

Planta baja débil y activa: seguridad estructural vs. activación económica en la Ciudad de México

José Manuel Arroyo Moreno

josemanuelarroyo125@gmail.com

Ingeniero Civil por la UNAM

Ingeniero Especialista en Construcción Urbana
por la UNAM

Alumno de Maestría en Urbanismo en la UNAM

Posgrado en Urbanismo

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro

Tutor

Resumen

El estudio aborda la coexistencia de plantas bajas activas y plantas bajas débiles en edificaciones de uso mixto en la alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México, subrayando su impacto en el aumento del riesgo estructural frente a eventos sísmicos. Este problema se agrava por ciertas tendencias en el diseño urbano.

Gehl, por ejemplo, promueve la creación de espacios urbanos vibrantes que priorizan la interacción social y la estética arquitectónica (2014: 101). Aunque este enfoque, influido por las ideas de Le Corbusier, ha transformado positivamente muchos entornos urbanos, puede desestimar aspectos estructurales críticos. La apertura de plantas bajas para fomentar espacios activos, sin considerar las implicaciones estructurales, aumenta la probabilidad de vulnerabilidades significativas, como la formación de plantas bajas débiles, especialmente en zonas con alta actividad sísmica.

Ante esta problemática, se creó una base de datos con 45 935 registros para analizar los usos de suelo, principalmente comercial y habitacional,

empleando una metodología diseñada para identificar edificaciones donde coexisten plantas bajas activas y débiles. Los resultados revelaron que 74% de las edificaciones con uso comercial y 76% de las habitacionales presentan esta condición. Además, los edificios identificados tienen, en promedio, tres niveles y una antigüedad cercana a los 50 años, lo que subraya la necesidad de considerar estos factores en las estrategias de mitigación de riesgos.

Palabras clave: coexistencia, riesgo estructural, modificaciones arquitectónicas, resiliencia urbana, interacción social.

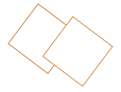
Abstract

The study examines the coexistence of active ground floors and weak ground floors in mixed-use buildings in the Benito Juárez borough of Mexico City, highlighting their impact on increased structural risk during seismic events. This issue is exacerbated by certain trends in urban design.

Gehl, for instance, advocates for the creation of vibrant urban spaces that prioritize social interaction and architectural aesthetics (2014: 101). While this approach, influenced by the ideas of Le Corbusier, has positively transformed many urban environments, it may overlook critical structural considerations. Opening ground floors to encourage active spaces, without accounting for structural implications, increases the likelihood of significant vulnerabilities, such as the formation of weak ground floors, particularly in areas with high seismic activity.

In response to this issue, a database with 45 935 records was developed to analyze land uses, primarily commercial and residential, using a methodology designed to identify buildings with the coexistence of active and weak ground floors. The results revealed that 74% of commercial-use buildings and 76% of residential-use buildings exhibit this condition. Additionally, the identified buildings have an average of three stories and an approximate age of 50 years, underscoring the need to consider these factors in risk mitigation strategies.

Keywords: coexistence, structural risk, architectural modifications, urban resilience, social interaction.



Antecedentes

Planta baja con espacios abiertos

La idea de una planta baja caracterizada por amplios espacios abiertos en edificaciones residenciales y multifamiliares tiene sus raíces en los principios de la arquitectura moderna desarrollados por Charles Édouard Jeanneret, conocido como Le Corbusier, en 1926.¹ A partir de su innovador concepto *pilotis*, Le Corbusier reconfiguró la concepción de la planta baja al liberar el espacio mediante columnas que elevan los niveles superiores, eliminando los muros de carga convencionales y permitiendo una disposición arquitectónica flexible y un entorno mejor ventilado e iluminado.

