UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

RED INTEGRAL DE INFRAESTRUCTURA URBANA RESILIENTE (RIIUR) PARA COMPLEMENTAR LAS ETAPAS DE PREVISIÓN, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS DE DESASTRES

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A :

ING. JOSÉ MANUEL ARROYO MORENO

DIRECTOR DE TESINA: ING. ÁLVARO JORGE ORTIZ FERNÁNDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. 2024

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México que, a través del Programa Único de Especializaciones de Ingeniería, impartido en el Posgrado de la Facultad de Ingeniería, me ha brindado una formación integral de excelencia académica que siempre implementaré en mi trayectoria profesional y vida personal.

Mi más profundo agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por su invaluable apoyo y compromiso con el desarrollo científico y tecnológico de México. Su respaldo, a través del programa de becas, ha sido fundamental para la realización de esta tesina y mi formación como investigador.

Agradezco al Instituto de Ingeniería de la UNAM por ser formador de nuevas generaciones de ingenieros e investigadores de alta calidad comprometidos con el país, especialmente por contribuir con mi desarrollo profesional.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ing. Álvaro Jorge Ortiz Fernández por su invaluable apoyo y orientación como mi tutor y director de tesina. Su compromiso y calidad humana han hecho de este proceso una experiencia enriquecedora, permitiéndome crecer académica y personalmente. Aprecio enormemente su disposición para atender mis comentarios.

Agradecimiento especial al Dr. Eduardo Reinoso Angulo por la cátedra que me ha impartido, fundamental en el desarrollo de esta tesina, brindándome no solo conocimientos técnicos, sino también inspiración y confianza en mis capacidades. Este logro no habría sido posible sin su mentoría.

Finalmente, quiero agradecer lo que aprendí de mis compañeros y profesores, pues sus consejos, sin duda, ayudaron a forjar mi camino por el Posgrado de la Facultad de Ingeniería.

CONTENIDO

RESUMEN ..... **III**
ABSTRACT ..... **IV**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **V**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **V**
I INTRODUCCIÓN **1**
I.1 OBJETIVO 2
I.1.1 Objetivos específicos 2
I.2 ALCANCE 2
II RIESGO SÍSMICO PARA LA CIUDAD DE MÉXICO **3**
II.1 RIESGO SÍSMICO 4
II.1.1 ¿Por qué evaluarlo? 4
II.2 AMENAZA SÍSMICA 4
II.2.1 Efectos de sitio 4
II.3 EXPOSICIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO 8
II.3.1 Panorama sociodemográfico 8
II.3.1.1 Densidad de la población *8*
II.3.1.2 Características socioeconómicas *10*
II.3.1.3 Índice de desarrollo *13*
II.4 VULNERABILIDAD POR FACTORES FÍSICOS 14
II.4.1 Patologías estructurales 15
II.4.1.1 Tipos de patologías estructurales *15*
II.4.2 Efectos sísmicos en la infraestructura urbana 17
III PROPUESTA PARA LAS ETAPAS DE PREVISIÓN, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES **19**
III.1 ETAPAS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS DE DESASTRES (GIRD) 20
III.1.1 Previsión 20
III.1.2 Prevención 20
III.1.3 Mitigación 20
III.2 RED INTEGRAL DE INFRAESTRUCTURA URBANA RESILIENTE (RIIUR) 21
III.2.1 Requisitos del sistema 21
III.2.2 Seguridad, privacidad y soporte 21
III.2.3 Funcionalidades principales 27
III.2.3.1 Características de las propiedades *27*
III.2.3.2 Sección de aportaciones *30*
III.2.3.3 Análisis del riesgo sísmico *35*
III.2.3.4 RIIUR en fases de emergencia *38*
IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **40**
IV.1 CONCLUSIONES 41
IV.2 RECOMENDACIONES 41
REFERENCIAS **43**

RESUMEN

Este trabajo de tesina se conforma por una estructura de cuatro capítulos:
En el primer capítulo, ***Introducción***, se establece el objetivo general, los objetivos específicos, el alcance y el contenido de la tesina.

En el segundo capítulo, ***Riesgo Sísmico para la Ciudad de México***, se profundiza en la definición de riesgo, destacando cómo el riesgo sísmico se ve influenciado por factores como la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad. Se analiza la relación entre la densidad poblacional, el peligro sísmico y el valor de las propiedades en la ciudad, subrayando la importancia de implementar políticas y prácticas de construcción seguras para mitigar estos riesgos.

En el tercer capítulo, ***Propuesta para las Etapas de Previsión, Prevención y Mitigación de Riesgos de Desastres***, se presenta la plataforma de la Red Integral de Infraestructura Urbana Resiliente (RIIUR) como una herramienta clave para la gestión de riesgos. Se detallan las funcionalidades de la RIIUR, incluyendo cómo los consultores pueden censar inmuebles con daños después de un sismo y la importancia de realizar evaluaciones pre y post-sísmicas. Además, se discuten los criterios para rentar inmuebles luego de un sismo y las observaciones predeterminadas que la RIIUR ofrece para la evaluación de daños.

Finalmente, en el cuarto capítulo, ***Conclusiones y recomendaciones***, se reflexiona sobre los resultados de la investigación, se discute la importancia de aplicar lo planteado en el campo de estudio y se brindan recomendaciones puntuales. Se enfatiza la necesidad de una planificación urbana adecuada y la implementación de regulaciones efectivas para reducir el riesgo sísmico y mejorar la resiliencia de las comunidades frente a desastres. Además, se destaca el papel crucial de la RIIUR en la toma de decisiones informadas sobre propiedades y en la mejora de la respuesta ante emergencias sísmicas.

ABSTRACT

This dissertation consists of a structure of four chapters:

In the first chapter, ***Introduction***, the general objective, specific objectives, scope, and content of the thesis are established.

In the second chapter, ***Seismic Risk for Mexico City***, the definition of risk is explored in depth, highlighting how seismic risk is influenced by factors such as hazard, exposure, and vulnerability. The relationship between population density, seismic hazard, and property values in the city is analyzed, emphasizing the importance of implementing safe construction policies and practices to mitigate these risks.

In the third chapter, ***Proposal for the Stages of Disaster Risk Forecasting, Prevention, and Mitigation***, the platform of the Integrated Resilient Urban Infrastructure Network (RIIUR) is presented as a key tool for risk management. The functionalities of the RIIUR are detailed, including how consultants can assess properties with damage after an earthquake and the importance of conducting pre and post-seismic evaluations. Additionally, the criteria for renting properties after an earthquake and the default observations offered by the RIIUR for damage assessment are discussed.

Finally, in the fourth chapter, ***Conclusions and recommendations***, the results of the research are reflected upon, the importance of applying the proposed measures in the field of study is discussed, and specific recommendations are provided. The need for adequate urban planning and the implementation of effective regulations to reduce seismic risk and improve community resilience to disasters is emphasized. Furthermore, the crucial role of the RIIUR in making informed decisions about properties and improving the response to seismic emergencies is highlighted.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Amplificación de las ondas sísmicas por el efecto de sitio. 6
Figura 2. Mapa de zonificación geotécnica de la Ciudad de México 7
Figura 3. Mapa de densidad poblacional (hab./km^2) de la Ciudad de México. 9
Figura 4. Mapa de la densidad poblacional (hab./km^2) de la alcaldía Cuauhtémoc, CDMX. 10
Figura 5. Mapa con el valor del suelo por predio, alcaldía Cuauhtémoc, CDMX. 12
Figura 6. Mapa de la vulnerabilidad estructural (7,660 registros con año de construcción ≤ 2017, de 5 a 50 pisos de altura, presencia de planta baja débil, irregularidad en planta y efecto de esquina) en edificios de la colonia Centro, alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. 18
Figura 7. Pantalla de inicio de la RIIUR 22
Figura 8. Creación de perfil para usuario de la RIIUR 22
Figura 9. Selección del tipo de usuario 23
Figura 10. Perfil del arrendatario 24
Figura 11. Perfil del arrendador 24
Figura 12. Perfil del constructor 25
Figura 13. Perfil del consultor 25
Figura 14. Inicio de sesión 26
Figura 15. Exploración mediante mapa interactivo 28
Figura 16. Detalle de la selección de una propiedad 29
Figura 17. Condiciones de vulnerabilidad estructural de una propiedad 30
Figura 18. Opiniones de los usuarios de la RIIUR 31
Figura 19. Propiedades favoritas seleccionadas por un usuario de la RIIUR 31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistemas y elementos estructurales comúnmente implementados en México 14

I INTRODUCCIÓN

I.1 OBJETIVO

Prever, prevenir y mitigar el riesgo de desastre sísmico ante la vulnerabilidad física de la infraestructura situada en la zona del antiguo lago de la Ciudad de México (CDMX), mediante el uso de la Red Integral de Infraestructura Urbana Resiliente (RIIUR) para una toma de decisiones inmobiliarias a conciencia, especialmente en el caso de los inmuebles unifamiliares y multifamiliares ubicados en dicha zonificación geotécnica, y, con ello, garantizar la seguridad de las construcciones y de nuestras vidas.

I.1.1 Objetivos específicos

a) Desarrollar y poner en marcha la RIIUR para registrar detalladamente el estado (tanto al interior como al exterior) de las viviendas, especialmente de los elementos estructurales, logrando integrar una base de datos única que contenga información técnica del inventario de inmuebles, características geotécnicas del suelo y evaluaciones de riesgo en la zona del antiguo lago de la Ciudad de México con el fin de orientar a la población sobre los aspectos que se deben considerar respecto a la seguridad estructural de su patrimonio.

b) Implementar la RIIUR para desarrollar recomendaciones avaladas por ingenieros estructuristas expertos, dirigidas a usuarios que no posean conocimientos en materia de diseño estructural. Con ello, se busca fortalecer la resiliencia sísmica de las edificaciones existentes, así como la planificación de nuevas construcciones, integrando buenas prácticas sismorresistentes.

c) Colaborar de forma inter y multidisciplinaria con especialistas que puedan ofrecer su trabajo y ser reconocidos en la comunidad para implementar medidas de previsión, prevención y mitigación del riesgo de desastre cuando se requiera reconstruir, rehabilitar, demoler, etc. edificaciones críticas ubicadas en áreas de alto riesgo sísmico. Se pretende establecer mecanismos de difusión de información y concientización para asegurar que los actores clave (agentes inmobiliarios y desarrolladores) utilicen la RIIUR al tomar decisiones relacionadas con la compra, venta, renta, construcción de inmuebles, etc.

d) Hacer de la RIIUR una plataforma social, accesible y útil para todo público; incluyendo potenciales compradores, vendedores, arrendatarios, constructores, etc., proporcionando acceso a la información y comprensión el riesgo sísmico.

e) Evaluar periódicamente la efectividad de la RIIUR y realizar ajustes con el objetivo de mantener una herramienta dinámica y precisa que guíe las decisiones inmobiliarias de manera consciente y segura.

I.2 ALCANCE

Plantear una solución práctica y eficaz ante la oferta y la demanda de bienes inmuebles, concientizando a los usuarios de la RIIUR sobre la vulnerabilidad física que pueden tener las edificaciones para que tomen la mejor decisión inmobiliaria.

II RIESGO SÍSMICO PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

II.1 RIESGO SÍSMICO

El riesgo sísmico puede definirse como la medida del potencial impacto de las consecuencias derivadas de la ocurrencia de un fenómeno natural. Este "tamaño de las consecuencias" abarca aspectos económicos, sociales y humanos, incluyendo pérdidas materiales y daños a la infraestructura, así como el número de víctimas o heridos.

En esencia, el riesgo sísmico se compone de tres elementos interrelacionados: amenaza, exposición y vulnerabilidad. La amenaza se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un sismo y su intensidad; la exposición representa la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el área de riesgo; mientras que la vulnerabilidad se relaciona con la susceptibilidad de las estructuras y de la población a sufrir daños. Así, el riesgo sísmico se materializa como las posibles pérdidas que enfrenta una comunidad ante la interacción de estos tres componentes.

II.1.1 ¿Por qué evaluarlo?

La evaluación del riesgo adquiere una importancia crucial en la gestión integral de desastres, ya que proporciona una panorámica detallada de los posibles escenarios catastróficos que enfrenta una nación. Al indagar sobre el peor evento concebible y su posible impacto, se genera una conciencia profunda sobre los riesgos inminentes, permitiendo así la adopción de medidas proactivas para mitigar sus consecuencias. Esta evaluación no solo contempla los escenarios extremos, sino también considera las frecuencias e intensidades de eventos menores, lo que brinda una comprensión más holística de la vulnerabilidad y exposición de una comunidad.

Del mismo modo, al estimar las pérdidas económicas potenciales y el valor expuesto de los activos, se obtiene una perspectiva clara sobre la vulnerabilidad del tejido económico y la necesidad de fortalecer la infraestructura y los sistemas de protección. Esta evaluación no se limita únicamente a los aspectos materiales, sino que también aborda las posibles pérdidas humanas, lo que resalta la urgencia de implementar medidas de prevención y respuesta efectivas. En última instancia, la evaluación del riesgo no solo identifica las amenazas, sino que también guía la planificación estratégica a corto, mediano y largo plazo, fomentando la resiliencia y la capacidad de recuperación de una sociedad ante desastres futuros.

II.2 AMENAZA SÍSMICA

En las costas de la República Mexicana, frente al Océano Pacífico, ocurre la mayor actividad sísmica de México, gracias al choque de las placas oceánicas de Cocos y Rivera contra la placa continental de Norteamérica. En esta zona del país se generan sismos con bajas y medianas intensidades, mismos que tienen una probabilidad mayor de ocurrencia (50 años o menos) gracias a su periodo de retorno.

En cambio, sismos con intensidades altas cuyo periodo de retorno puede superar los 50 años, tienen una probabilidad menor de ocurrencia, aunque por ningún motivo deben despreciarse, pues basta con la ocurrencia de un solo sismo de estas características, entre otros factores, para que se generen daños considerables a la infraestructura urbana.

II.2.1 Efectos de sitio

A través del tiempo, México ha sido afectado por sismos que han provocado pérdidas humanas y daños materiales. Por ello, expertos en la materia han realizado estudios de microzonificación sísmica sobre la respuesta que se presenta en distintos tipos de suelos. Investigadores del Instituto de Ingeniería de la UNAM, como (Reinoso, 2007) han demostrado que los daños a las estructuras ocasionados por la actividad sísmica están influenciados por la respuesta dinámica del suelo al paso de las ondas sísmicas, las cuales sufren modificaciones por la presencia de diferentes tipos de materiales, principalmente en las zonas con suelos blandos, ocasionando su amplificación, como es el caso de la zona del antiguo lago de la Ciudad de México.

Los estudios de microzonificación sísmica tienen el objetivo de determinar el contenido de frecuencias naturales del suelo y tener una estimación preliminar de las amplificaciones relativas que pueden esperarse durante un sismo (ver Figura 1). Estos estudios incluyen los efectos inducidos por fallas, licuación, etc., valorando su riesgo. Esta respuesta de los suelos es conocida como efectos de sitio, mismos que están definidos por las características geomorfológicas y litológicas de cada región.

