra en la calle Quinta Cerrada de la Avenida 503 Colonia San Juan de Aragón 1ra Sección alcaldía Gustavo A. Madero, CDMX, perjudicando aproximadamente 14 casas debido a una falla geológica; viviendas que presentaron fracturas en piso, paredes y techos de los domicilios (Figura 1), lo anterior, cartografiándose a detalle con apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el objetivo de conocer la ubicación de dicho daño geológico.

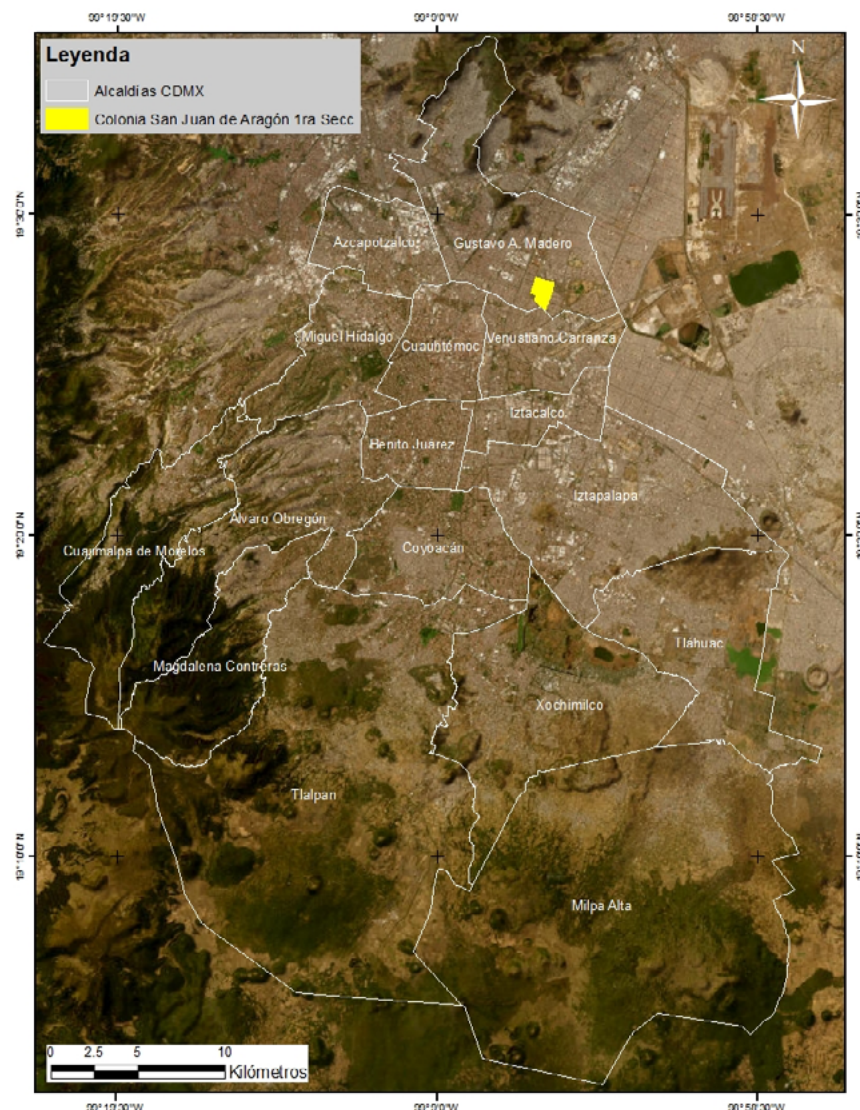


Figura 1. Zona de estudio, colonia San Juan de Aragón 1ra Sección

Fuente: Elaboración propia

La estimación del desplazamiento ocasionado por fallas es un parámetro muy relevante en estudios geológicos y geofísicos enfocados en los daños a la vivienda, aportando información relevante sobre cuantificar y medir sitios de deformación formando límites y comprensión de territorio según los rasgos topográficos existentes ([Alonso, Fitz y Gutiérrez, 2020](#)).

Visualmente las averías concebidas por la activación de fallas geológicas fomentan temor en poblaciones debido al tamaño de dichas grietas, es muy importante no provocar temor en la población con base en estudios geotécnicos y de mecánica de suelo, con la finalidad de proteger a la población promoviendo explicaciones básicas, medidas de prevención, corrección o reparación del daño.

En la CDMX algunas edificaciones presentan riesgo de colapso total o parcial por efectos de fallas geológicas, por lo anterior, el objetivo es estudiar cartográficamente los daños para monitorear desplazamientos y ubicación de viviendas en zonas de fallas; evitando daños en infraestructura y pérdidas económicas ([Hernández y Láziz, 2015](#)).