Según Oechslin y Wang, en su obra *Cinco puntos de una nueva arquitectura* (1987: 86), Le Corbusier desarrolló los principios expuestos, de ellos destacan tres por referirse directamente a los beneficios de una planta baja con amplios espacios:

- Los *pilotis*: mediante pilares que elevan el edificio, el diseño permite un contacto directo con el espacio exterior y facilita la iluminación natural.
- La planta libre: la estructura de postes en lugar de muros de carga permite una distribución flexible de los espacios interiores, adaptable a las necesidades específicas de cada planta.
- La fachada libre: el diseño estructural con postes y vigas libera la fachada de restricciones, permitiendo al arquitecto determinar libremente la disposición y el tamaño de las aberturas en función de criterios estéticos y funcionales.

Desde esta perspectiva arquitectónica, los *pilotis* permiten no solo una mejor ventilación e iluminación en las plantas bajas, sino también una mayor integración con el entorno circundante. Sin embargo, Le Corbusier no especificó un criterio estructural para la disposición de estos pilares,

¹ En este año, Le Corbusier y su primo Pierre Jeanneret publicaron *Où les cinq points de l'architecture moderne*, estos cinco puntos son parte de su búsqueda de un nuevo lenguaje destinado a aportar modernidad y armonía a la arquitectura (Ville De Genève, 2021).

confiando en que el arquitecto² determine su ubicación y el tamaño de las aberturas.

Planta baja activa

Los principios arquitectónicos de Le Corbusier —especialmente la planta libre, la fachada libre y los *pilotis*— dieron paso al aprovechamiento multifuncional de las plantas bajas con espacios abiertos. Esta disposición permite satisfacer diversas necesidades en el mismo edificio, destinando el espacio inferior a funciones prácticas, como estacionamientos, comercios o servicios. A partir de esta flexibilidad arquitectónica, surge el concepto de planta baja activa, que responde tanto a demandas económicas como urbanas al optimizar el uso de los espacios.

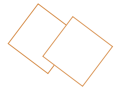
El término planta baja activa, también conocido como planta baja viva, se define en el ámbito del diseño urbano y la arquitectura como una configuración en la que la planta baja de un inmueble integra espacios comerciales, servicios u otras áreas de interacción pública.

Este diseño busca dinamizar la calle, creando un frente activo y atractivo para quienes transitan; generando un entorno seguro y animado (véase figura 1). Las plantas bajas activas promueven la interacción cotidiana entre residentes y visitantes, aportando una dimensión económica y social a las edificaciones.

Desde una perspectiva económica y social, las plantas bajas activas desempeñan un papel clave en el desarrollo urbano al estimular el comercio local y mejorar la seguridad en las calles. Gehl destaca la relevancia de implementar políticas de “fachadas activas” para garantizar un dinamismo constante en las zonas urbanas, particularmente en áreas de reciente desarrollo (2014: 81). Según este autor, el diseño de la planta baja tiene un impacto decisivo en la vitalidad urbana: una planta baja activa crea un vínculo visual y físico entre el espacio interior y la calle, incrementando tanto la seguridad como el atractivo de las vialidades.

Gehl señala que una planta baja activa se define por la percepción del peatón al caminar frente a un edificio (*ibid.*: 77). Además, cuando las plan-

² Cabe señalar que, en esa época, aún no existían las herramientas de análisis estructural avanzadas con las que se cuenta en 2025, lo que dejaba sin respuesta el impacto potencial de esta configuración en el diseño estructural.



tas bajas albergan comercios y los pisos superiores se destinan a viviendas u oficinas, la articulación visual y funcional de la fachada enriquece la experiencia peatonal. Diseños que incorporan fachadas activas y detalles verticales, en lugar de elementos predominantemente horizontales, contribuyen a que las distancias se perciban más cortas, haciendo el recorrido más atractivo y menos monótono (*ibid.*: 79).



Figura 1. Plantas bajas activas sobre Av. Universidad, Col. Del Valle Centro, Benito Juárez, 03100, CDMX. Fuente: Google Maps, (2019).