Los efectos de sitio son fenómenos geotécnicos y topográficos que amplifican o modifican la respuesta sísmica en una ubicación específica. Por ejemplo, en áreas de cañones, montañas o pendientes, las ondas sísmicas pueden experimentar reflexión y refracción, generando efectos de amplificación o atenuación. Además, los deslizamientos y deslaves, comunes en perfiles inestables, pueden alterar la estabilidad del terreno y afectar las infraestructuras de comunicación, como carreteras, aumentando el riesgo de colapso y bloqueo de vías importantes.

En suelos arenosos, la licuación es un peligro latente donde el suelo pierde su cohesión y capacidad de soporte, especialmente en granulometrías uniformes. Este fenómeno, exacerbado por el flujo vertical de agua, puede provocar deslizamientos y hundimientos catastróficos. Por otro lado, las arcillas, propensas a la amplificación dinámica, presentan contrastes de velocidad y densidad que influencian la respuesta sísmica. La geometría del valle también puede intensificar los efectos de sitio, concentrando y reflejando las ondas sísmicas.

Además, los cambios en la estructura superficial del suelo, como heterogeneidades entre sitios y la presencia de estructuras largas como puentes y conductos, pueden inducir movimientos diferenciales que aumentan la vulnerabilidad de las infraestructuras. En resumen, comprender estos efectos es crucial para evaluar y mitigar el riesgo sísmico, especialmente en áreas propensas a fenómenos geotécnicos y topográficos adversos.

La medición de los efectos de sitio es fundamental para el diseño y la construcción segura de obras de infraestructura urbana como presas, plantas nucleares, puentes y desarrollos inmobiliarios. Estos estudios son esenciales para elaborar reglamentos y normativas que garanticen la resistencia y la seguridad de las estructuras ante eventos sísmicos.

Para evaluar los efectos de sitio, se emplean diversas técnicas, entre las que destacan las observaciones macrosísmicas. Estas observaciones se basan en el análisis de sismos históricos, documentados a través de códices, relatos, periódicos, libros y tradiciones orales. Estudiar los efectos de sismos pasados permite comprender mejor cómo se comportan las ondas sísmicas en diferentes tipos de suelo y topografía, proporcionando información invaluable para la evaluación del riesgo sísmico.

Se consideran también los sismos recientes, que incluyen eventos ocurridos en fallas geológicas y estructurales, así como la presencia de conos de licuación. Estos datos son fundamentales para comprender los efectos específicos que pueden tener los eventos sísmicos en áreas urbanas y rurales, ayudando a identificar zonas de riesgo y a estimar posibles pérdidas económicas y humanas. En conjunto, estas mediciones y observaciones permiten desarrollar estrategias efectivas de prevención y mitigación del riesgo sísmico.

Los microtemblores son una herramienta crucial para estudiar la respuesta sísmica del suelo y evaluar los efectos de sitio en áreas urbanas y rurales. Estos eventos se caracterizan por movimientos sísmicos de baja amplitud, que pueden ser provocados por diversas fuentes, como el ruido ambiental generado por el tráfico, sismos distantes o vibraciones terrestres. La medición de microtemblores se lleva a cabo mediante dispositivos altamente sensibles que registran la velocidad del suelo durante varias horas y en diferentes condiciones, permitiendo identificar los periodos dominantes de vibración del suelo.

Los microtemblores pueden clasificarse en movimientos débiles y movimientos fuertes. Los movimientos débiles incluyen vibraciones provocadas por explosiones artificiales, eventos nucleares o réplicas sísmicas, siendo menos eficientes en suelos con comportamiento no lineal.

Para complementar los estudios de microtemblores, se realizan observaciones de campo y estudios in situ, que pueden incluir vuelos, fotografías aéreas e inspecciones detalladas del terreno. Además, se llevan a cabo estudios geológicos, geofísicos y de mecánica de suelos para comprender mejor las características del suelo y su respuesta ante eventos sísmicos. En áreas con presencia de cuerpos de agua, como lagos, es importante considerar la influencia del agua en la superficie y las características de los suelos subyacentes, como las arcillas, que pueden retener grandes cantidades de agua y afectar la respuesta sísmica del terreno, como ocurre en la Ciudad de México.

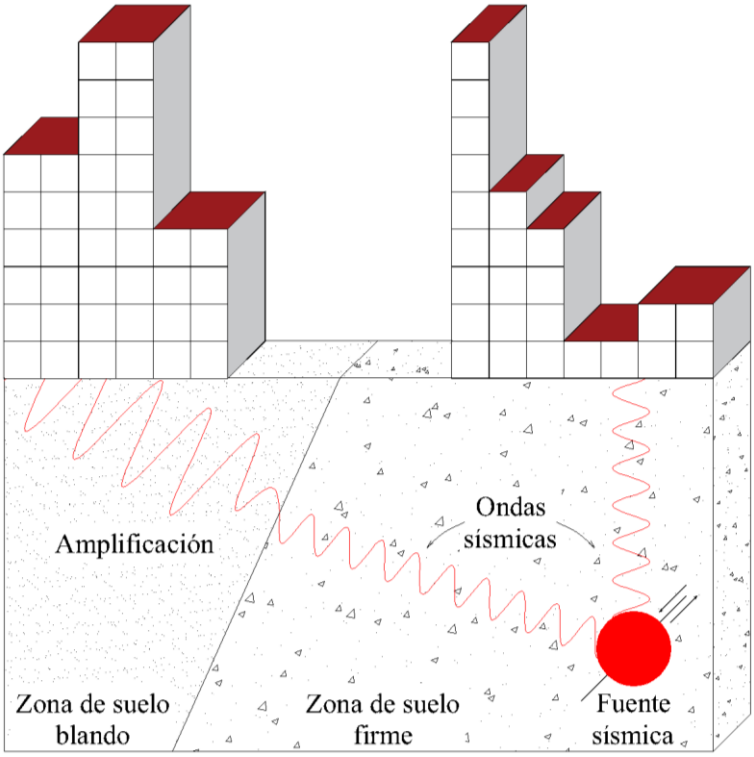

Figura 1. Amplificación de las ondas sísmicas por el efecto de sitio.

(modificado de Robles Mendoza et al., 2017)

Los estudios de microzonificación sísmica han permitido diferenciar zonas de riesgo sísmico en la Ciudad de México (ver Figura 2), la cual se divide en: 1) Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes; y 2) Lago, integrada por sedimentos de arcilla altamente compresibles.

Dado que los efectos de sitio son la consecuencia de las modificaciones que sufren las ondas sísmicas por la presencia del suelo blando, la Ciudad de México es particularmente vulnerable ante sismos de subducción porque el movimiento del terreno ocasionado por sismos presenta grandes amplificaciones e incrementos de duración en sitios ubicados en el antiguo lago, tomando como referencia las observaciones en la zona de lomas.

Investigaciones como Robles Mendoza *et al*., (2017) han demostrado que las estructuras pueden inducir amplitudes importantes en sitios con suelos blandos cuyos periodos fundamentales coinciden con los de la estructura; inclusive, pueden afectar el campo libre a grandes distancias. Por ello, prácticamente cualquier sismo de gran intensidad que ocurra en la zona de subducción representa un peligro para las estructuras erigidas en la zona lacustre de la ciudad.

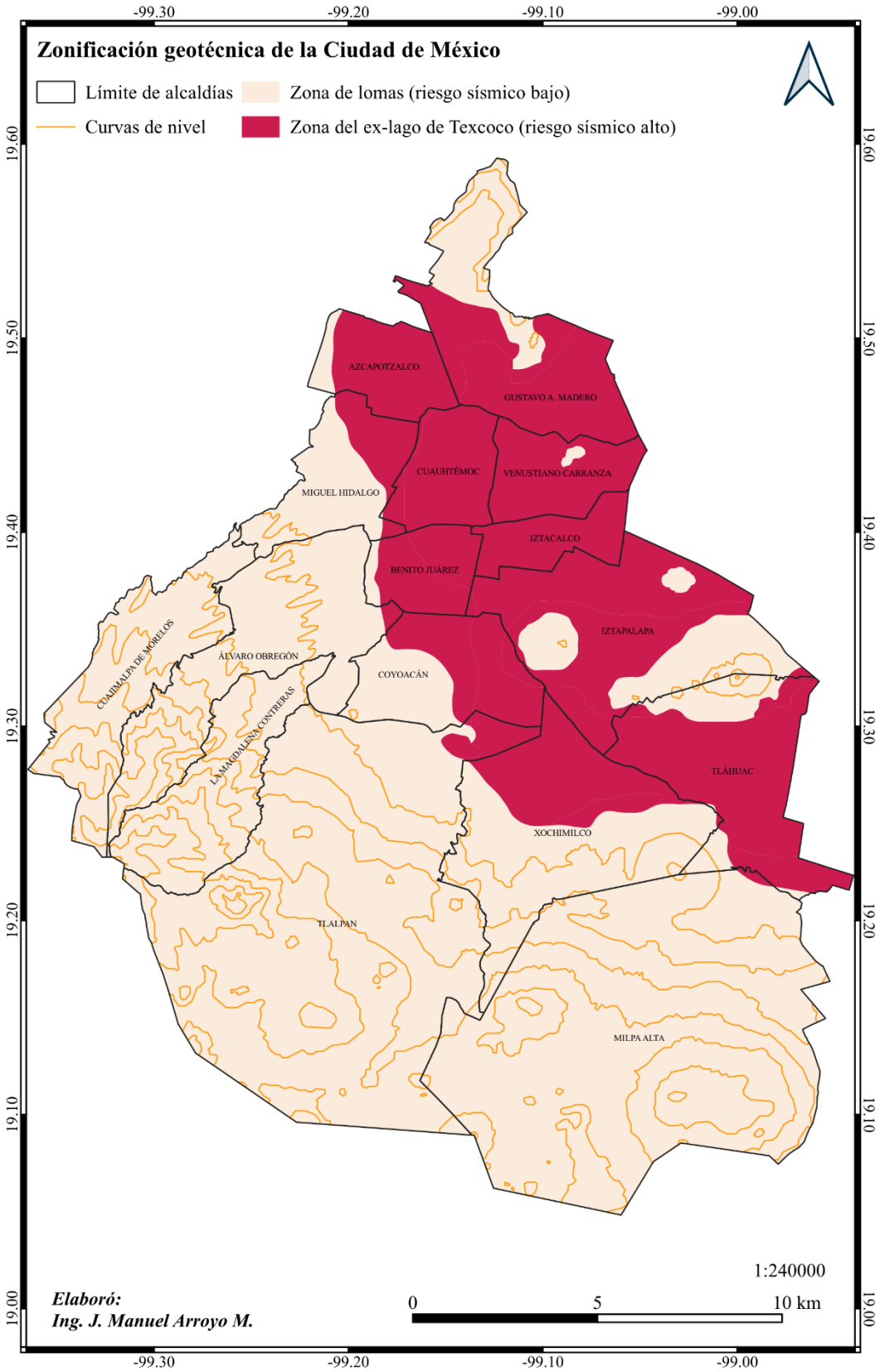

Figura 2. Mapa de zonificación geotécnica de la Ciudad de México

II.3 EXPOSICIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO

La exposición o el grado de exposición se define como la presencia de personas, bienes y sistemas en un lugar determinado que pueden sufrir daños. Generalmente, los daños se cuantifican en términos económicos, aunque no siempre se pueden traducir directamente en dichos términos. En algunos casos, se pueden utilizar medidas alternativas, como porcentajes de ciertos tipos de construcciones o incluso el número de personas que podrían resultar afectadas.

II.3.1 Panorama sociodemográfico

En un panorama sociodemográfico centrado en la exposición al riesgo sísmico de la Ciudad de México, es importante abordar varios aspectos que permitan comprender la interacción entre la amenaza sísmica y la población.

II.3.1.1 Densidad de la población

Para examinar la densidad de la población en diferentes áreas de la Ciudad de México, se utilizó información demográfica proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). De acuerdo con el INEGI, (2021), la Ciudad de México es una de las metrópolis más grandes y densamente pobladas del mundo (9 millones 209 mil 944 habitantes al 2020). La demarcación territorial Iztapalapa, con un millón 835 mil 486 habitantes, resulta ser la más poblada, seguida de Gustavo A. Madero con un millón 173 mil 51 habitantes y Álvaro Obregón con 759 mil 137 habitantes.

Para comprender la exposición al riesgo sísmico, se accedió a los datos del Censo Poblacional de la Ciudad de México y se realizaron cálculos para determinar el número de personas por kilómetro cuadrado. Se empleó el software de análisis geoespacial QGIS para mapear la distribución de la población y visualizar las áreas de alta concentración demográfica por manzana. Además, se calcularon estadísticas descriptivas para cada tipo de área, incluyendo la densidad de población promedio y la proporción de la población total que reside en cada una de ellas.

El proceso dio como resultado la generación del mapa presentado en la Figura 3, que destaca las manzanas con mayor densidad de población (en habitantes/km^2), lo que permite identificar zonas críticas donde el impacto potencial de un sismo podría ser significativo debido a la alta concentración de las personas.

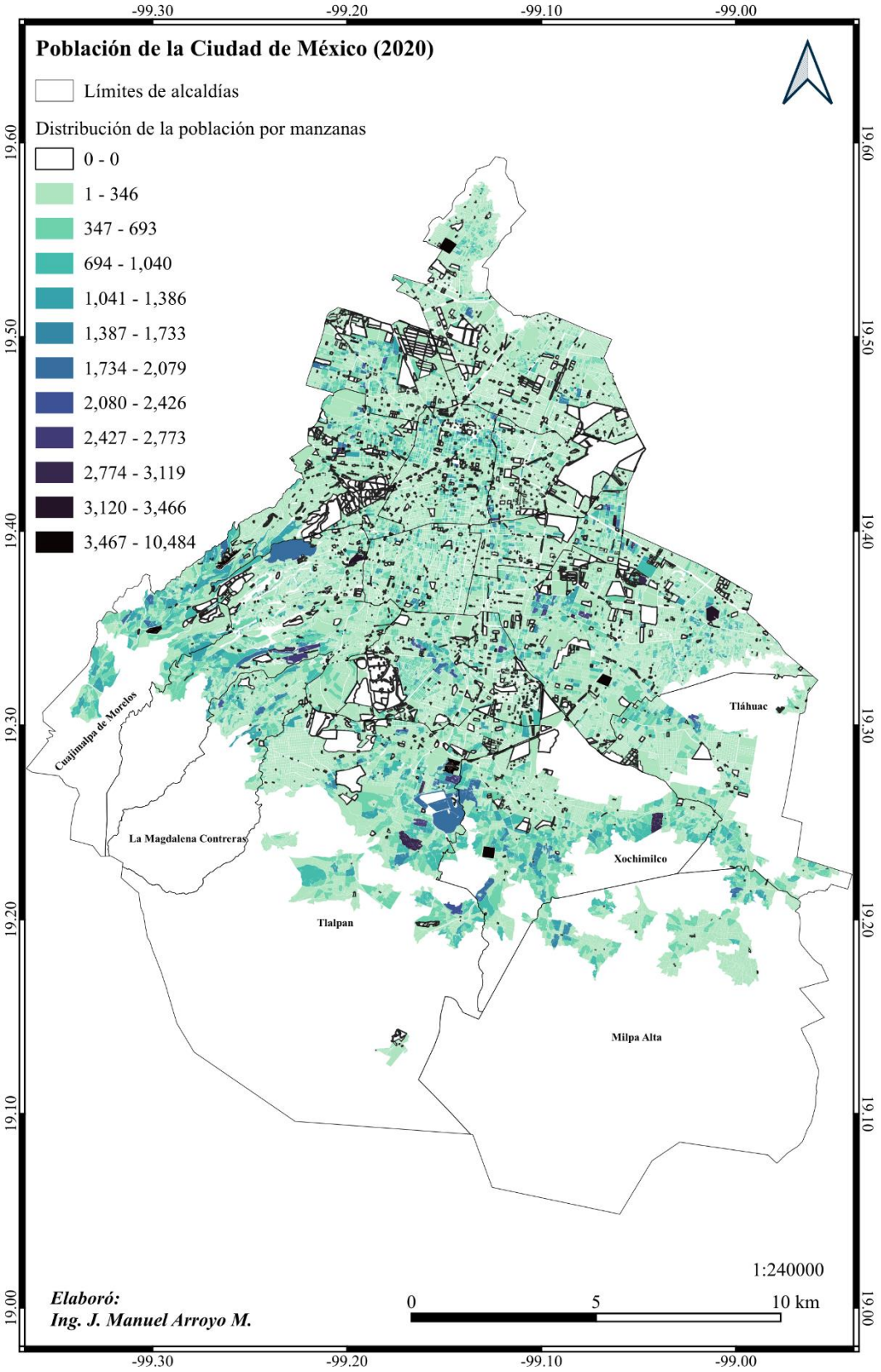

Figura 3. Mapa de densidad poblacional (hab./km^2) de la Ciudad de México.