La identificación cartográfica precisa de regiones con averías derivadas de fallas geológicas será benéfica con el objetivo de gestionar procesos de gestión de riesgo, creando monitoreo permanente en partes donde existan franjas de fallas, fomentando protección civil y no solo corrección del daño.

Así mismo, para la identificación cartográfica y gestión del riesgo, es prudente conocer que la extracción de agua debido a la sobreexplotación de mantos acuíferos en la CDMX aún predomina, aproximadamente desde el año de 1990 a la fecha muchas zonas urbanas del centro de México han sido perjudicadas por hundimientos diferenciales de suelo originando fallas mismas que han acontecido recientemente con mayor frecuencia ([Garduño, Arreygue, Israde, Rodríguez, 2001](#)).

La desecación de los mantos freáticos es un factor importante de activación de zonas de fracturas o fallas geológicas, por lo anterior, la sobreexplotación según la extracción de agua fomenta en gran medida la rotura de las partes bajas del suelo, algo que debe ser considerado y tratar de aminorar posibles daños.

En la Ciudad de México se tiene registro de 591 sitios de fracturamiento o hundimiento del subsuelo; incluso algunos expertos han detectado 12 sitios de la capital con deformación crítica, ubicados en diversas colonias de las alcaldías de Iztapalapa, Iztacalco, Tláhuac, Cuauhtémoc, Benito Juárez y Xochimilco ([Congreso CDMX, 2023](#)).

La cita anterior detalla las actuales alcaldías donde data la presencia de fracturamientos que deberán cartografiarse con precisión según información geológica, geomorfológica, geográfica y sísmica, con el objetivo de constituir medidas de contención en caso de un fracturamiento mayor que pueda implantar un riesgo para la vida de los pobladores.

Es muy importante conocer las propiedades que incentivan la activación de fallas geológicas, el estudio de la geografía enfocada al urbanismo debe ser examinada con el apoyo de la geofísica y geomorfología, con el objetivo de instaurar mapeo preciso según elementos cualitativos y cuantitativos, trabajándolos de manera teórica empleando metodología por medio de algebra de mapas, ratificándolos de manera empírica y su aporte sea sustancial para la protección a la población.

Puntualmente la dirección en general del manuscrito es la ejecución concertada con la población de reconfiguraciones urbanas debido a las averías geológicas que menoscaban la tranquilidad y seguridad de los habitantes y vecinos en general de áreas aledañas al sitio del daño, lo anterior, por medio de la aplicación de cartografía digital, misma que metodológicamente pueda replicarse en otras partes de la CDMX, de la República Mexicana o en otras partes de América Latina, donde las características geográficas, geofísicas, geológicas, edafológicas, geomorfológicas, hidrográficas, entre otras, sean similares a la zona de estudio del presente artículo.

Después de la introducción este documento presenta en el marco teórico estudios previos alrededor de la problemática, algunos que abordan la comprensión de fallas geológicas y efectos dañinos en ciudades; en la tercera sección se expone el enfoque metodológico realizado con datos de las principales instituciones encargadas del estudiar cuestiones geológicas y sísmicas en el territorio nacional mexicano; en la cuarta sección se presentan las diversas técnicas vectoriales cartográficas derivadas de la geomática e información del INEGI, Atlas Nacional de Riesgos y del SGM, con el objetivo de identificar zonas urbanas en riesgo; en el apartado de discusión se analizan los resultados y finalmente se presenta el apartado de conclusiones donde se destaca la importancias de implementar en viviendas establecidas en sitios con algún grado de riesgo, la cartografía obtenida.

2. Marco teórico

El análisis del presente estudio enfocado a los riesgos urbanos por fallas geológicas debe ser examinado según estudios previos que estriben alrededor de la problemática, es prudente mencionar que se encontraron algunos que abordan la comprensión de fallas geológicas que estudian parcialmente su acontecimiento y efectos dañinos en ciudades, observándose que aún queda mucho por trabajar a futuro, precisando que en la actualidad la existencia de fallas geológicas va en aumento. La supervisión de viviendas con el objetivo de determinar daños estructurales es de vital importancia, se deberán instaurar parámetros cualitativos y cuantitativos para conocer las tipologías de la falla geológica, cotejando en todo momento la geoposición de la falla con el urbanismo existente ([Hernández y Láziz, 2015](#)).

Existen fracturas y grietas en el suelo que observan pobladores cuando evidentemente afectan sus viviendas, inclusive varios sonidos no comunes alertan en algunas ocasiones posibles activaciones de fallas y, por ende, averías en domicilios, por ello, la precisión de mapeo podrá evidenciar los hogares que podrán ser perjudicados en su estructura arquitectónica. En ciertas ocasiones los horizontes o planos de falla revelan conjuntos de estrías superpuestas y con diferentes orientaciones, las cuales, podrán clasificar con cierto grado de precisión posibles activaciones o reactivaciones de los bloques de falla y la posibilidad de establecer mecanismos de protección a las viviendas ([Escamilla, 2019](#)).