La importancia de las plantas bajas activas en el diseño urbano no solo se limita a la creación de espacios que incentiven el dinamismo y la interacción social; también se ha explorado cómo la calidad y el nivel de actividad de estas fachadas afectan la percepción y el uso del espacio público. En este sentido, un caso destacado fue el desarrollo, en Estocolmo, Suecia, de una escala de evaluación durante un proyecto de renovación urbana masivo en 1990. La escala de cinco niveles permitió clasificar las fachadas de las plantas bajas en categorías que reflejan su grado de actividad y atractivo visual, proporcionando una base útil para intervenir en calles y áreas estratégicas.

Esta escala categorizaba las fachadas de la *A* a la *E*, donde la categoría *A* representaba el nivel más activo, con características como un alto número de puertas —15 a 20 por cada 100 metros—, variedad de funciones,

fachadas detalladas y bien articuladas verticalmente, y la ausencia de espacios vacíos o fachadas ciegas. Estas características fomentan la interacción peatonal, convirtiendo las fachadas activas en un recurso valioso para el desarrollo urbano. En contraste, la categoría *E*, o inactiva, se caracterizaba por unidades grandes, pocas puertas —de 0 a 2 por cada 100 metros—, ausencia de diversidad funcional y fachadas planas y uniformes sin detalles atractivos (*ibid.*: 41). Estas fachadas limitan significativamente el potencial de interacción, haciendo que las áreas sean menos dinámicas y atractivas para el tránsito peatonal (Gehl *et al.*, 2006).

Planta baja débil

La planta baja débil es un fenómeno estructural que compromete de manera crítica la estabilidad de los edificios durante eventos sísmicos. De acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo de la Ciudad de México (CDMX), un edificio se clasifica como poseedor de una planta baja débil cuando: “el cociente de la capacidad resistente entre la fuerza cortante de diseño para el primer entrepiso es menor que el 60% de este mismo cociente para el segundo entrepiso y para más de la mitad de los entrepisos restantes” (SMIE, 2020: 63).

Lo anterior implica que el primer nivel presenta una rigidez considerablemente menor en comparación con los niveles superiores, lo que se traduce en una alta vulnerabilidad ante sismos (véase figura 2). La planta baja débil se manifiesta frecuentemente en construcciones donde el diseño arquitectónico prioriza grandes espacios abiertos en el nivel más bajo, a menudo para funciones comerciales, estacionamientos o servicios. Este tipo de configuración es especialmente susceptible al colapso parcial o total durante sismos de gran intensidad debido a su insuficiente resistencia y rigidez en el nivel más bajo de la estructura. En zonas sísmicamente activas, como la CDMX, este problema estructural ha sido ampliamente documentado y representa un desafío crítico en la ingeniería civil, donde se busca equilibrar la funcionalidad de los espacios abiertos con la seguridad estructural del edificio.

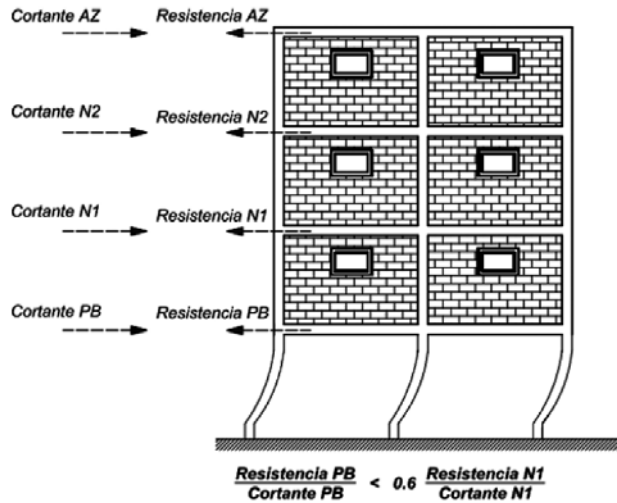
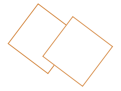


Figura 2. Planta baja débil. Fuente: modificado de SMIE, 2020.