De acuerdo con el mapa de la Figura 3, las alcaldías Iztacalco (17 mil 523 hab./km^2), Cuauhtémoc (16 mil 784 hab./km^2, ver Figura 4), Benito Juárez (16 mil 260 hab./km^2) e Iztapalapa (16 mil 220 hab./km^2) tienen una densidad superior a los 16 mil habitantes por kilómetro cuadrado.

La alta densidad de población puede atribuirse a varios factores, como la disponibilidad de empleo, la accesibilidad a servicios básicos y la proximidad con áreas comerciales. Estos factores hacen que las personas busquen establecerse en áreas con alta actividad económica, lo que a su vez aumenta la concentración demográfica.

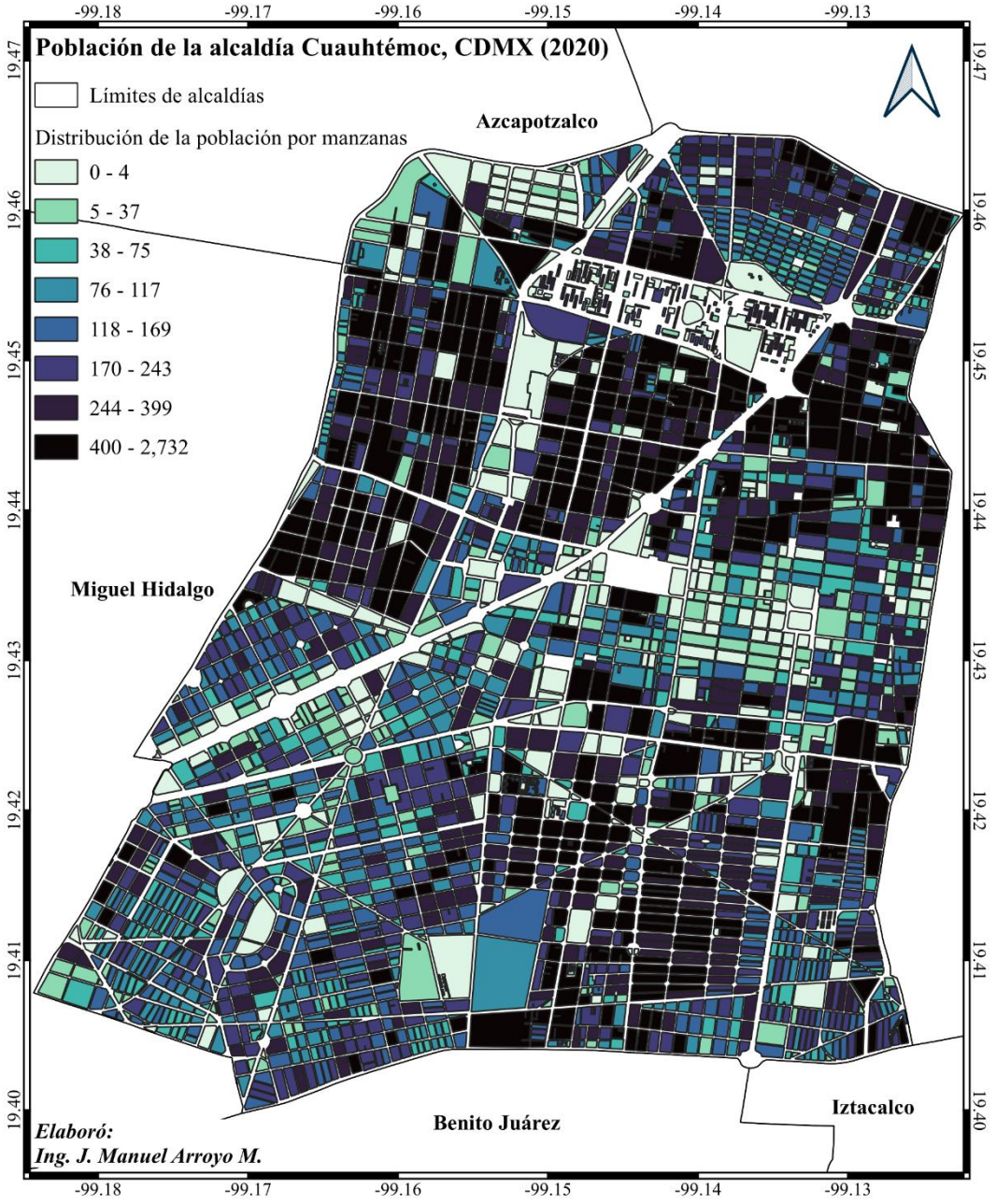

Figura 4. Mapa de la densidad poblacional (hab./km^2) de la alcaldía Cuauhtémoc, CDMX.

II.3.1.2 Características socioeconómicas

Una vez obtenida la densidad poblacional de la Ciudad de México, se superpuso dicha información con el mapa de la zonificación geotécnica de la Ciudad de México (ver Figura 2) para identificar cuáles son las alcaldías con una mayor densidad de población que también se encuentran en la zona sísmica desfavorable. Este análisis reveló que las alcaldías Iztacalco, Cuauhtémoc, Benito Juárez e Iztapalapa son las más densamente pobladas y están ubicadas en la zona del exLago de Texcoco (alto riesgo sísmico).

Después, se consultó el Catastro actualizado al 2024 de la Ciudad de México, a través de la Agencia Digital de Innovación Pública, (2023) para obtener información sobre el valor de cada lote. Al analizar los datos, se destaca que las manzanas con mayor valor por lote estaban asociadas con su ubicación céntrica, presencia de infraestructura, servicios desarrollados y otros factores socioeconómicos. Estas manzanas suelen contar con una mayor oferta de servicios públicos, como transporte, educación y salud, lo que aumenta su atractivo para la población y eleva la demanda de propiedades (incrementando la plusvalía).

Posteriormente, se crearon mapas para analizar el valor de la propiedad en la Ciudad de México. Para crear estos mapas, se recopilaron datos históricos de precios de venta de propiedades en diferentes áreas de la ciudad y se utilizaron técnicas de análisis geoespacial para identificar las zonas con los mayores incrementos en el valor de la propiedad.

Para obtener el valor monetario del suelo en cada manzana de la Ciudad de México, se multiplicó el valor unitario del suelo (precio por metro cuadrado) por la superficie total del predio de la construcción. El valor unitario del suelo se determinó utilizando información del mercado inmobiliario y factores como la ubicación, accesibilidad, servicios cercanos y características urbanas, proporcionados por el Catastro. Al multiplicar este valor por la superficie total del terreno se obtiene una estimación del valor total del suelo en esa área (ver Figura 5).

A manera de resumen, en la Figura 5 se muestra un mapa con el valor del suelo en pesos mexicanos para la alcaldía Cuauhtémoc. Gracias a este mapa, es posible observar que la gran mayoría de lotes en esta alcaldía tienen un valor alto. El elevado valor del suelo en la alcaldía Cuauhtémoc se debe a que esta alcaldía se encuentra en el corazón de la Ciudad de México, lo que la convierte en una ubicación altamente deseada. Esta ubicación estratégica la hace atractiva para una variedad de actividades económicas y residenciales. Cuenta con una infraestructura bien desarrollada y una amplia gama de servicios públicos, incluyendo transporte público eficiente, educación, salud, recreación y cultura.

La disponibilidad de estos servicios agrega valor a la propiedad y aumenta su atractivo para los residentes y empresas. La demanda de propiedades en la alcaldía Cuauhtémoc supera la oferta disponible de terrenos, lo que lleva a una competencia por el espacio limitado. Esta escasez de terrenos contribuye a elevar los precios del suelo y de las propiedades en general.

Además, es una de las alcaldías más antiguas de la Ciudad de México, lo que la ha llevado a un desarrollo urbano consolidado y diversificado. La presencia de una mezcla de usos de suelo, que incluye residencial, comercial, institucional y cultural, añade valor al área y la hace atractiva para una amplia gama de inversionistas y residentes.

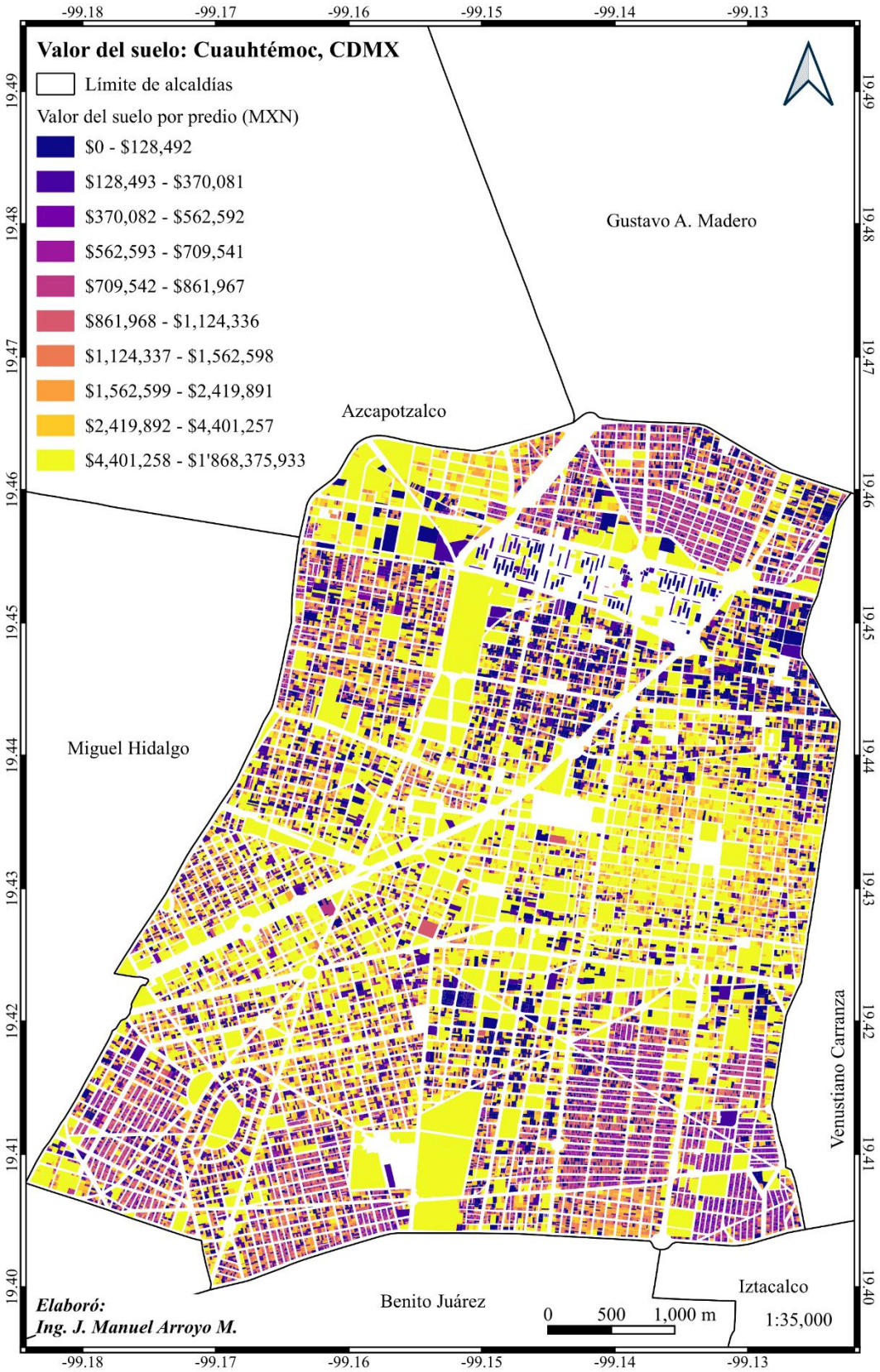

Figura 5. Mapa con el valor del suelo por predio, alcaldía Cuauhtémoc, CDMX.

II.3.1.3 Índice de desarrollo

Vivienda

El análisis del índice de desarrollo en la Ciudad de México se apoya en la construcción de viviendas como uno de sus principales indicadores. De acuerdo con el INEGI, (2021), durante el año 2020, se registró un total de 3 millones 35 mil 125 viviendas particulares en la CDMX. De estas, el 90.8% estaban habitadas, lo que representa un indicador positivo de ocupación residencial. Sin embargo, se identificó que un 6.8% de las viviendas estaban deshabitadas, mientras que un 2.4% tenían un uso temporal, lo que sugiere cierta fluctuación en la demanda de vivienda y posibles desafíos en términos de acceso a la vivienda permanente.

Un aspecto destacado es la variabilidad en el crecimiento de viviendas habitadas a lo largo de la última década en diferentes demarcaciones territoriales. En particular, Cuajimalpa de Morelos, Benito Juárez y Milpa Alta han exhibido las tasas de crecimiento medio anual más altas, con valores de 2.4%, 2.3% y 2.1%, respectivamente. Por el contrario, demarcaciones como Iztapalapa, La Magdalena Contreras, Gustavo A. Madero y Coyoacán muestran tasas de crecimiento inferiores al 1.0%, lo que sugiere disparidades en el desarrollo urbano y la demanda de vivienda en distintas áreas de la ciudad.

En cuanto a las características de las viviendas, se observa una tendencia positiva en la mejora de los materiales de construcción. En 2020, el 40.6% de las viviendas habitadas en la Ciudad de México contaban con piso de concreto, mientras que el 58.7% tenían pisos de mosaico, madera u otro recubrimiento. Es importante destacar que durante la última década se ha registrado un incremento significativo de 6.1% en el uso de materiales de revestimiento más duraderos y resistentes. Además, el porcentaje de viviendas con piso de tierra ha disminuido al pasar del 1.0% en 2010 al 0.6% en 2020, lo que sugiere avances en la calidad de los acabados de la vivienda y condiciones de vida de la población.