Es muy importante la comunicación constante entre pobladores y entes gubernamentales encargados de la protección civil en las diversas alcaldías en la CDMX; la información y aviso de vecinos a las autoridades, podrá establecer algún grado de protección en ellos y analizar la zona potencialmente afectada, con el objetivo de evitar posibles catástrofes, puntualizando que muchas de los daños en viviendas se debe en gran medida al crecimiento urbano desproporcional de la CDMX, edificando sin conocer las características geográficas del sitio.

El crecimiento regional urbano en México durante el siglo XX relacionado con su impacto económico y social, se ha traducido en un proceso demográfico altamente descontrolado forjando problemas complejos, provocando diversos riesgos en las ciudades mismas que son gravemente afectadas según la geografía, por lo anterior, es importante mencionar que difícilmente se eligieron o estudiaron las características geográficas del suelo; fomentando en la actualidad diversas amenazas naturales que vulneran la tranquilidad de pobladores ([Pérez, 2014](#)).

La actual planeación urbana inadecuada antecede de una planeación sin control o visión, la CDMX cuenta con problemáticas tan diversas que es complejo cuantificarlas debido al número tan elevado de urbanismo sin planificación, por ello, cientos de colonias en dicha ciudad son mermadas por inundaciones, sismos, deslizamientos de tierra, socavones, fallas geológicas, entre otras, perjudicando gravemente a viviendas e integridad de las familias.

La sismicidad en México es cada vez más recurrente, para recordar esto, el presente análisis se refiere a sismos en años anteriores que han devastado la CDMX, por lo cual, la importancia de los materiales con los que se construye una vivienda son muy significativos, evitando en todo momento la autoconstrucción, al no poseer una estructura profesional dependiendo de la geografía del sitio ([Contreras y Winckler, 2013](#)).

El grado de autoconstrucción existente en la CDMX es cada vez más recurrente debido al nivel socioeconómico en la población, lo cual, evidentemente incentiva aún más el riesgo de colapso de viviendas ante fenómenos geológicos incentivados por fallas; es prudente detener paulatinamente pero permanentemente la construcción no profesional que enaltezca problemáticas de vivienda a futuro.

Aproximadamente desde el año 2016 se analizan los deberes del estado gubernamental frente a la gestión del riesgo de desastre, implantando situaciones fácticas que sirven de insumo para concluir que dicho estado es responsable de los daños derivados de la desatención en prevención de desastres derivados de fallas geológicas; algo que sigue en aumento no encontrando una solución hasta el momento ([Acuña, 2016](#)).

La prevención de desastres deberá ser el objetivo de protección civil de cualquier gobierno federal, estatal o municipal en México, son tan grandes y recurrentes las averías por acontecimientos naturales que la existencia de omisión por parte de autoridades gubernamentales en asuntos de riesgo agudiza problemáticas urbanas, por lo anterior, es prudente considerar que la corrección del daño no alcanza para proteger a la población; quedando por trabajar mecanismos de prevención y no sólo de reparación del daño.

La representación del peligro sísmico en cualquier ciudad que ha sido históricamente afectada por sismos permanecerá vulnerable a posibles fallas geológicas; aconteciendo probables devastaciones en viviendas y provocando pérdidas de vidas ([Zambrana, 2021](#)). Sismos y fallas geológicas comparten un mismo elemento, el cual, es la avería a diversas viviendas, más aún cuando carecen de seguridad geográfica y estructura arquitectónica segura con base en elementos de ingeniería civil. La propuesta de gestión social del riesgo referida a la concertación entre habitantes y entes gubernamentales, debe permitir un estudio integral, mismo que vincule amenazas y vulnerabilidades, examinando las diferentes escalas permitiendo determinación de áreas de riesgo, las cuales, tendrán que estar vinculadas con espacios donde preexista una mayor concentración urbana planteando medidas que eviten potenciales daños ([Montezuma, 2011](#)).

La determinación de áreas de riesgo interpretadas por medio de sistemas geonfómicos conocidos comúnmente como SIG, instaurarán precisiones importantes en las zonas a evaluar referentes al cruce de información por medio de álgebra de mapas, por ello, es importante poseer cartografía vectorial y satelital actualizada, con el objetivo de identificar y establecer porcentajes de riesgo.

La fotointerpretación por medio de imágenes aéreas constituye una de las fuentes de información más avanzadas y convincentes de actualización de datos; relacionándose y complementándose en ocasiones con datos satelitales, mismos que organizan elementos de suma importancia para estudios geográficos ([Bolaños, 2003](#)).

La utilidad de elementos fotointerpretativos será relevante para realizar estudios que analicen riesgos geomorfológicos, es muy significativo el avance de las geotecnologías permitiendo su utilidad e interpretación de imágenes casi en tiempo real, evidenciando ciertos daños visualizados de manera completa dependiendo la escala de trabajo, por ello, la utilidad de los SIG es de gran aporte en el presente artículo de investigación.