Marco teórico

Para comprender de manera integral el impacto de la planta baja activa y la planta baja débil en el contexto urbano, en este apartado se especifican los fundamentos que permiten analizar tanto los beneficios como las limitaciones de estos enfoques, reconociendo que pueden coexistir o manifestarse por separado³ en edificaciones unifamiliares y multifamiliares.

Las plantas bajas activas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo urbano contemporáneo, promoviendo tanto la interacción social como la dinamización económica en áreas urbanas. En el contexto del urbanismo y la economía urbana, la implementación de una planta baja activa se alinea con conceptos clave de accesibilidad y conectividad local, tal como lo planteó Alain Bertaud (2018). Este sostiene que las economías externas y las teorías de localización son pilares esenciales para el desarrollo de ciudades más funcionales y sostenibles, ya que facilitan la integración de diversas actividades dentro de un mismo entorno, optimizando la proximidad de servicios y espacios de encuentro (2018: 125).

³ La presencia de uno de estos elementos no necesariamente implica la aparición del otro, ya que responden a distintos factores estructurales y de diseño urbano.

Además, las plantas bajas activas han demostrado ser eficaces para la revitalización de áreas urbanas.⁴ A partir de la incorporación de usos de suelo mixtos —como comercios, servicios y áreas públicas en el primer entresuelo de los edificios—, se genera un entorno vibrante y seguro, gracias a la “vigilancia natural” que emerge de la constante presencia de personas. Esta dinámica no solo refuerza la percepción de seguridad en los espacios inmediatos, sino que también beneficia los trayectos cotidianos al aumentar la actividad en las calles adyacentes. La presencia de comercios y servicios abiertos a diferentes horas del día fomenta una mayor circulación peatonal, lo que disuade comportamientos antisociales y brinda una sensación de protección para quienes transitan por estas zonas. Esta estrategia se encuentra alineada con las teorías de la economía del comportamiento, las cuales sugieren que la interacción y la visibilidad en el espacio público incrementan la percepción de seguridad y fomentan una mayor cohesión social (Gehl *et al.*, 2006: 99).

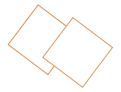
La presencia de una planta baja activa no solo promueve el comercio local, sino que también refuerza la identidad y el dinamismo de los barrios al ofrecer espacios de encuentro y socialización esenciales para una vida urbana equilibrada y sostenible. Como resultado, los desarrolladores urbanos y los arquitectos han comenzado a implementar plantas bajas activas en diversas zonas urbanas, evidenciando sus múltiples beneficios en términos de seguridad, economía y cohesión social, y estableciendo una base sólida para la regeneración de espacios urbanos en beneficio de la comunidad.

Por otro lado, la planta baja débil representa una de las principales vulnerabilidades estructurales en edificios de varios niveles, especialmente en zonas de alta actividad sísmica, como la CDMX. En ella, la planta baja débil ganó atención significativa después del terremoto de 1985, que expuso la vulnerabilidad de muchos edificios ante esta falla estructural —371 edificios colapsaron⁵ debido a la presencia de esta condición, por la falta de regulación y supervisión en las prácticas de construcción de la época.

Estudios realizados tras otro sismo, este del 19 de septiembre de 2017, destacan el riesgo que implica la planta baja débil en inmuebles de baja y mediana altura en la CDMX —particularmente aquellos compuestos por

⁴ Este principio se ha aplicado en urbes como la Ciudad de México, donde se busca elevar la calidad de vida urbana mediante la densificación inteligente y la diversificación de usos de suelo.

⁵ Dato de la Dirección General de Comunicación Social, UNAM (2015).



muros de mampostería sin refuerzo adecuado y losas planas— que fueron severamente afectados debido a la limitada ductilidad de estas configuraciones estructurales.