Sin embargo, es importante señalar que el porcentaje de viviendas con piso de tierra en la Ciudad de México sigue estando por debajo de la media nacional, que es del 3.5%. Esto indica la necesidad de continuar implementando políticas y programas que promuevan la construcción de viviendas con materiales adecuados y accesibles para toda la población, contribuyendo así a mejorar el índice de desarrollo urbano y la calidad de vida en la ciudad.

II.4 VULNERABILIDAD POR FACTORES FÍSICOS

La vulnerabilidad de las edificaciones frente a fenómenos perturbadores es una preocupación fundamental en la planificación urbana y la gestión del riesgo en la Ciudad de México. Esta vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de las estructuras a sufrir daños o afectaciones debido a la ocurrencia de eventos naturales, como sismos.

Se distinguen dos tipos principales de vulnerabilidad:

1. **Vulnerabilidad física**
   Se refiere a la capacidad de una estructura para resistir las fuerzas externas generadas por un fenómeno perturbador, como un sismo. Esta puede evaluarse cuantitativamente mediante pruebas de resistencia y análisis estructurales.
2. **Vulnerabilidad social**
   Es más compleja y se relaciona con factores socioeconómicos, educativos y culturales que influyen en la capacidad de las personas para enfrentar y recuperarse de los desastres.

A continuación, en la Tabla 1 se muestran los sistemas y elementos estructurales comúnmente implementados en México.

Tabla 1. Sistemas y elementos estructurales comúnmente implementados en México

Material				
Bajareque Madera	Mampostería (adobe, tabique recocido, piezas huecas, bloques de concreto)	Concreto reforzado (colado en sitio, prefabricado, presforzado/postensado)	Acero estructural	Mixto (acero y concreto reforzado)
Sistema estructural				
Muros de carga Marcos de madera	Muros de carga (sin confinamiento, confinada con castillos y dalas, reforzada interiormente, reforzada interiormente y confinada con castillos y dalas)	Muros de concreto, marcos de concreto, marcos de concreto con contravientos excéntricos o concéntricos, marcos con muros de concreto, marcos con muros diafragma	Marcos de acero, marcos de acero con contravientos excéntricos o concéntricos, marcos de acero con muros diafragma	Marcos de acero y concreto, marcos de acero y concreto con contraventeos excéntricos o concéntricos, marcos de acero y concreto con muros diafragma
Sistema de piso				
Vigas de madera	Vigas de madera, vigueta y bovedilla, loza maciza, losa plana reticular, losa prefabricada de concreto	Losa maciza, losa prefabricada de concreto, losa plana reticular, losa plana, losacero	Losa maciza, losacero, armadura con cubierta ligera	

Cimentación		
Sin cimentación, zapatas aisladas, zapatas corridas, losa de cimentación	Sin cimentación, zapatas corridas, losa de cimentación, pilotes	Zapatas aisladas, zapatas corridas, losa de cimentación, cajón de cimentación, pilotes

II.4.1 Patologías estructurales

Los daños en las edificaciones durante un sismo están relacionados, entre otras características, por la respuesta sísmica del suelo, que varía según las condiciones geológicas, topográficas y la rigidez del subsuelo. Por ello, como se mencionó al inicio de este capítulo, los estudios de microzonificación sísmica son fundamentales para comprender estas características locales del suelo y prever las amplificaciones sísmicas en áreas urbanas.

Aunado a lo anterior, en México, al menos dos de cada tres viviendas son informales, lo que significa que se construyen y/o modifican sin respetar los reglamentos de construcción y el uso de suelo. Estas viviendas suelen ubicarse en zonas inundables o en suelos inestables, lo que las hace más susceptibles a los desastres. Las experiencias pasadas de desastres sísmicos en todo el mundo han demostrado una relación directa entre el incumplimiento de los reglamentos de construcción y el grado de daño sufrido por las edificaciones.

La vulnerabilidad física de las edificaciones no solo está determinada por las características del suelo, sino también por las condiciones presentes en la estructura misma. Las patologías estructurales se presentan por defectos o anomalías durante la fase de diseño del proyecto, errores de supervisión y procesos constructivos en la obra y falta de supervisión durante la modificación y/o remodelación de elementos estructurales, mismos que juegan un papel crucial en la evaluación del riesgo sísmico.

II.4.1.1 Tipos de patologías estructurales

Una estructura con menor cantidad de patologías estructurales tiende a ser menos vulnerable ante eventos sísmicos, mientras que aquellas estructuras con múltiples deficiencias son más propensas a sufrir daños significativos. A continuación, se presentan las patologías más comunes:

- **Ampliaciones**
  Modificaciones a una estructura existente que pueden afectar su integridad estructural y su capacidad de resistir fuerzas sísmicas.

- **Año de construcción**
  Las edificaciones construidas antes de ciertos estándares de diseño sísmico pueden tener deficiencias y/o no cumplir con los requerimientos de la reglamentación más actual.

- **Autoconstrucción**
  Construcción de edificaciones sin la supervisión ni la asesoría adecuada de profesionales.

- **Cambios de rigidez en elevación**
  Variaciones en la rigidez de los elementos estructurales a lo largo de la altura del edificio, lo que puede generar concentraciones de tensiones y deformaciones durante un sismo.

- **Conexiones excéntricas**
  Uniones estructurales donde el centro de gravedad de los elementos conectados no coincide.

- **Daño causado por otro edificio**
  Puede ocurrir cuando un edificio cercano colapsa o sufre daños significativos durante un sismo, lo que puede afectar negativamente la estructura de edificaciones adyacentes.

- **Daños previos**
  Lesiones estructurales existentes en un edificio que pueden comprometer su integridad durante un evento sísmico subsiguiente.

- **Desplome**
  Cualquier deformación o inclinación excesiva en la estructura puede indicar problemas de estabilidad.

- **Edificio alargado**
  Edificaciones con una relación ancho-largo desproporcionada.

- **Efecto de columna corta**
  Ocurre cuando una columna es demasiado corta en relación con su sección transversal, lo que puede reducir su capacidad de carga y resistencia al corte.

- **Efecto de esquina**
  Aumento de las fuerzas sísmicas en las esquinas de los edificios, lo que puede causar daños significativos debido a la concentración de tensiones en estos puntos. Situación en la que las fachadas que dan a la calle principal tienen menos muros estructurales en comparación con las paredes que limitan con otros edificios o predios adyacentes. Esta disposición arquitectónica es común en edificios ubicados en esquinas o cuñas; donde las esquinas tienden a ser más abiertas o menos reforzadas en comparación con otras partes del edificio.

- **Emersión**
  Ocurre cuando las cimentaciones de un edificio quedan expuestas debido al hundimiento del terreno circundante.

- **Falta de mantenimiento**
  La ausencia de mantenimiento adecuado puede llevar a la degradación de la estructura con el tiempo.

- **Golpeteo**
  Ocurre cuando dos edificios adyacentes chocan entre sí durante un sismo debido a la falta de separación adecuada entre ellos.

- **Hundimientos**
  Movimientos verticales del terreno que pueden afectar la estabilidad de los cimientos y la estructura del edificio durante un sismo.

- **Irregularidad en planta**
  Deformaciones o discontinuidades en la distribución de las masas y rigideces en la planta del edificio.

- **Irregularidad vertical**
  Discrepancias en la altura o distribución de los pisos de un edificio. Las irregularidades geométricas en la distribución de masas y rigideces pueden aumentar la concentración de fuerzas y tensiones en ciertas áreas de la estructura, aumentando su vulnerabilidad.

- **Penetración en capiteles**
  Inserción de elementos estructurales, como columnas, en los capiteles de otras columnas.

- **Planta baja débil**
  Falta de rigidez o resistencia en la planta baja de un edificio, lo que puede comprometer su estabilidad durante un terremoto, especialmente en edificios altos.

- **Presencia de apéndices**
  Elementos no estructurales agregados a la edificación, que pueden aumentar la carga lateral y la susceptibilidad a los sismos.

- **Sobrecarga**
  Exceso de peso añadido a la estructura, ya sea durante la construcción o debido a modificaciones posteriores.

La combinación de una o más de estas patologías estructurales incrementa la vulnerabilidad física de una edificación frente a amenazas sísmicas. Estas deficiencias pueden debilitar la capacidad de la estructura para resistir las fuerzas y movimientos sísmicos, aumentando así el riesgo de colapso.

II.4.2 Efectos sísmicos en la infraestructura urbana

Para evidenciar la vulnerabilidad física de las estructuras ubicadas en la zona del exLago de Texcoco, se realizó un análisis detallado de los inmuebles utilizando datos del Catastro de la Ciudad de México, publicados por la Agencia Digital de Innovación Pública, (2023). Se eligió la colonia Centro de la alcaldía Cuauhtémoc debido a su ubicación en una zona históricamente vulnerable a sismos, su alta densidad poblacional y el valor actual del suelo. Con ello, se determinaron las características clave para identificar a los inmuebles que presentan una mayor vulnerabilidad física; estas características son: año de construcción menor o igual que 2017, de cinco a 50 pisos de altura, y la presencia de patologías estructurales como la planta baja débil, la irregularidad en planta y el efecto de esquina.

Se construyó una base de datos completa de todos los inmuebles del catastro para la alcaldía Cuauhtémoc, seleccionando aquellos que cumplen con las características mencionadas anteriormente. Este filtro permitió identificar 7,660 inmuebles en la colonia Centro que presentan dichas características y, por lo tanto, se consideraron como potencialmente más vulnerables ante un evento sísmico. Posteriormente, se utilizó la información del Catastro de la Ciudad de México para crear un mapa (ver Figura 6) donde se destacaron estos 7,660 inmuebles seleccionados. Este mapa visualiza de manera clara y gráfica la concentración de inmuebles con mayor riesgo sísmico en la zona de estudio.

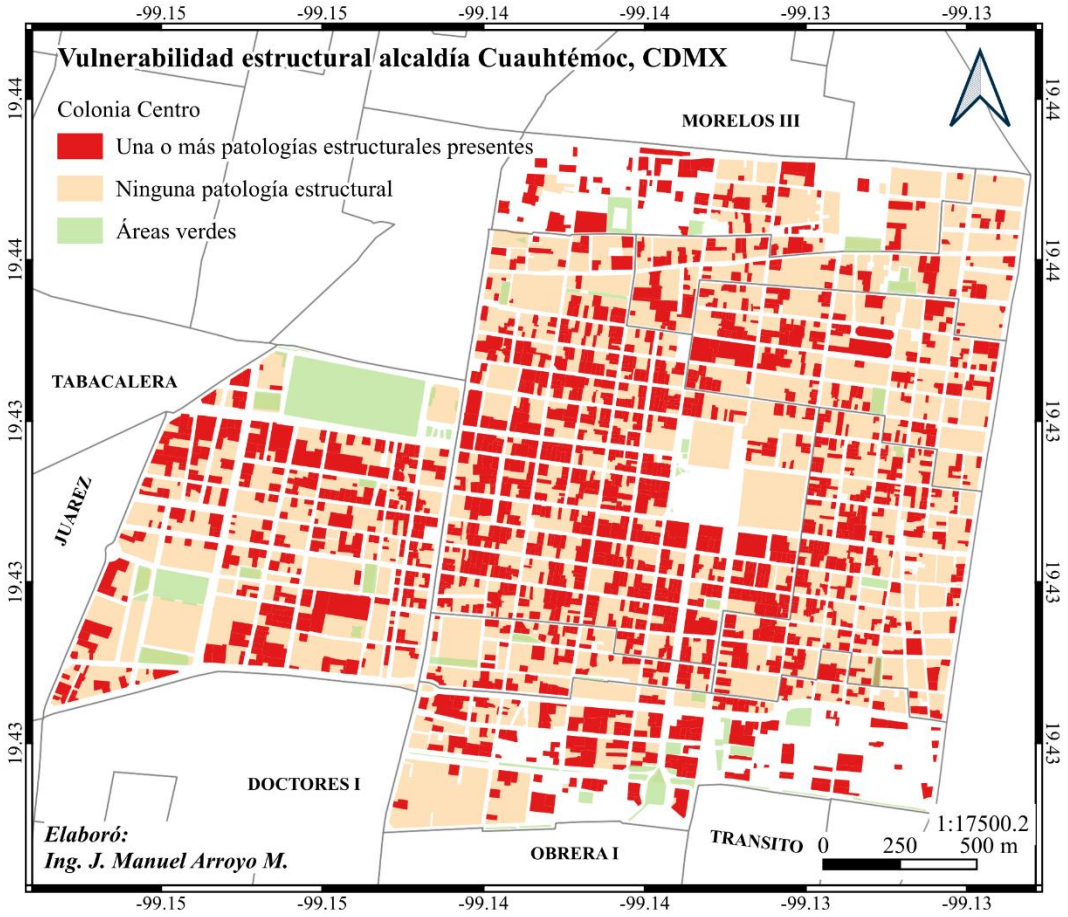

Figura 6. Mapa de la vulnerabilidad estructural (7,660 registros con año de construcción ≤ 2017, de 5 a 50 pisos de altura, presencia de planta baja débil, irregularidad en planta y efecto de esquina) en edificios de la colonia Centro, alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México.

Se plantea la posibilidad de replicar este análisis con todos los inmuebles ubicados en la zona del exLago de Texcoco y cargarlos en la base de datos de la RIIUR; lo que permitiría identificar de manera exhaustiva los inmuebles con mayor vulnerabilidad física en la ciudad y establecer estrategias de intervención y mitigación del riesgo sísmico a nivel urbano.

Este análisis resalta que los inmuebles que presentan una combinación de una o más de las características filtradas tienen un riesgo alto en comparación con aquellos que no las presentan. Esta información es fundamental para la toma de decisiones en materia de planificación urbana, políticas de vivienda y gestión del riesgo sísmico en la Ciudad de México.

III PROPUESTA PARA LAS ETAPAS DE PREVISIÓN, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

III.1 ETAPAS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS DE DESASTRES (GIRD)

La Gestión Integral de Riesgos de Desastres (GIRD) es un proceso fundamental para promover la seguridad y la resiliencia de las comunidades frente a eventos catastróficos. Las etapas clave de este proceso: previsión, prevención y mitigación de riesgos de desastres, constituyen la base para el desarrollo de estrategias efectivas que permitan anticipar, evitar y reducir los impactos adversos de los fenómenos naturales y antropogénicos.

III.1.1 Previsión

La etapa de previsión de riesgos de desastres consiste en la identificación y evaluación de las amenazas y vulnerabilidades presentes en una determinada área geográfica. Este proceso implica el análisis de diversos factores, como fenómenos naturales (sismos, huracanes, inundaciones, etc.), características del entorno (geología, topografía, uso del suelo, etc.) y condiciones socioeconómicas de la población. Dependencias como Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) lideran esta etapa mediante la recopilación de datos, la realización de estudios de riesgo y la emisión de alertas tempranas ante posibles eventos catastróficos.

III.1.2 Prevención

La etapa de prevención de riesgos de desastres se centra en la implementación de medidas y acciones destinadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de eventos catastróficos y minimizar sus impactos. Esto incluye el establecimiento y cumplimiento de normativas de construcción resistentes a sismos, la creación de zonas de exclusión en áreas de alto riesgo, la implementación de sistemas de alerta temprana, la promoción de la cultura de prevención y la educación pública sobre cómo actuar antes, durante y después de un desastre.