El presente apartado teórico ejemplifica posibles soluciones sobre el riesgo urbano debido a la presencia de fallas geológicas, lo cual, apoyará a comprender las posibles averías en la vivienda de población y con ello, alertar y proteger a pobladores que habitan áreas de riesgo.

Sismicidad y relación con fallas geológicas

Existe una relación tan estrecha entre sismos y fallas geológicas que en gran mayoría de las ocasiones implantan una reactivación y movimiento en el subsuelo, ocasionando la existencia de grandes fallas, puntualizando que también pueden originarse por otras acciones geofísicas.

La relación del estudio de los sismos con fallas geológicas, establece varios parámetros que determinan la intensidad y magnitud del daño, potencializando agrietamientos en partes del subsuelo; evidenciándose en los segmentos inmediatos cercanos a los pisos de las viviendas ([Pérez, Aguirre y Ramírez, 2018](#)).

Es muy importante comprender que al ocurrir un movimiento sísmico las ondas oscilatorias y trepidatorias instituyen la existencia de fallas que en un principio no se observan a simple vista, sin embargo, su salida y evidencia acontecerá con el paso del tiempo; recordando que la CDMX es aún una cuenca endorreica, misma que por sus características geográficas es muy susceptible a socavones y fallas geológicas, debido a su edafología, hidrografía, geomorfología y geología.

Aproximadamente a partir del año 2001 hasta la fecha, diversas zonas urbanas en la CDMX han sido perjudicadas permanentemente por hundimientos diferenciales del suelo, conocidos entre la población como socavones o agrietamientos, habitualmente estos procesos se han ligado a sismos y a la sobreexplotación de mantos acuíferos ([Garduño et al., 2001](#)).

Un componente extra que establece diversos daños en el suelo y por ende en las viviendas es la sobreexplotación de mantos acuíferos, los cuáles, desecan grandes regiones debido a la gran extracción de agua, por lo que al acontecer algún movimiento telúrico generará un mayor rompimiento de las partes bajas del suelo; fomentando agrietamiento resultando en grandes fallas geológicas.

Con el objetivo de esclarecer lo acontecido en la colonia San Juan de Aragón Iera Sección, a continuación, se detalla lo concerniente a dicho suceso.

Una falla geológica provocó que 14 viviendas de la colonia San Juan de Aragón Primera Sección, en la alcaldía Gustavo A Madero, tuvieran daños estructurales en sus viviendas, de las cuales cinco presentan problemas severos,

informó la secretaria de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil local, Myriam Urzúa. Desde el lunes en la mañana vecinos reportaron una grieta, que no sólo provocó que fuera aún mayor una fuga de agua reportada desde hace más de seis meses en la Quinta Cerrada de la avenida 503, sino que afectó a 14 casas, algunas de las cuales presentan fracturas en piso, paredes y techos ([Mendoza, 2021](#)).

Los daños estructurales en las viviendas establecidas medianamente en zonas geográficamente seguras según la pendiente del terreno, no garantizó que el urbanismo instaurado en dichas áreas fuera seguro, por lo anterior, es muy importante observar que se deberá conocer la mayoría de las características del territorio con el objetivo de minimizar el riesgo; lo acontecido en San Juan de Aragón evidencia que algunos riesgos no visibles con el tiempo pueden activarse y concebir procesos de reubicación debido al alto nivel del riesgo.

3. Metodología

Derivado de lo anterior se trabajó con datos de las principales instituciones encargadas del estudiar cuestiones geológicas y sísmicas en el territorio nacional mexicano, obteniendo información del INEGI ([Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2002](#)), y del Atlas Nacional de Riesgos en su última actualización ([Atlas Nacional de Riesgos, 2023](#)).

Es importante aclarar que solamente se eligieron dichos datos con el objetivo de observar la importancia y actualización de los mismos, con los cuales, el gobierno mexicano trabaja ante riesgos urbanos por fallas geológicas en la CDMX.

Primeramente, se obtuvo mapeo de las principales zonas sísmicas existentes en la CDMX, observándose ciertas características edafológicas, geológicas y geomorfológicas, identificándose el área donde se encuentra la colonia San Juan de Aragón 1ra Sección ([Figuras 2 y 3](#))