De acuerdo con José Manuel Arroyo, la presencia de plantas bajas débiles contribuyó significativamente a la presencia de daños graves (véase figura 3) en múltiples edificaciones, ocasionando pérdidas de \$15 458 404 305.98 pesos en la CDMX (2023: 86).



a) Antes del sismo.

Fuente: Google Maps, 2017.



b) Después del sismo.

Fuente: Cenapred, 2019.

Figura 3. Colapso parcial⁶ tras sismo del 19 de septiembre de 2017 en la calle Saratoga, núm. 714, colonia Portales Sur, alcaldía Benito Juárez, CDMX.

⁶ El daño en este edificio multifamiliar fue causado por un colapso parcial tras el sismo del 19 de septiembre de 2017, atribuido a la condición de planta baja débil. Este caso también refleja la coexistencia de una planta baja activa, ya que este espacio se destinó para uso de estacionamientos, contribuyendo a la funcionalidad y dinamismo del entorno urbano.

Metodología utilizada

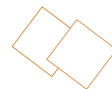
El objetivo de esta sección es explicar el enfoque metodológico empleado para analizar la coexistencia de la planta baja activa y la planta baja débil, evaluando su impacto tanto en la seguridad estructural como en el diseño urbano. El análisis se centró en la alcaldía Benito Juárez de la CDMX, una zona representativa debido a la alta incidencia de daños estructurales tras el sismo del 19 de septiembre de 2017.

La metodología combinó la revisión teórica y el análisis de datos cuantitativos, proporcionando así una evaluación integral del problema. Este abordaje permitió identificar los riesgos asociados a la coexistencia de plantas bajas débiles y activas y facilitó la formulación de recomendaciones en materia de prevención del riesgo, mismas que pueden contribuir a la seguridad y resiliencia urbana en la CDMX.

El primer paso en el análisis fue establecer una Base de Datos Única, que incluye información sobre los lotes en la alcaldía Benito Juárez. Para ello, se utilizó la base de datos del Catastro de la CDMX, con el fin de obtener los siguientes datos: calle, número exterior, colonia, código postal, alcaldía, superficie del terreno, superficie de construcción y año de construcción. Por otro lado, gracias a la base de datos de la Seduvi, se logró obtener: la descripción del uso del suelo y el número de niveles. Ambas bases de datos fueron publicadas por la Agencia Digital de Innovación Pública (ADIP), (2021).

La creación de la Base de Datos Única se enfocó en inmuebles con uso de suelo mixto, es decir, aquellos con usos habitacionales y comerciales —habitacional con comercio, habitacional con comercio en planta baja y habitacional mixto. Una vez filtrados estos registros, se examinó la antigüedad de los edificios y se identificó la presencia de plantas bajas débiles mediante un análisis estructural de cada inmueble, siguiendo la metodología de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo de la Ciudad de México. La información recolectada fue procesada y georreferenciada utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo cual permitió visualizar y mapear los edificios en la alcaldía Benito Juárez.

Esta visualización espacial permitió superponer datos de ubicación de las plantas bajas activas con los datos estructurales de edificios que presentaban la patología de planta baja débil. Este enfoque de análisis espacial facilitó la identificación de áreas de alto riesgo y permitió observar patrones



y correlaciones geográficas entre las plantas bajas activas y las vulnerabilidades estructurales, destacando edificios con predisposición a futuros daños. Finalmente, se aplicaron métodos estadísticos y técnicas de análisis espacial para evaluar la correlación entre los datos de plantas bajas activas y plantas bajas débiles. Este enfoque analítico permitió una comprensión profunda del impacto de la coexistencia de estas características en la seguridad estructural de los edificios en un entorno urbano denso y con alta actividad sísmica como el de la CDMX.