III.1.3 Mitigación

La etapa de mitigación de riesgos de desastres se enfoca en la reducción de los impactos negativos de los eventos catastróficos, ya sea mediante la implementación de medidas estructurales o no estructurales. Esto puede incluir la construcción de infraestructura de protección, la reubicación de comunidades en zonas de riesgo, la restauración de ecosistemas naturales que actúan como barreras naturales contra desastres, el fortalecimiento de sistemas de respuesta y recuperación, y el fomento de la resiliencia comunitaria.

III.2 RED INTEGRAL DE INFRAESTRUCTURA URBANA RESILIENTE (RIIUR)

La propuesta de una Red Integral de Infraestructura Urbana Resiliente (RIIUR), surge a partir de satisfacer la necesidad de acceder a una plataforma de consulta pública que tiene como objetivo brindar una solución innovadora y eficiente para abordar la oferta y demanda de bienes inmuebles en la zona del exLago de Texcoco, dentro de la Ciudad de México. La RIIUR se concibe como una plataforma tecnológica que permitirá a los usuarios tomar decisiones informadas y conscientes al momento de realizar transacciones relacionadas con inmuebles unifamiliares y multifamiliares en esta zona geográfica.

Su principal función será proporcionar acceso con información detallada y actualizada sobre la vulnerabilidad física de los edificios, así como los riesgos asociados con su ubicación geográfica y otras características de carácter inmobiliario. Esta plataforma no solo servirá como una herramienta de consulta pública, sino que también ofrecerá herramientas de análisis y evaluación de riesgos que permitirán a los usuarios comprender mejor la situación de cada inmueble y evaluar su nivel de vulnerabilidad ante eventos sísmicos u otros desastres. Además, la RIIUR integrará datos geoespaciales, estudios de microzonificación sísmica, información sobre normativas de construcción y otros datos relevantes para proporcionar una visión holística de la situación de cada propiedad.

La RIIUR busca promover una cultura de prevención y resiliencia entre los actores involucrados en el mercado inmobiliario, incluyendo compradores, vendedores, arrendadores, constructores y autoridades. Al concientizar a los usuarios sobre los riesgos potenciales y la importancia de considerar la vulnerabilidad estructural al tomar decisiones relacionadas con la propiedad inmobiliaria, se espera reducir la exposición a riesgos y minimizar los impactos negativos de los desastres en la comunidad.

III.2.1 Requisitos del sistema

Para acceder tanto a la plataforma web (visite: https://riiur.com/) como a la versión de aplicación móvil de la RIIUR (disponible próximamente), los usuarios deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ Dispositivo con acceso a internet.
- ✓ Los usuarios deberán contar con una dirección de correo electrónico válida para registrarse y crear una cuenta en la plataforma web de RIIUR.
- ✓ Para acceder a funciones adicionales y personalizadas, los usuarios deberán registrarse en la plataforma web proporcionando información básica, como nombre, dirección de correo electrónico y contraseña.

III.2.2 Seguridad, privacidad y soporte

III.2.2.1.1 Inicio de sesión y/o registro

Cuando un usuario accede por primera vez a la plataforma RIIUR (ver Figura 7), se le dará la opción de iniciar sesión si ya cuenta con una cuenta registrada. En caso de no tener una cuenta, se le ofrecerá la opción de registrarse proporcionando su dirección de correo electrónico y estableciendo una contraseña segura. Una vez completado este proceso, el usuario tendrá acceso completo a todas las funcionalidades de la plataforma.

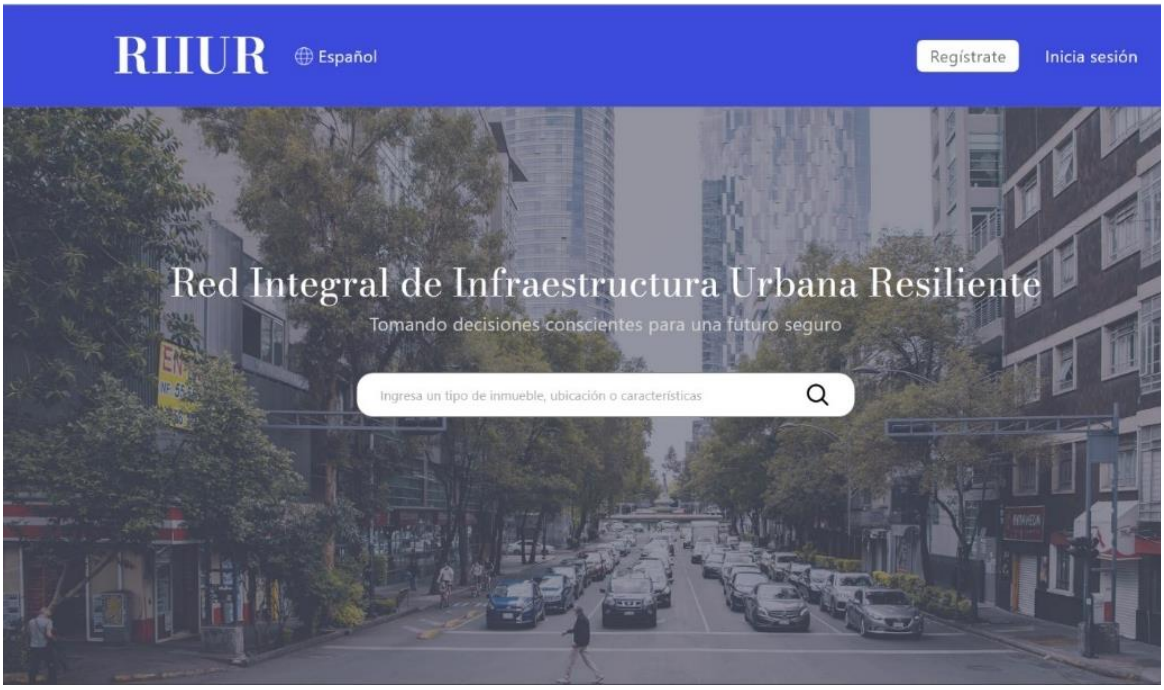

Figura 7. Pantalla de inicio de la RIIUR

III.2.2.1.2 Creación de perfil

Una vez que el usuario ha iniciado sesión o se ha registrado, se le pedirá que complete su perfil. Esto incluirá campos para ingresar información básica, como nombre completo, dirección de domicilio, número de teléfono, dirección de correo electrónico, entre otros, (ver Figura 8). Esta información será utilizada para personalizar la experiencia del usuario y para proporcionar un medio de contacto.

Figura 8. Creación de perfil para usuario de la RIIUR

III.2.2.1.3 Selección del tipo de usuario

Después de completar su información básica del perfil, el usuario deberá seleccionar el tipo de usuario que mejor se adapte a sus necesidades y actividades en la plataforma. Los tipos de usuario disponibles pueden incluir:

- Arrendatario: aquellos usuarios que están interesados en alquilar una propiedad inmobiliaria.
- Arrendador: usuarios que desean poner en alquiler sus propiedades.
- Constructor: profesionales o empresas dedicadas a la construcción y el desarrollo inmobiliario.
- Consultor: personas o entidades que brindan asesoramiento o servicios relacionados con bienes raíces y gestión de riesgos.

Dependiendo del tipo de usuario seleccionado, la plataforma adaptará las funcionalidades y herramientas disponibles para satisfacer sus necesidades específicas (ver Figura 9).

Figura 9. Selección del tipo de usuario

Es importante recopilar información detallada sobre los usuarios para ofrecer una experiencia personalizada y segura.

Para todos los tipos de usuario:

1. Nombre completo.
2. Correo electrónico.
3. Contraseña segura.
4. Contacto telefónico.

Arrendatario:

✓ Dirección actual.
✓ Historial de alquileres anteriores.
✓ Preferencias de búsqueda de inmuebles (número de habitaciones, ubicación, presupuesto, etc.).

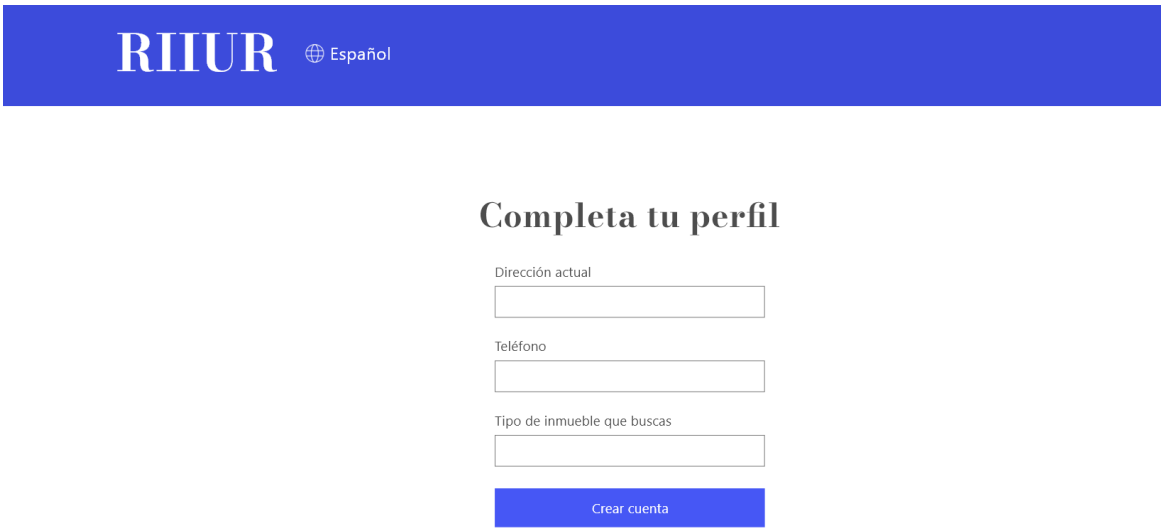

Figura 10. Perfil del arrendatario

Arrendador:

- ✓ Dirección de las propiedades que tiene disponibles.
- ✓ Información de contacto para los posibles inquilinos.
- ✓ Información sobre las condiciones de alquiler (precio, términos, etc.).

Figura 11. Perfil del arrendador

Constructor:

- ✓ Certificaciones o licencias profesionales.
- ✓ Especialidades o áreas de enfoque (residencial, comercial, infraestructura, etc.).
- ✓ Experiencia previa en la construcción (cédula profesional).
- ✓ Proyectos anteriores destacados.

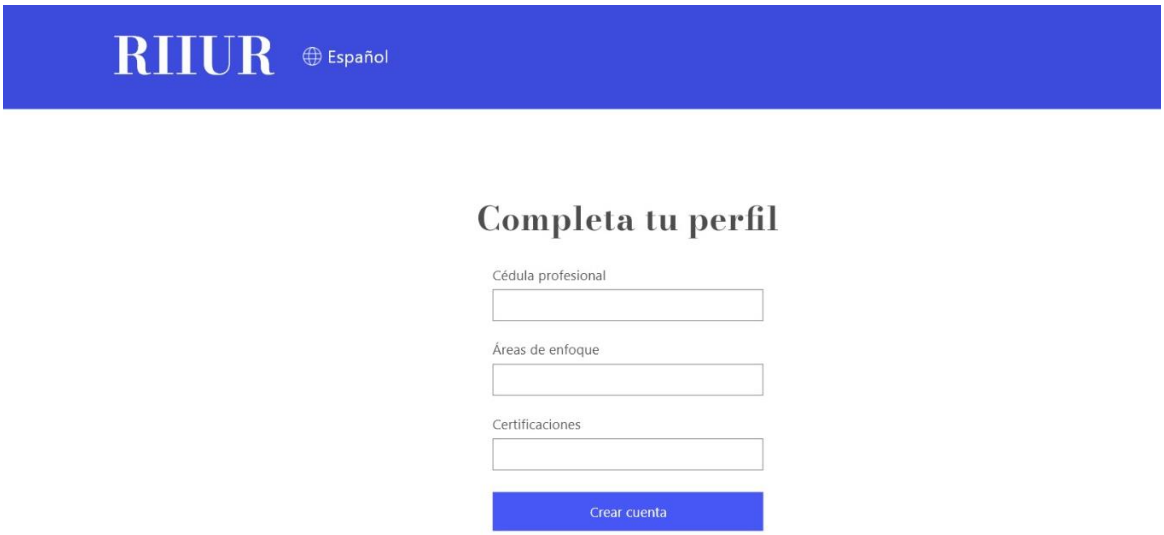

Figura 12. Perfil del constructor

Consultor:

- ✓ Áreas de especialización (evaluación de riesgos, inspección de inmuebles, etc.).
- ✓ Certificaciones o credenciales relevantes.
- ✓ Experiencia profesional en el campo de la consultoría inmobiliaria o estructural (cédula profesional).
- ✓ Reseñas o testimonios de clientes anteriores (opcional).

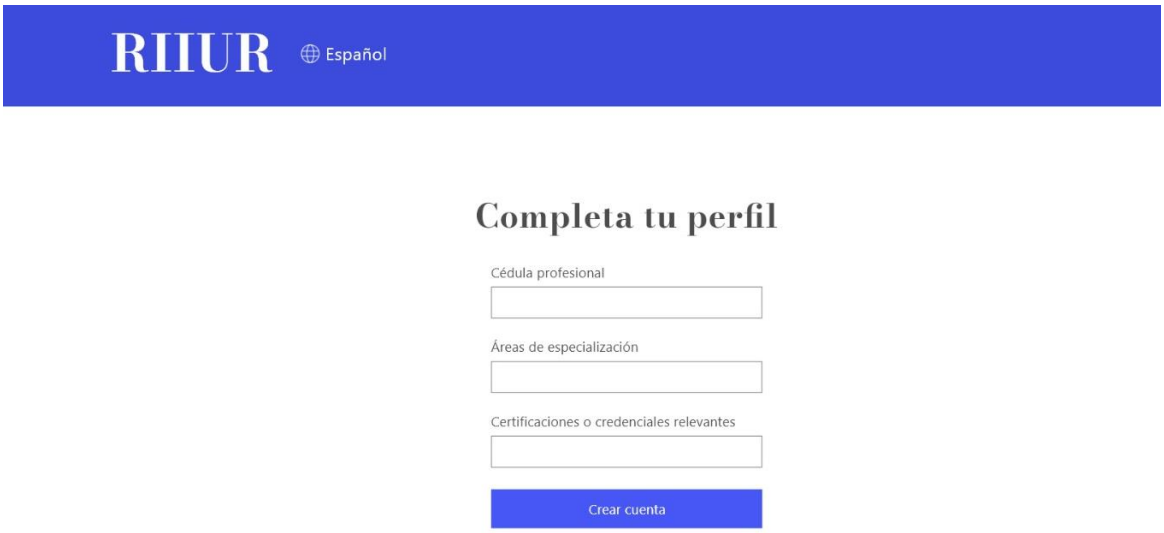

Figura 13. Perfil del consultor

Es importante recordar que la recopilación de datos cumple con las regulaciones de privacidad y protección de datos pertinentes, como la Ley de Protección de Datos Personales en México.