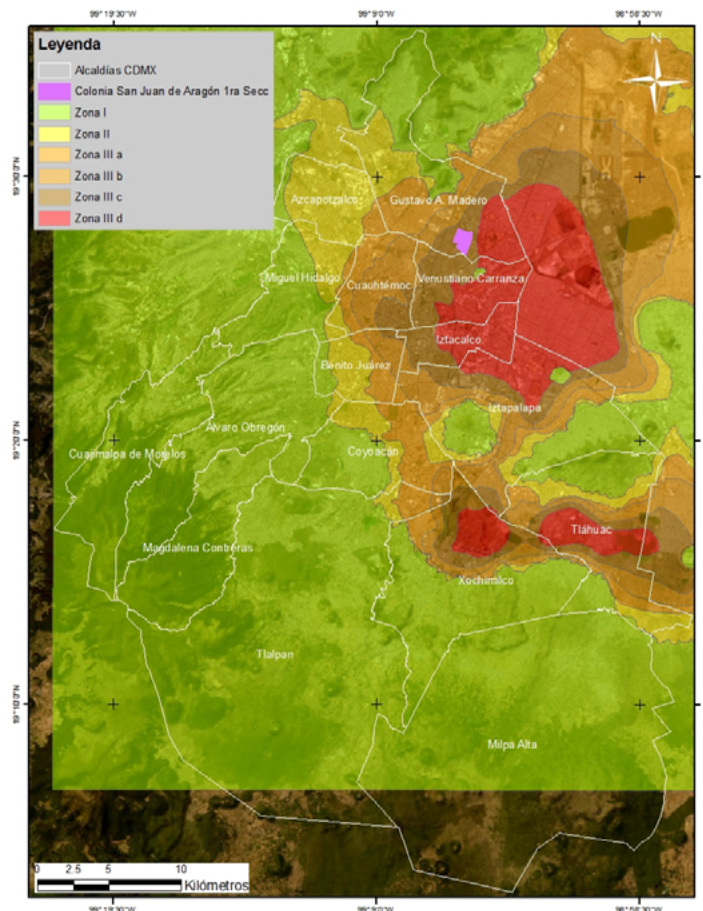


Figura 2. Zonas sísmicas, CDMX
Fuente: Elaboración propia

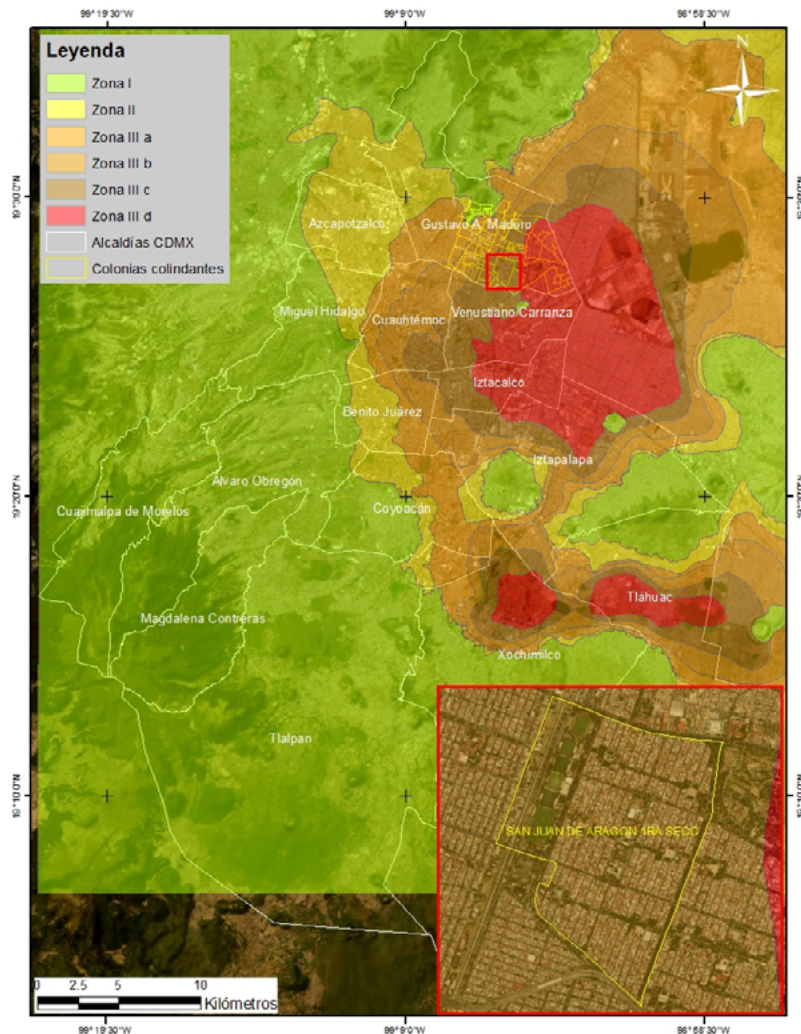


Figura 3. Zonas sísmicas, colonia San Juan de Aragón Ira Sección
Fuente: Elaboración propia

Las Figuras 2 y 3 revelan que el área de estudio se encuentra dentro de la zona sísmica IIIC, la cual, posee un tipo de suelo compuesto de depósitos lacustres muy blandos y compresibles debido al alto contenido de agua, favoreciendo movimientos en las partes bajas del suelo; para mayor comprensión a continuación se diferencian dichas franjas sísmicas por el Servicio Geológico Mexicano (SGM).