Aportaciones

La creación de la Base de Datos Única fue fundamental para filtrar y clasificar 45 935 registros de inmuebles en la alcaldía Benito Juárez según su uso de suelo y características estructurales. Este proceso permitió identificar 27 314 edificios que combinan plantas bajas activas con características de debilidad estructural. El análisis geoespacial mediante SIG permitió mapear la ubicación de estos inmuebles, revelando concentraciones significativas en áreas específicas de la alcaldía. Este enfoque facilitó la identificación de zonas de alto riesgo y proporcionó una base para priorizar intervenciones estructurales y urbanísticas.

Una vez aplicada la metodología descrita en el apartado anterior, los resultados obtenidos revelan hallazgos preocupantes en relación con la coexistencia de plantas bajas débiles y activas en la alcaldía Benito Juárez de la CDMX. Este análisis permitió identificar patrones clave y evaluar la magnitud del problema.

De los 45 935 registros analizados en la Base de Datos Única, se filtraron tres tipos principales de uso de suelo: comercial, habitacional y otros; para revelar cuales cumplen con la condición de planta baja activa con planta baja débil. Los resultados son los siguientes:

- Uso de suelo comercial: de los 5 421 registros correspondientes a este uso, 1 424 registros no cumplen; sin embargo, 3 997 registros sí presentan esta condición.
- Uso de suelo habitacional: de los 35 993 registros totales, 8 676 registros no cumplen con la condición, mientras que 23 317 registros sí la cumplen.

- Otros usos de suelo: los 4521 registros clasificados en esta categoría no fueron analizados bajo esta condición, ya que corresponden a actividades no relacionadas con las características evaluadas.

Estos resultados fueron representados gráficamente (véase figura 4), considerando únicamente los usos comerciales y habitacionales, lo cual evidenció la magnitud crítica del problema en la alcaldía Benito Juárez.

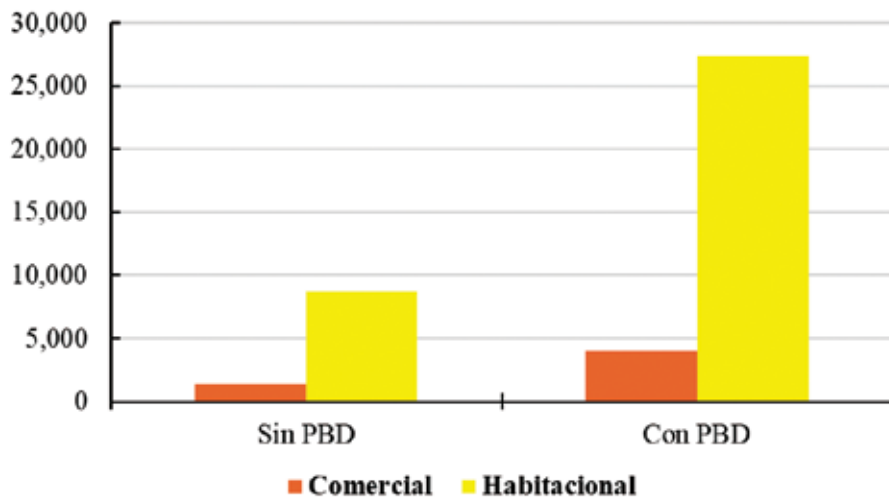


Figura 4. Análisis de la condición de Planta Baja Débil (PBD) para registros de la alcaldía Benito Juárez, CDMX. Fuente: elaboración propia.

El mapeo georreferenciado mediante SIG evidenció patrones críticos en la distribución de inmuebles con coexistencia de plantas bajas activas y débiles. Las áreas con mayor concentración de estas condiciones se ubicaron principalmente en las colonias Del Valle, Narvarte y Nápoles. Estas zonas destacan no solo por la densidad de edificios vulnerables, sino también por su alta actividad comercial, lo que aumenta la exposición al riesgo en caso de un evento sísmico.