Una vez completados estos pasos, el usuario estará listo para comenzar a explorar la plataforma (ver Figura 14) y utilizar sus diversas herramientas y funciones para tomar decisiones informadas sobre transacciones inmobiliarias y gestionar los riesgos asociados con la propiedad de bienes raíces en la zona del exLago de Texcoco.

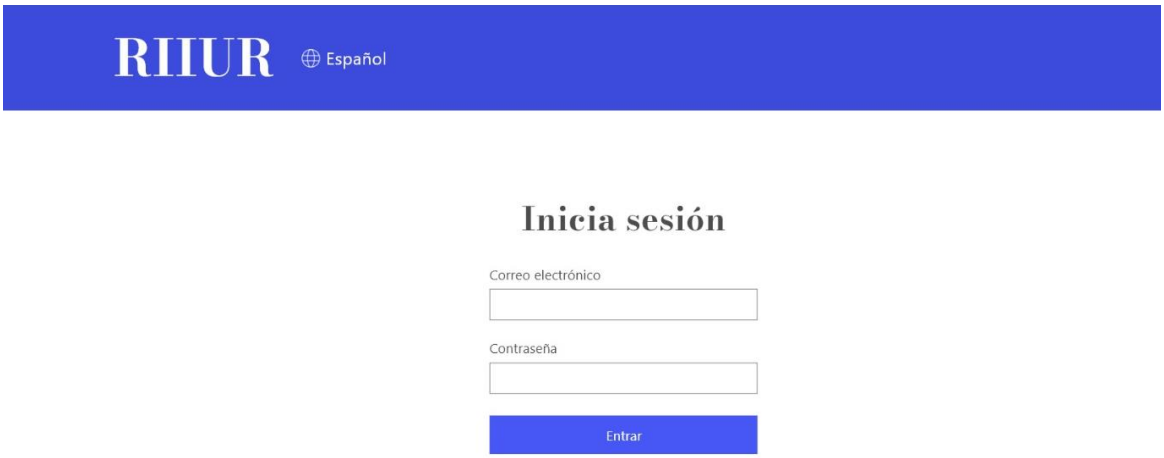

Figura 14. Inicio de sesión

III.2.2.1.4 Privacidad y soporte

Bienvenido a la plataforma de la Red Integral de Infraestructura Urbana Resiliente (RIIUR). A continuación, se detallan los términos y condiciones de uso de nuestro servicio. Al acceder y utilizar nuestra plataforma, usted acepta y se compromete a cumplir con los siguientes términos:

- **Aceptación de los términos**
  Al acceder y utilizar los servicios proporcionados por RIIUR, usted acepta estar obligado por estos términos y condiciones, así como por nuestra política de privacidad.

- **Descripción del servicio**
  RIIUR proporciona una plataforma para la gestión de riesgos de desastres y evaluación de inmuebles en la Ciudad de México. La plataforma permite a los usuarios:
  - Realizar evaluaciones pre y post-sísmicas.
  - Censar inmuebles con daños después de un sismo.
  - Consultar y publicar información sobre inmuebles, previa revisión y validación por consultores.
  - Recibir alertas y reportes sobre inmuebles con daños.

- **Registro y seguridad**
  Para utilizar ciertos servicios, es necesario registrarse y crear una cuenta. Usted se compromete a proporcionar información precisa y actualizada durante el proceso de registro. Es su responsabilidad mantener la seguridad de su cuenta y la confidencialidad de su contraseña.

- **Uso aceptable**
  Usted se compromete a utilizar la plataforma RIIUR únicamente para los fines permitidos por la ley y estos términos y condiciones. Está prohibido:
  - Publicar información falsa, inexacta o engañosa.
  - Interferir con el funcionamiento de la plataforma.
  - Utilizar la plataforma para cualquier actividad ilegal o no autorizada.

- **Publicación y revisión de contenidos**
  Los usuarios pueden añadir información sobre inmuebles, siempre y cuando exista evidencia y la publicación sea revisada y validada por un usuario con la etiqueta de "consultor". La plataforma emplea inteligencia artificial para realizar una primera revisión de los contenidos.

- **Propiedad intelectual**
  Todos los contenidos, marcas, logotipos y otros elementos distintivos de la plataforma RIIUR son propiedad de sus respectivos dueños. Usted no puede utilizar estos elementos sin el permiso expreso por escrito del titular correspondiente.

- **Privacidad y protección de datos**
  El uso de la plataforma RIIUR está sujeto a nuestra política de privacidad, la cual describe cómo recopilamos, utilizamos y protegemos sus datos personales. Al utilizar nuestros servicios, usted acepta la recopilación y el uso de sus datos conforme a nuestra política de privacidad.

- **Limitación de responsabilidad**
  RIIUR no se hace responsable de los daños directos, indirectos, incidentales o consecuentes derivados del uso o la imposibilidad de uso de nuestra plataforma. No garantizamos la exactitud, integridad o utilidad de cualquier información proporcionada a través de nuestra plataforma.

- **Modificaciones a los términos**
  RIIUR se reserva el derecho de modificar estos términos y condiciones en cualquier momento. Las modificaciones entrarán en vigor inmediatamente después de su publicación en la plataforma. Es su responsabilidad revisar regularmente los términos para estar al tanto de cualquier cambio.

- **Terminación**
  RIIUR se reserva el derecho de suspender o cancelar su cuenta y el acceso a nuestros servicios en cualquier momento y por cualquier motivo, incluyendo, pero no limitado a, el incumplimiento de estos términos y condiciones.

- **Ley aplicable**
  Estos términos y condiciones se rigen por las leyes de la Ciudad de México y cualquier disputa será sometida a la jurisdicción exclusiva de los tribunales competentes en la Ciudad de México.

- **Contacto**
  Para cualquier consulta o reclamación relacionada con estos términos y condiciones, puede ponerse en contacto con nosotros a través del correo electrónico de contacto.

Al utilizar nuestra plataforma, usted reconoce haber leído, comprendido y aceptado estos términos y condiciones.

III.2.3 Funcionalidades principales

La RIIUR funciona como una plataforma virtual donde los usuarios pueden explorar y encontrar propiedades disponibles para la venta, renta o construcción de inmuebles, etc.

III.2.3.1 Características de las propiedades

III.2.3.1.1 Búsqueda de propiedades

Los usuarios pueden utilizar filtros de búsqueda para especificar sus criterios, como ubicación, tipo de propiedad (casa, departamento, terreno, etc.), precio, tamaño, número de habitaciones, entre otros. Esto les permite refinar su búsqueda y encontrar propiedades que se ajusten a sus necesidades y preferencias.

III.2.3.1.2 Listado de propiedades

La plataforma mostrará un listado de propiedades que coinciden con los criterios de búsqueda del usuario. Cada propiedad se presenta con información detallada, como fotos, descripción, características principales (ubicación, tamaño, número de habitaciones, etc.), precio y detalles de contacto del vendedor o arrendador.

III.2.3.1.3 Exploración en mapa

Los usuarios pueden ver las propiedades en un mapa interactivo de la ciudad. Los usuarios pueden hacer clic en los marcadores del mapa para obtener más información sobre cada propiedad y ver su ubicación exacta (ver Figura 15).

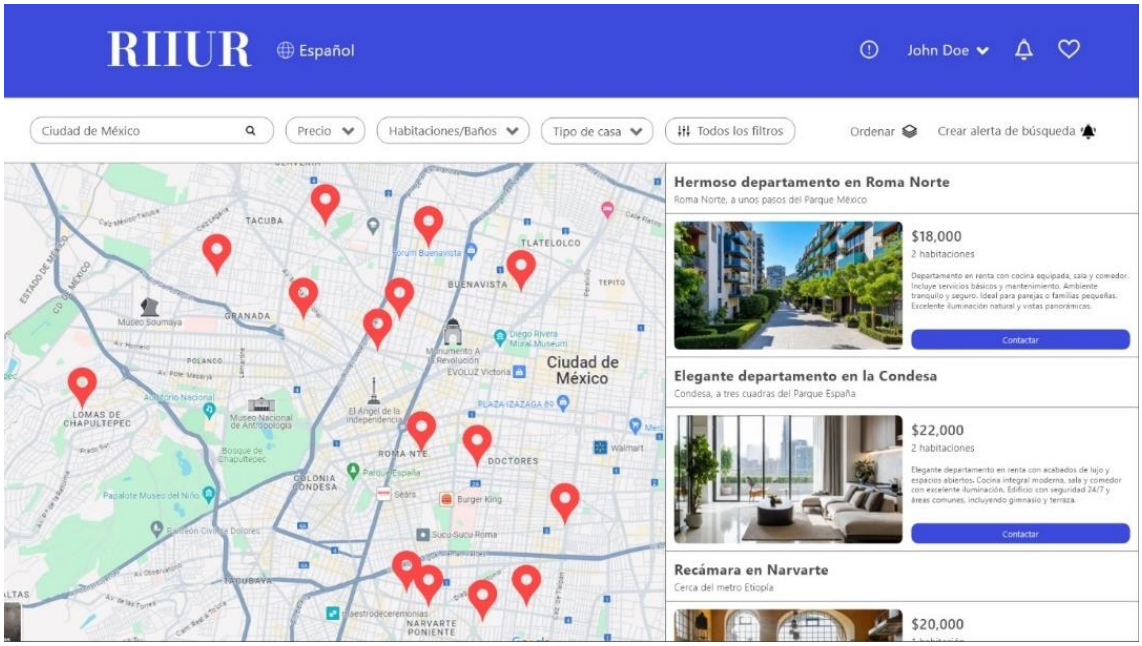

Figura 15. Exploración mediante mapa interactivo

III.2.3.1.4 Detalle de propiedad

Al hacer clic en una propiedad específica, los usuarios pueden acceder a una página de detalles donde encontrarán información más precisa sobre la propiedad, incluyendo fotos adicionales, descripciones más extensas, información sobre el vendedor o arrendador, información financiera (precio, impuestos, etc.), e incluso puede incluir detalles sobre la historia de la propiedad, su estado legal, y más (ver Figura 16).

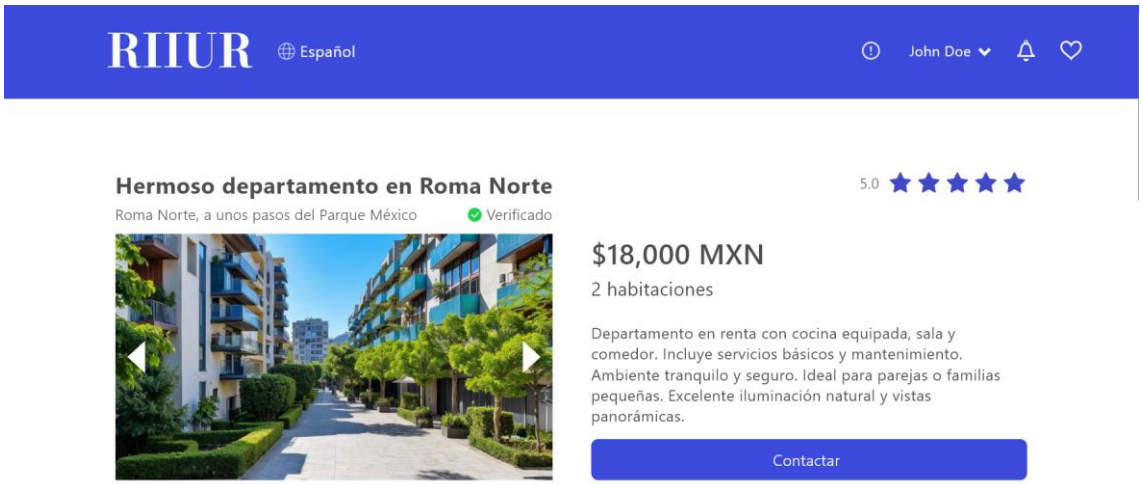

Figura 16. Detalle de la selección de una propiedad

Esta página está organizada en una tabla de atributos dividida en las siguientes secciones:

1. **Información financiera**
   En esta sección, se incluyen detalles relacionados con el valor comercial de la propiedad. Esto puede incluir el valor del predio, el valor de la propiedad o inmueble por metro cuadrado, el tamaño total de construcción en metros cuadrados, si la propiedad cuenta con un seguro contra daños por fenómenos naturales, historial fiscal público, historial de precios e impuestos, entre otros aspectos relevantes relacionados con el valor de mercado de la propiedad.

   Incluye detalles sobre la propiedad, si está sujeta a la compensación de la agencia compradora, y cualquier otra información financiera o de otro tipo relevante para la transacción (seguros contra daños, etc.).

2. **Condiciones de vulnerabilidad estructural**
   Aquí se proporciona información detallada sobre las condiciones estructurales de la propiedad (Figura 17). Esto incluye detalles como el sistema estructural utilizado, el año de construcción, el número de niveles, si ha habido cambios o remodelaciones, si se ha realizado alguna reconstrucción o rehabilitación, información sobre planos arquitectónicos disponibles, detalles sobre el residente de obra o ingeniero encargado del proyecto, así como cualquier patología o problemas estructurales relevantes que puedan afectar la seguridad o estabilidad de la propiedad y fotografías del antes y después de un sismo importante.

Figura 17. Condiciones de vulnerabilidad estructural de una propiedad

3. Utilidades

Esta sección destaca las características específicas de la propiedad y los servicios incluidos. Puede incluir detalles sobre características interiores, electrodomésticos y servicios públicos proporcionados, aspectos destacados de la casa, políticas sobre mascotas, disponibilidad de estacionamiento y garaje adjunto, información sobre sistemas de calefacción, entre otros.

Aquí se detallan aspectos relacionados con la accesibilidad y utilidades disponibles para la propiedad. Esto puede incluir el número de niveles de la propiedad, detalles sobre la entrada y accesibilidad, el tiempo que la propiedad ha estado en el mercado, detalles sobre la infraestructura eléctrica y otros servicios públicos disponibles para la propiedad, así como detalles sobre la comunidad y vecindario, incluida la ubicación y la región.

Además de estas secciones principales, la página de detalles puede incluir otros hechos o detalles adicionales sobre la propiedad, como el tipo de superficie de la carretera adyacente si es aplicable. Esta estructura organizada y detallada permite a los usuarios obtener una comprensión completa de la propiedad y tomar decisiones informadas sobre su compra, venta o alquiler.

III.2.3.2 Sección de aportaciones

III.2.3.2.1 Publicación de estados

Para garantizar la integridad y precisión de la información en la plataforma RIIUR, se implementará un proceso de validación y revisión colaborativa entre los usuarios. A continuación, se describe detalladamente cómo funcionará este proceso:

III.2.3.2.2 Agregar información por parte del usuario

Un usuario categorizado como "arrendatario" puede agregar información sobre un inmueble a la plataforma RIIUR. Para hacerlo, el usuario debe proporcionar evidencia válida que respalde la información que está compartiendo. Esto puede incluir documentos, fotografías, informes de inspección, entre otros.

Los usuarios pueden interactuar con el vendedor o arrendador directamente a través de la plataforma. Está permitido enviar mensajes directos, hacer llamadas telefónicas o programar visitas a las propiedades directamente desde la página (Figura 18).

Figura 18. Opiniones de los usuarios de la RIIUR

También pueden guardar propiedades para verlas más tarde, compararlas entre sí o recibir notificaciones sobre nuevas propiedades que coincidan con sus criterios de búsqueda (ver Figura 19).