- Zona I, firme o de lomas: localizada en las partes más altas de la cuenca del valle, está formada por suelos de alta resistencia y poco compresibles.
- Zona II o de transición: presenta características intermedias entre la Zonas I y III.
- Zona III o de Lago: localizada en las regiones donde antiguamente se encontraban lagos (lago de Texcoco, Lago de Xochimilco). El tipo de suelo consiste en depósitos lacustres muy blandos y compresibles con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Según el análisis cartográfico referenciado a ondas sísmicas y su relación con fallas geológicas, ejemplifica que la zona de estudio es muy propensa a la existencia de fallas geológicas debido a la composición edafológica del suelo, por lo anterior, es importante utilizar dicho mapeo para prevenir riesgos en la alcaldía Gustavo A. Madero, inclusive el avance y riesgo se amplifica en la parte oriente de la misma alcaldía; puntualizando que a futuro se deberá supervisar el avance urbano, el cual, establecerá mayores daños en dicha alcaldía.

4. Resultados

Para la implementación de la metodología del presente artículo se utilizaron técnicas vectoriales cartográficas derivadas de la geomática e información del INEGI, Atlas Nacional de Riesgos y del SGM, relacionadas con la protección civil ante fenómenos geológicos y fotointerpretación, con el objetivo de identificar zonas urbanas en riesgo.

Cartográficamente se ubicó la colonia San Juan de Aragón Ira Sección con apoyo del SIG ArcMap utilizando la herramienta Open Street Maps, misma que muestra las características urbanas y de las principales colonias existentes cerca de la colonia evaluada ([Figura 4](#)).

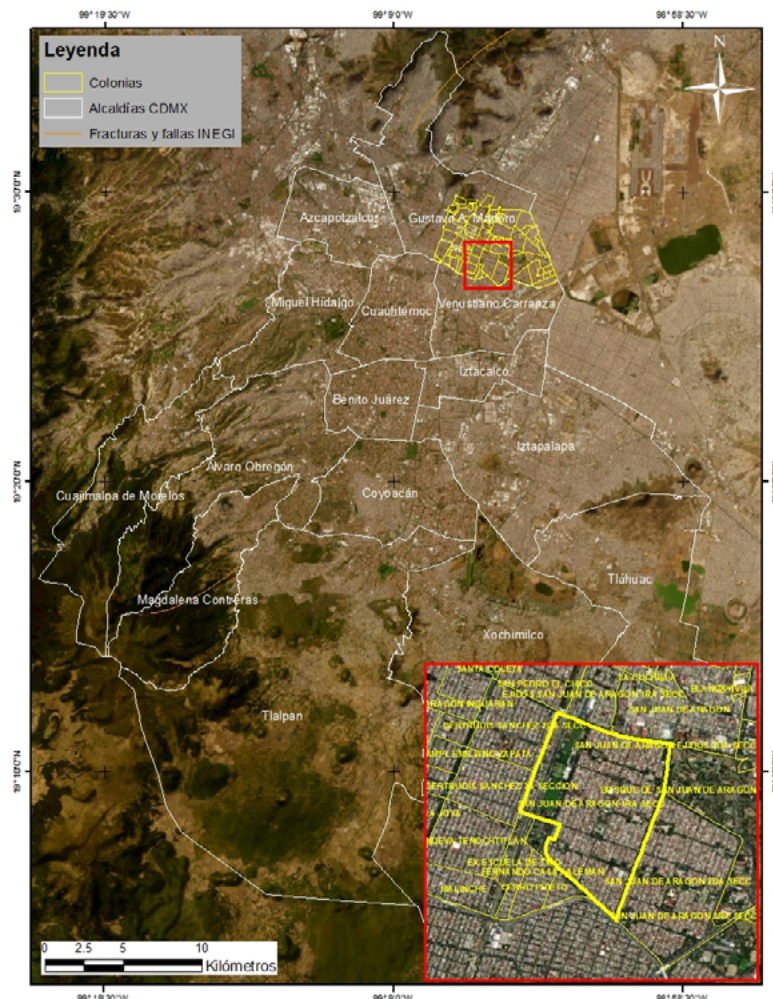


Figura 4. Colonia San Juan de Aragón Ira Sección y crecimiento urbano actual.

Fuente: Elaboración propia

La Figura anterior muestra la expansión urbana actual en la colonia San Juan de Aragón Ira Sección, prácticamente se encuentra urbanizada en su totalidad, por lo anterior, la urgencia de supervisar posibles daños geofísicos y su relación con el aumento de riesgo urbano.