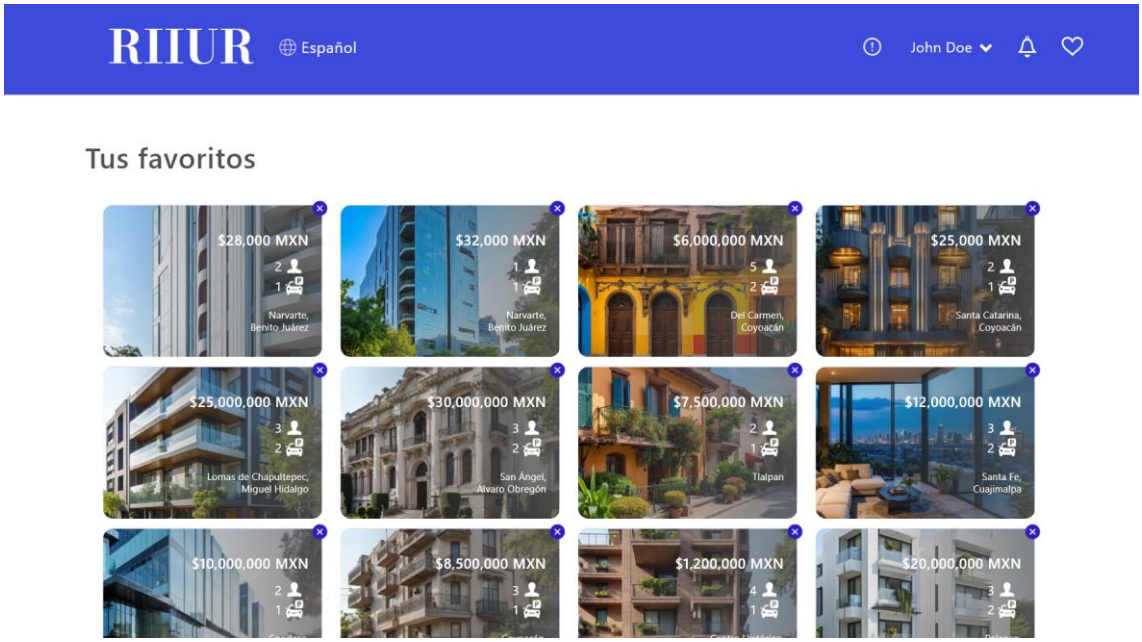

Figura 19. Propiedades favoritas seleccionadas por un usuario de la RIIUR

Cuando se genera una cita entre el usuario interesado y el encargado, dueño o propietario del inmueble, es importante que se proporcionen los documentos necesarios para garantizar la transparencia y la toma de decisiones informadas.

III.2.3.2.3 Datos del encargado

El encargado del inmueble debe proporcionar información completa y actualizada sobre sí mismo, incluyendo nombre completo, dirección de contacto, número de teléfono y dirección de correo electrónico. Esto permite al usuario establecer una comunicación efectiva y directa en caso de preguntas adicionales o seguimiento.

III.2.3.2.4 Reporte de daños por arrendatarios y terceros

Se debe proporcionar un informe detallado de cualquier daño o incidente previo causado por arrendatarios anteriores o terceros en el inmueble. Este reporte puede incluir descripciones de los daños, fechas de ocurrencia, acciones tomadas para abordar los problemas y cualquier documentación relacionada, como informes de inspección o reclamaciones de seguros.

El encargado del inmueble debe ofrecer una línea de ayuda directa con el Instituto de Seguridad de la Ciudad (ISC) u otra entidad relevante en caso de emergencia o consulta relacionada con la seguridad estructural del inmueble. Esto brinda al usuario la tranquilidad de contar con un recurso confiable en caso de necesidad.

Los usuarios de la plataforma RIIUR pueden ser parte de un proceso vital: la evaluación de la seguridad de los inmuebles ante los efectos de las amenazas. Para comenzar, el usuario inicia sesión en la RIIUR, comienza el proceso registrando el nombre o identificador del inmueble que se va a evaluar. Pero antes de dar el siguiente paso, se sumerge en la vasta base de datos de la RIIUR, buscando información previa sobre el histórico del inmueble y cualquier evaluación previa realizada. Con cada clic, se siente más confiado, sabiendo que está construyendo sobre una base sólida de conocimiento.

Con la información en mano, el usuario se adentra en el inmueble, explorando cada rincón con ojos agudos y mente alerta. Examina el sistema estructural, detecta la intensidad y ubicación del daño, y caracteriza cada elemento estructural y no estructural con meticulosidad. Cada grieta, cada desgaste, es registrado con precisión.

El usuario debe tomar una decisión crucial: declarar un aviso de seguridad para el inmueble. ¿Es visiblemente seguro, con acceso permitido para todos? ¿O acaso es dudoso, con restricciones en su uso y acceso? O peor aún, ¿es claramente inseguro, con acceso prohibido para evitar riesgos?

En caso de duda, el usuario solicita una revisión más detallada del inmueble, proporcionando toda la información necesaria a la RIIUR. La plataforma, con sus algoritmos avanzados y herramientas de análisis, entra en acción, estimando la seguridad estructural del inmueble ante las fuerzas sísmicas.

Así, cada evaluación pre y post-sísmica en la RIIUR se convierte en un capítulo más en la historia de seguridad y preparación de la ciudad, donde cada acción, cada decisión, contribuye a un futuro más resiliente y seguro para todos.

La RIIUR ofrece una gama de observaciones predeterminadas que ayudan a evaluar de manera precisa y rápida el estado de los inmuebles después de un sismo. Estas observaciones cubren una variedad de daños y riesgos, garantizando una evaluación integral y detallada de las condiciones del edificio.

- **Asentamiento diferencial o hundimiento**
  Es una observación clave que se refiere al movimiento desigual del terreno bajo el edificio, lo cual puede comprometer su estabilidad y seguridad estructural. Este fenómeno suele ser causado por la consolidación del suelo bajo cargas irregulares o cambios en el contenido de humedad del suelo.

- **Daños en instalaciones de gas**
  Son particularmente peligrosos debido al riesgo de explosiones o incendios. Evaluar y reparar rápidamente estos daños es crucial para prevenir mayores desastres y garantizar la seguridad de los ocupantes del edificio.

- **Daños en instalaciones eléctricas**
  Pueden llevar a cortocircuitos, incendios o electrocuciones. La inspección y reparación de estos sistemas son esenciales para restablecer la seguridad y funcionalidad del inmueble.

- **Daños en instalaciones hidrosanitarias**
  Pueden resultar en inundaciones internas, contaminación del agua potable o fallas en el sistema de drenaje. Estos daños, aunque menos peligrosos que los eléctricos o de gas, pueden causar problemas significativos y costosos si no se abordan de inmediato.

- **Daños moderados en elementos estructurales**
  Incluyen grietas y deformaciones que, aunque no catastróficas, pueden indicar problemas que necesitan ser monitoreados y reparados para evitar un deterioro mayor.

- **Daños moderados en elementos no estructurales**
  Como muros divisorios, acabados y cancelería, aunque no comprometen la estabilidad del edificio, afectan la habitabilidad y estética del inmueble.

- **Daños severos en elementos estructurales**
  Tales como columnas, vigas y muros de carga, representan un peligro significativo para la integridad del edificio. Estos daños requieren intervenciones urgentes y específicas para asegurar la estructura y prevenir colapsos.

- **Daños severos en elementos no estructurales**
  Incluyendo muros divisorios y acabados, pueden generar riesgos secundarios como la caída de escombros o la exposición a elementos peligrosos.

- **Derrumbe parcial**
  De una estructura indica una falla grave en una sección del edificio, mientras que un derrumbe total implica una pérdida completa de la integridad estructural, haciendo el inmueble inhabitable y extremadamente peligroso.

- **Deslizamiento de talud o corte**
  Se refiere a movimientos de tierra que pueden desestabilizar los cimientos y la estructura del edificio, particularmente en áreas con pendientes pronunciadas.

- **Edificación separada de su cimentación**
  Es una condición extremadamente peligrosa que puede hacer que el edificio colapse ante cualquier movimiento adicional del terreno.
- **Grietas en el subsuelo**
  Indican problemas subterráneos que pueden afectar la estabilidad de la edificación, mientras que la inclinación notoria de la edificación o de algún entrepiso sugiere que la estructura ha sido seriamente comprometida.

- **Otros peligros**
  Como líneas o ductos rotos y derrames tóxicos, representan riesgos adicionales que deben ser mitigados rápidamente para proteger a los ocupantes y el entorno.

- **Pretiles, balcones u otros objetos en peligro de caer**
  Representan riesgos inmediatos de lesiones para las personas en el área, y deben ser asegurados o removidos lo antes posible.

Estas observaciones predeterminadas de la RIIUR aseguran una evaluación exhaustiva y precisa, facilitando la toma de decisiones informadas para la reparación y ocupación segura de los inmuebles tras un sismo.

Finalmente, con el análisis completo, se imprime el resultado y se guarda en el historial del inmueble en la RIIUR. El usuario, consciente de su responsabilidad, se prepara para comunicar los resultados a la comunidad. Con claridad, ofrece recomendaciones y acciones a seguir, asegurando que todos estén informados y preparados para enfrentar cualquier desafío que la naturaleza les depare.

III.2.3.2.5 Inspecciones realizadas por un DRO después de un sismo importante

Se deben proporcionar informes de inspecciones realizadas por un Director Responsable de Obra (DRO / Perfil Consultor) después de eventos sísmicos importantes. Estos informes detallarán cualquier daño o compromiso estructural que haya ocurrido como resultado del sismo y las medidas correctivas que se hayan tomado para abordar estos problemas.

III.2.3.2.6 Inspecciones periódicas avaladas por un ingeniero civil capacitado

Además, se debe presentar un historial de inspecciones periódicas llevadas a cabo por un ingeniero civil capacitado, avalado y certificado. Estas inspecciones pueden realizarse en intervalos regulares para evaluar la salud estructural y la seguridad del inmueble a lo largo del tiempo. Los informes de estas inspecciones proporcionarán al usuario una visión actualizada del estado del inmueble y cualquier recomendación para mantenimiento o mejoras necesarias.

Al proporcionar estos documentos al usuario durante la cita, el encargado del inmueble demuestra un compromiso con la transparencia y la seguridad, y permite al usuario tomar decisiones informadas sobre la propiedad en cuestión.

La RIIUR adoptará estas características básicas de las plataformas de bienes raíces convencionales, pero con un enfoque adicional en la seguridad y la gestión de riesgos, proporcionando información específica sobre la vulnerabilidad estructural de las propiedades y los riesgos asociados con su ubicación geográfica.

Esto permitirá a los usuarios tomar decisiones más informadas y conscientes al momento de comprar, vender, rentar, construir o remodelar propiedades en la zona del exLago de Texcoco en la Ciudad de México.

III.2.3.2.7 Revisión por inteligencia artificial

Una vez que el usuario ha agregado la información del inmueble, esta pasa por un proceso de revisión inicial realizado por un sistema de inteligencia artificial integrado en la plataforma. La inteligencia artificial analizará la información proporcionada y verificará su coherencia y consistencia, así como la presencia de posibles anomalías o discrepancias.

III.2.3.2.8 Validación por consultores

Después de la revisión inicial por inteligencia artificial, la información del inmueble se envía a usuarios con la etiqueta de "consultor" para su validación final. Estos consultores son usuarios expertos y capacitados en la evaluación de la condición de los inmuebles y la identificación de posibles riesgos. Los consultores revisarán detenidamente la información proporcionada, verificando su precisión y completitud.

III.2.3.2.9 Selección de observaciones

Durante la revisión, los consultores tienen la capacidad de seleccionar observaciones específicas que describen el estado del inmueble. Estas observaciones incluyen una amplia gama de posibles problemas o riesgos, como derrumbes totales o parciales, daños estructurales o no estructurales, problemas en las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias o de gas, grietas en el subsuelo, entre otros. Los consultores seleccionarán las observaciones que consideren relevantes y necesarias para proporcionar una evaluación precisa del inmueble.

III.2.3.2.10 Aprobación y publicación

Una vez que la información del inmueble ha sido validada por los consultores, se considera apta para su publicación en la plataforma RIIUR. Los usuarios podrán acceder a esta información para tomar decisiones informadas sobre la compra, venta o alquiler de inmuebles, conociendo los posibles riesgos asociados.

Este proceso de revisión colaborativa garantiza que la información en la plataforma RIIUR sea precisa, confiable y útil para los usuarios, ayudándoles a comprender mejor el estado y los posibles riesgos de los inmuebles que están considerando.

III.2.3.3 Análisis del riesgo sísmico

III.2.3.3.1 Determinación del riesgo

Para determinar el riesgo asociado a un edificio seleccionado, la RIIUR puede realizar un cálculo basado en varios factores relevantes que afectan la vulnerabilidad estructural y la exposición a riesgos naturales. A continuación, se muestra un desarrollo detallado de cómo funciona este proceso:

III.2.3.3.2 Análisis de vulnerabilidad estructural

La RIIUR podrá evaluar la vulnerabilidad estructural del edificio utilizando información proporcionada en la sección de "Condiciones de Vulnerabilidad Estructural". Esto incluiría características como el año de construcción, el sistema estructural utilizado, la presencia de patologías estructurales, el historial de cambios o remodelaciones, entre otros. Cada una de estas características puede asignarse un puntaje según su contribución al riesgo sísmico y estructural.

III.2.3.3.3 Criterios para rentar el inmueble luego de un sismo

Recordemos que el dueño de la estructura es responsable de que el edificio posea la seguridad reglamentaria antes de que se pueda ocupar de nuevo. Es responsabilidad del propietario que el inmueble no sea un peligro para las construcciones vecinas o los espacios públicos (banquetas, vialidades, etc.).

Inmuebles permitidos

Después de un sismo, es fundamental establecer criterios claros para la renta de inmuebles, asegurando la seguridad y habitabilidad de estos. Los inmuebles que se consideren aptos para rentar deben cumplir con ciertos requisitos técnicos y estructurales, aunque es crucial enfatizar que el hecho de que un edificio sea considerado "permitido" para rentar no implica automáticamente que tenga un "riesgo bajo". Para una evaluación precisa y detallada, siempre se recomienda consultar con un experto a través de la plataforma RIIUR.

La estructura del inmueble debe ser capaz de resistir cargas gravitacionales sin una reducción apreciable de su capacidad y también debe poder resistir fuerzas laterales. Es vital que no haya desprendimientos o peligro de desprendimientos de elementos estructurales o no estructurales. Además, no debe haber evidencia de inestabilidad del terreno, lo cual podría comprometer la integridad del edificio en el futuro. Las entradas y salidas del inmueble deben estar libres y

despejadas, permitiendo una evacuación rápida y segura si fuese necesario. Asimismo, es esencial asegurarse de que no haya contaminación de agua por el drenaje y que no existan otras condiciones peligrosas que puedan poner en riesgo a los ocupantes.

En cuanto a los daños aceptables, pueden incluir grietas en el yeso o en los acabados de muros interiores o exteriores, siempre que estas no comprometan la estabilidad estructural del edificio. También es aceptable que elementos no estructurales, como un pretil, hayan caído completamente sin ofrecer un peligro significativo. La interrupción de servicios, como el suministro de agua potable, es otra situación aceptable, siempre y cuando se trabaje para restablecer estos servicios lo antes posible.