Según notas periodísticas la grieta inició en la Quinta Cerrada de la avenida 503, perjudicando 14 casas extendiéndose aproximadamente hasta la avenida 505 ([Mendoza, 2021](#)), por lo anterior, se ubicó empíricamente la grieta con apoyo de fotointerpretación, puntualizando que según vecinos de la zona se extendió aún más visualmente ([Figura 5](#)), precisando que su extensión interna no visual podrá ser aún mayor en cuanto a su longitud afectando a futuro un mayor número de viviendas; inclusive existiendo en la zona de la falla la primaria Nepal y el Centro de Salud San Juan de Aragón ([Figura 6](#)).



Figura 5. Falla geológica Quinta Cerrada avenida 503, Colonia San Juan de Aragón 1ra Sección
Fuente: Mendoza, 2021.



Figura 6. Ubicación cartográfica de la falla geológica en Quinta Cerrada avenida 503, Colonia San Juan de Aragón 1ra Sección
Fuente: Elaboración propia

Según la muestra de las [Figuras 5 y 6](#), se observa la avería geológica inicial de la zona de estudio, por ello, la atención de expertos en geofísica, geología y geografía, con la primicia de establecer estudios con fisurómetros, equipos electrónicos portátiles de alta sensibilidad y detectores de gas radón, identificando las viviendas que poseen un nivel alto y muy alto de riesgo ante posibles colapsos de construcciones.

5. Discusión de resultados

De acuerdo y derivado de la avería en las viviendas de personas que habitan áreas que originalmente no cuentan con algún tipo de riesgo geológico, geofísico, geomorfológico, hidrometeorológico, edafológico, entre otros, el grado de riesgo alto que no es visible de manera evidente, ocasiona que la ocurrencia repentina de la aparición de grietas afecte inesperadamente la vida de poblaciones que normalmente se encontraban en zonas geográficamente seguras.

Es muy importante no confundir o establecer como sinónimos los términos amenaza, vulnerabilidad y riesgo, especificando que, en el presente estudio centrado en las fallas geológicas, la amenaza es la aparición de grietas provenientes de la fricción o movimiento repentino en las partes bajas del suelo, los cuales, ocurrirán sin previo aviso.

El elemento a disminuir es la vulnerabilidad, precisamente con el estudio de elementos cartográficos, geográficos, geológicos, geofísicos y de gestión social del riesgo, derivado del trabajo constante entre científicos, políticos y habitantes, con la primicia de instituir protección civil ante posibles activaciones de fallas geológicas en zonas urbanas.

Por lo anterior, podrá disminuirse sustancialmente el nivel del riesgo, comprendiendo que es el resultado entre la amenaza y vulnerabilidad, al disminuir la vulnerabilidad y con ello el riesgo, el resultado protegerá a los habitantes ante posibles apariciones de agrietamientos que puedan afectar su vivienda debido a colapsos parciales o totales que puedan acontecer. Es importante cuestionar que la gestión social del riesgo ante un posible desastre en la actualidad es insuficiente, rectificado por las múltiples averías geológicas, hidrometeorológicas, geomorfológicas y geofísicas, mismas que ocurren constantemente y que son tan evidentes, que la población espera que ocurra el desastre para instituir ellos mismos mecanismos de recuperación.

Por último, debe destacarse que la protección civil posdesastre en la CDMX es hasta cierto punto adecuada, sin embargo, evitar el daño y no solo resarcirlo, será sustancialmente de mayor beneficio para la población, la cual, podrá prepararse por medio de métodos preventivos y de alerta ante alguna avería geológica que pueda afectar su vivienda.

6. Conclusiones

El análisis desde el componente teórico y metodológico es de suma importancia ya que las fallas geológicas existentes en la alcaldía Gustavo A. Madero se deben en mayor medida a la composición del suelo, contrastando lo anterior, con las alcaldías Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Tlalpan, las cuales, no cuentan con existencia de fallas geológicas; puntualizando que la presencia de socavones en las Miguel Hidalgo y Álvaro Obregón, es por la existencia de minas un hecho totalmente distinto.

Las fallas geológicas con base en lo ocurrido en San Juan de Aragón Ira Sección, evidencia que muy probablemente se intensificarán en la parte oriente de la alcaldía Gustavo A. Madero, sin embargo, también se deberá instaurar supervisión constante en las alcaldías Venustiano Carranza, Iztacalco, Iztapalapa y Xochimilco y Tláhuac ([Figura 2](#)).

Es muy importante utilizar mecanismos geoinformáticos y equipos electrónicos portátiles de muy alta sensibilidad, con el objetivo de conocer la existencia de grietas y establecer medias antes de su propagación, puntualizando que actualmente los detectores de gas radón son los más utilizados en dichos estudios.

La intervención de multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad, fomentará posibles soluciones a la problemática antes evidenciada, el tránsito permanente de información entre ciencias físicas y sociales, fomentando a que cada una de ellas analice componentes con la finalidad de evitar riesgos mayores por fallas geológicas; más aún cuando el posible aumento de tamaño y profundidad de dichas grietas pueda crear accidentes provocando decesos en la población.

La metodología y cartografía deberá implementar a futuro seguridad permanente en viviendas establecidas en sitios con algún grado de riesgo, el aporte del mapeo por medio de SIG fundará una contribución sustancial y preciso al momento de instaurar posibles reconfiguraciones urbanas o implementación de mecanismos de protección civil en la población, por ello, la importancia de estudiar cada uno de los componentes que deriven en una mayor avería inducida por fallas geológicas.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) derivado de los resultados parciales del proyecto de investigación de la estancia posdoctoral realizada gracias al Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM (POSDOC).

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. ACUÑA GAMBA, Eduardo José. Responsabilidad del Estado por fallas geológicas. En: Revista VIA IURIS. 2016. Vol. 21, pp. 47-67. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273950435005>
2. ALONSO MANUEL, Fausto; FITZ DÍAZ, Elisa; GUTIÉRREZ NAVARRO, Rodrigo. Estimación de desplazamiento mínimo en fallas inversas de alto ángulo: Caso de estudio en la Falla de San Marcos, Coahuila. En: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 2020. Vol. 72, no. 1. <https://doi.org/10.18268/bsgm2020v72n1a031019>
3. ATLAS NACIONAL DE RIESGOS. Zonificación Sísmica. 2023. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Sismo19sCDMX/>
4. BOLAÑOS GONZÁLEZ, José Iván. Reseña de Introducción a la fotointerpretación de Felipe Fernández García. En: Papeles de Geografía. 2003. Vol. 37, pp. 285-288. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40703720>
5. CONGRESO CDMX. Existen en la CDMX 591 sitios de fracturamiento o hundimiento del subsuelo. 2023. <https://congresocdmx.gob.mx/com-soc-existen-cdmx-591-sitios-fracturamiento-hundimiento-subsuelo-1891-1.html>
6. CONTRERAS, Manuel; WINCKLER, Patricio. Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de Febrero de 2010 en la costa central de Chile. En: Obras y proyectos. 2013. Vol. 14, pp. 6-19. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132013000200001>
7. ESCAMILLA CASAS, José Cruz. Reactivación de Fallas Geológicas en Respuesta al Cambio de los Esfuerzos en la Corteza: Ejemplos del Oriente de la Sierra de Pachuca. En: Pádi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI. 2019. Vol. 6, no. 12, pp. 81-85. <https://doi.org/10.29057/icbi.v6i12.3436>
8. GARDUÑO MONROY, Víctor Hugo; ARREYQUE ROCHA, Eleazar; ISRADE ALCÁNTARA, Isabel; RODRÍGUEZ TORRES, Gerardo. Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. En: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 2001. Vol. 18, no. 1, pp. 37-54. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57218102>
9. HERNÁNDEZ MARÍN, Martín; LÁRIZ MEDINA, María de Jesús. Actividad de una falla geológica superficial y registro de sus daños en edificaciones en Pabellón de Hidalgo, Aguascalientes. En: Investigación y Ciencia. 2015. Vol. 23, no. 66, pp. 22-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67446014004>
10. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. Conjunto de datos vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Fallas fracturas. 2002. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267605>
11. MENDOZA, Claudia. Falla geológica afecta 14 viviendas en San Juan de Aragón. En: El Sol de México. 2021. <https://www.elsoldemexico.com.mx/metropoli/cdmx/falla-geologica-afecta-viviendas-en-san-juan-de-aragon-grieta-fuga-de-agua-cdmx-gam-6484053.html>
12. MONTEZUMA, Dayana. Determinación de áreas de riesgo sísmico, Estado Sucre, Venezuela. En: Terra. 2011. Vol. 27, no. 42, pp. 13-45. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-70892011000200002&lng=es&tlng=es
13. PÉREZ GARCÍA, Juan Carlos. El crecimiento exponencial de las ciudades mexicanas del siglo XX y su impacto económico y social en el entorno. En: Horizontes de la Contaduría. 2014. Vol. 2. <https://www.uv.mx/iic/files/2018/01/17-C071148.pdf>
14. PÉREZ GAVILÁN, Juan José; AGUIRRE, Jorge; RAMÍREZ, Leonardo. Sísmicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México. En: Salud Pública de México. 2018. Vol. 60, supl. 1, pp. 41-51. <https://doi.org/10.21149/9300>
15. SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO. Sismología de México. 2017. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html>
16. ZAMBRANA, Xochitl. Peligro Sísmico de la falla geológica Aeropuerto, Margen este de la ciudad de Managua, Nicaragua. En: Revista Compromiso Social. 2021. Vol. 2, pp. 61-68. <https://doi.org/10.5377/recoso.v1i2.13328>