Las instalaciones del inmueble, como las eléctricas, mecánicas, e hidrosanitarias, no siempre pueden ser inspeccionadas a fondo desde el exterior. Si se sospecha de cualquier daño en estas instalaciones, es preferible consultar con un experto a través de la RIIUR. Es importante tener en cuenta que futuras réplicas del sismo pueden causar nuevos daños que obliguen a reevaluar el estado del inmueble. Por ello, antes de proceder con la renta, es crucial realizar una revisión exhaustiva y, si hay cualquier sospecha de que la estructura pueda sufrir daños adicionales en futuras réplicas, se debe consultar nuevamente con un experto a través de la RIIUR para garantizar la seguridad de los futuros inquilinos.

Inmuebles restringidos

En el contexto de la RIIUR, es fundamental clasificar y gestionar adecuadamente los inmuebles que presentan algún tipo de restricción de acceso tras un sismo. Los inmuebles restringidos pueden subdividirse en varias categorías basadas en el nivel de riesgo y la extensión del acceso permitido.

Cuando un inmueble presenta desprendimientos o el peligro de desprendimientos en una parte específica del edificio que no afecta a otras áreas, es necesario imponer restricciones de acceso a esas partes específicas. En tales casos, se debe acompañar de un Croquis de Áreas Restringidas que identifique claramente las áreas afectadas. Además, si hay evidencia de contaminación de agua potable en una parte del edificio, se debe prohibir el uso de agua potable en esa área restringida.

En ciertos casos, el acceso al edificio debe ser restringido completamente al público en general. Sin embargo, es posible permitir el ingreso de personal autorizado para realizar entradas breves y supervisadas con el fin de retirar documentos importantes de valor legal o comercial, objetos de valor, o pertenencias personales. Este acceso debe estar estrictamente controlado y supervisado para garantizar la seguridad de todos los involucrados.

Dentro de la plataforma RIIUR, es crucial señalar claramente las Áreas Inseguras Restringidas. Estas áreas deben ser delimitadas o acordonadas mediante cintas plásticas y letreros que adviertan del peligro. En el Formato y Aviso de la RIIUR, se deben especificar otras acciones necesarias para mitigar cualquier peligro identificado en esas áreas. Esto puede incluir la colocación de barreras adicionales, la implementación de medidas de seguridad temporales, o la programación de inspecciones adicionales.

Las partes del inmueble que no han sido inspeccionadas deben ser señaladas como Áreas Inseguras y marcadas como restringidas. Estas áreas deben ser acordonadas para evitar el acceso no autorizado y garantizar que los ocupantes y visitantes del edificio estén al tanto del riesgo potencial. La RIIUR debe actualizar constantemente esta información para reflejar el estado más reciente de las inspecciones y las evaluaciones de riesgos, proporcionando así una herramienta valiosa para la gestión de emergencias y la toma de decisiones informadas.

La gestión adecuada de inmuebles restringidos en la RIIUR no solo protege a los ocupantes y visitantes del edificio, sino que también facilita una respuesta eficiente y organizada en situaciones

de emergencia. Esta clasificación y señalización detallada ayudan a minimizar los riesgos asociados y permiten una intervención más efectiva por parte de las autoridades y los equipos de rescate.

Inmuebles prohibidos
La prohibición de renta de un inmueble se basa en criterios estrictos que buscan garantizar la seguridad de los ocupantes y la estabilidad estructural del edificio. En la RIIUR, los inmuebles se clasifican como prohibidos bajo diversas circunstancias, detalladas a continuación:

El acceso al edificio está completamente prohibido si supone un riesgo significativo de heridas o muerte. Esto se aplica en situaciones donde:

- **Edificios vecinos**
  Presentan un peligro inminente de colapso, lo que podría afectar directamente al inmueble en cuestión.
- **Factores externos**
  Amenazan la estabilidad del edificio, como la inestabilidad de laderas que podría provocar deslizamientos de tierra.
- **Potencial de inundación**
  Debido a daños en infraestructuras cercanas como diques o presas, representando un riesgo de inundación severa.
- **Otros riesgos**
  Como árboles en peligro de caer, fugas de gas, derrames de materiales peligrosos, líneas eléctricas caídas o expuestas, y agrietamiento generalizado del terreno alrededor o debajo del edificio.

Un edificio que presenta daños estructurales graves es clasificado como prohibido para la renta. Los factores estructurales que obligan a esta prohibición incluyen:

- **Colapso total**
  Dejando la estructura completamente inutilizable.
- **Colapso parcial**
  De componentes cruciales como muros, columnas o techos, comprometiendo seriamente la estabilidad y seguridad del inmueble.
- **Inclinación visible**
  Del edificio o de alguno de sus entrepisos, indicando una falla estructural significativa.
- **Daños severos**
  En elementos estructurales clave, como columnas, muros o vigas, evidenciados por grietas grandes o exposición del acero de refuerzo.
- **Desprendimientos de concreto o mampostería y pandeo de muros**
  Indica una pérdida considerable de la capacidad portante de estos elementos.
- **Daño significativo en las cimentaciones**
  Comprometiendo la integridad del edificio desde su base.

En todos estos casos, la prohibición de renta se justifica para prevenir posibles accidentes o desastres mayores. La RIIUR se asegura de que esta información esté actualizada y disponible para todos sus usuarios, proporcionando una herramienta esencial para la gestión de riesgos y la toma de decisiones informadas en situaciones de emergencia. La seguridad de los ocupantes y la integridad estructural del inmueble son siempre las prioridades fundamentales en esta clasificación.

III.2.3.3.4 Evaluación de la ubicación y entorno

Además de las características del edificio en sí, la ubicación del edificio y su entorno también pueden influir en el riesgo asociado. La RIIUR podría tener en cuenta factores como la geología del área, la exposición a inundaciones, la proximidad a fallas sísmicas o zonas de alto riesgo sísmico, así como la densidad poblacional y la infraestructura crítica cercana. Estos factores pueden contribuir a la clasificación de riesgo del edificio.

III.2.3.3.5 Historial de desastres y daños previos

La plataforma puede consultar bases de datos históricas de desastres y daños previos para evaluar el riesgo potencial del edificio. Esto incluiría información sobre terremotos pasados, inundaciones, deslizamientos de tierra u otros eventos catastróficos que hayan afectado la zona. Si el edificio ha sufrido daños previos en eventos similares, esto podría aumentar su clasificación de riesgo.

III.2.3.3.6 Cálculo de la clasificación del riesgo

Una vez que se recopila toda esta información, la RIIUR puede utilizar algoritmos y modelos de evaluación de riesgos para calcular un puntaje de riesgo para el edificio seleccionado. Este puntaje se basaría en la combinación de factores de vulnerabilidad estructural, exposición a riesgos naturales y otros elementos relevantes. Con base en este puntaje, el edificio puede ser clasificado como de bajo, medio o alto riesgo.

III.2.3.3.7 Visualización y recomendaciones

Finalmente, la RIIUR puede mostrar la clasificación de riesgo del edificio al usuario de manera clara y comprensible, posiblemente utilizando un sistema de colores o iconos para indicar el nivel de riesgo. Además, la plataforma puede proporcionar recomendaciones específicas para mitigar o reducir el riesgo identificado, como medidas de refuerzo estructural, mejoras en la infraestructura o protocolos de seguridad adicionales.

III.2.3.4 RIIUR en fases de emergencia

En la fase de emergencias de la RIIUR, los usuarios con la etiqueta de "Consultores" juegan un papel crucial en la evaluación y censo de inmuebles dañados después de un sismo. Este proceso está diseñado para maximizar la eficiencia y precisión en la recopilación de datos, facilitando la respuesta rápida y efectiva por parte de las autoridades.

Una vez que un sismo ha ocurrido, los consultores de la RIIUR son notificados y desplegados a las áreas afectadas. Al llegar a un inmueble con posibles daños, el consultor primero registra su visita mediante la aplicación móvil de la RIIUR. Este registro incluye detalles como la dirección exacta del inmueble, la hora de llegada, y la identificación del consultor. Esta primera acción asegura que cada visita queda documentada y evita duplicaciones en el censo de inmuebles.

El siguiente paso es realizar una evaluación exhaustiva de los daños en el inmueble. El consultor inspecciona tanto los elementos estructurales como los no estructurales del edificio. Esto incluye revisar las condiciones de las columnas, vigas, muros de carga, y otros componentes críticos para la estabilidad del inmueble. Además, se evalúan los daños en elementos no estructurales como muros divisorios, acabados, instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, y de gas. Durante esta inspección, el consultor utiliza la aplicación móvil para documentar los hallazgos, tomando fotografías y anotando observaciones detalladas sobre el estado del inmueble.

Una vez completada la evaluación, el consultor censa el inmueble, ingresando toda la información recopilada en la base de datos de la RIIUR. Esta información incluye una descripción detallada de los daños, tanto estructurales como no estructurales, y cualquier evidencia visual que respalde los hallazgos. La plataforma permite al consultor clasificar el nivel de daño del inmueble y emitir recomendaciones sobre su uso futuro. Estas clasificaciones pueden variar desde "visiblemente seguro" (uso permitido), "dudoso" (uso y acceso restringidos), hasta "claramente inseguro" (acceso prohibido).

La RIIUR procesa esta información y emite un reporte a todos sus usuarios, alertando sobre los inmuebles que presentan algún tipo de daño. Esta notificación inmediata permite a las autoridades y al público en general tener una visión clara de la situación, facilitando la toma de decisiones informadas y la asignación eficiente de recursos. Además, esta metodología digitalizada y

centralizada evita la redundancia de censos y asegura que cada inmueble sea evaluado solo una vez, optimizando el tiempo y esfuerzo de los consultores.

Al implementar este sistema, la RIIUR revoluciona la manera en que se realizan las evaluaciones de daños post-sismo, proporcionando una solución moderna y eficaz que mejora significativamente la capacidad de respuesta ante emergencias y la gestión de desastres en la Ciudad de México.

IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1 CONCLUSIONES

En la presente tesina se ha desarrollado una propuesta integral para las etapas de previsión, prevención y mitigación de riesgos de desastres, enfocándose en el contexto urbano y sismológicamente vulnerable de la Ciudad de México. La Red Integral de Infraestructura Urbana Resiliente (RIIUR) surge como una plataforma innovadora destinada a mejorar la toma de decisiones respecto a la compra, venta, renta y gestión de inmuebles, basándose en evaluaciones detalladas de riesgos estructurales y no estructurales.

La presencia de una densidad de población elevada en áreas urbanas de la Ciudad de México incrementa significativamente el riesgo sísmico. Durante un sismo, la probabilidad de daños a la infraestructura y de víctimas potenciales es más alta en lugares densamente poblados. Este fenómeno subraya la necesidad de una planificación urbana que tenga en cuenta no solo la distribución de la población, sino también la vulnerabilidad estructural de los edificios.

En este estudio, se realizó un análisis geoespacial que combina datos demográficos y socioeconómicos para comprender mejor la relación entre la densidad poblacional, el peligro sísmico y el valor de la propiedad en la Ciudad de México. Los resultados de este análisis resaltan la importancia de tener un enfoque integrado para la gestión de riesgos que incluya tanto la evaluación técnica de las edificaciones como la consideración de factores socioeconómicos.

Es crucial abordar esta vulnerabilidad a través de la implementación de políticas y regulaciones efectivas, así como de la promoción de prácticas de construcción seguras y resistentes, con el objetivo de reducir el riesgo y mejorar la resiliencia de las comunidades frente a los desastres. La reducción de las patologías estructurales es una medida importante para mitigar el riesgo sísmico y proteger la vida y la propiedad en áreas propensas a eventos sísmicos. Por lo tanto, es fundamental identificar, evaluar y abordar estas patologías mediante inspecciones y reparaciones adecuadas.

Implementar el proceso del análisis del riesgo permitirá a los usuarios de la RIIUR tomar decisiones informadas sobre la compra, venta, renta o construcción de propiedades, considerando adecuadamente el riesgo asociado a cada edificio. Si se cuenta con una amplia información del inmueble, se evitarán incertidumbres y, en caso de un desastre, será posible realizar una inspección forense detallada que permita entender mejor las causas y consecuencias del daño sufrido.

IV.2 RECOMENDACIONES

a) Implementación y mejora continua de la RIIUR
Desarrollar e implementar la plataforma RIIUR tanto en su versión web como móvil, asegurando que sea accesible y fácil de usar para todos los tipos de usuarios (arrendatarios, arrendadores, constructores y consultores). Además, establecer un sistema de retroalimentación continua para mejorar la funcionalidad y la precisión de la información proporcionada.

b) Capacitación y educación
Proporcionar capacitación a los usuarios sobre el uso de la RIIUR y la interpretación de los datos que ofrece. Esto incluye la formación en la identificación de daños estructurales y no estructurales, así como en la realización de evaluaciones pre y post-sísmicas. La educación sobre la importancia de la prevención y mitigación de riesgos también debe ser una prioridad.

c) Colaboración con autoridades y expertos
Fomentar la colaboración estrecha con autoridades gubernamentales, ingenieros civiles, arquitectos y otros expertos en la gestión de riesgos de desastres. La validación y actualización de los datos en la RIIUR deben ser realizadas por profesionales calificados para garantizar la fiabilidad de la información.

d) Incorporación de tecnología avanzada

Utilizar tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial para mejorar la precisión en la evaluación de daños y la clasificación de riesgos. La IA puede ayudar a filtrar y validar las observaciones hechas por los usuarios, asegurando que la información publicada sea precisa y útil.

e) Desarrollo de políticas públicas

Se recomienda que las autoridades adopten políticas públicas que apoyen el uso de la RIIUR y otras herramientas similares para la gestión de riesgos de desastres. Esto incluye la promoción de regulaciones que obliguen a realizar evaluaciones estructurales periódicas y la implementación de medidas de mitigación basadas en las evaluaciones de riesgo.

f) Ampliación del alcance

Considerar la expansión de la RIIUR a otras ciudades y regiones que enfrentan riesgos sísmicos similares. La plataforma puede ser adaptada para abordar otros tipos de desastres, proporcionando un modelo integral de gestión de riesgos aplicable en diversas circunstancias.

g) Monitoreo continuo y evaluaciones regulares

Establecer un sistema de monitoreo continuo que permita actualizaciones regulares sobre el estado de los inmuebles, así como la realización de evaluaciones estructurales periódicas para identificar y corregir patologías antes de que se conviertan en riesgos mayores.

REFERENCIAS

Agencia Digital de Innovación Pública. (2023). *Sistema Abierto de Información Geográfica (SIGCDMX)*. Gobierno de la Ciudad de México. https://sig.cdmx.gob.mx/

INEGI. (2021). *En la Ciudad de México somos 9,209,944 habitantes: censo de población y vivienda 2020*. INEGI: Población y vivienda 2020, 6. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Nal.pdf

Reinoso, E. (2007). *Riesgo sísmico de la Ciudad de México*. Academia de Ingeniería México, 50.

Robles Mendoza, A., *et al*. (2017). *Metodología para realizar estudios de microzonificación sísmica*. Secretaría de Gobernación; Coordinación Nacional de Protección Civil; Centro Nacional de Prevención de Desastres, 40.