El análisis también reveló que los edificios con esta problemática tienden a agruparse cerca de ejes viales principales, como Av. Insurgentes y Av. Universidad. Estas correlaciones señalan que las intervenciones prioritarias

Los registros se georreferenciaron bajo SIG (véase figura 5). Se encontró que el promedio de niveles de los edificios que cumplen con la condición de planta baja activa con planta baja débil es de tres niveles, tanto en uso comercial como habitacional. Asimismo, el promedio del año de construcción de estos edificios es 1975 para los registros comerciales y 1978 para los habitacionales.

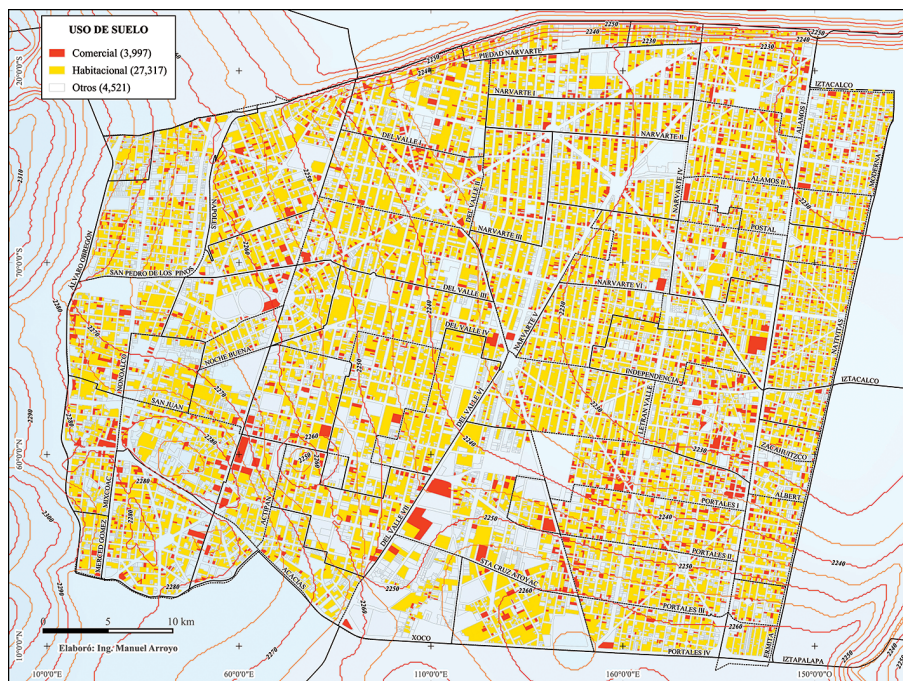


Figura 5. Coexistencia de la planta baja activa y la planta baja débil en la alcaldía Benito Juárez, CDMX. Fuente: elaboración propia con datos de la ADIP (2021).

Estos resultados subrayan un problema clave en la integración del diseño urbano y la seguridad estructural. La tendencia a modificar plantas bajas para incluir usos comerciales o servicios sin considerar las necesidades estructurales ha llevado a la creación de puntos de falla críticos. Las interven-

ciones comunes, como la eliminación de muros de carga, la expansión de accesos o la instalación de vitrinas de gran tamaño, han convertido plantas bajas activas en plantas bajas débiles, incrementando significativamente el riesgo de colapso en caso de un sismo.

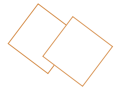
Los métodos estadísticos aplicados en el análisis permitieron validar las correlaciones entre las plantas bajas activas y débiles. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, el cual arrojó un valor de 0.82, indicando una relación positiva significativa entre la presencia de actividades comerciales o servicios en plantas bajas y la debilidad estructural observada. Además, se realizó un análisis de regresión lineal para evaluar cómo factores como el año de construcción y el uso del suelo influyen en la probabilidad de coexistencia de ambas condiciones.

Los resultados mostraron que los edificios construidos antes de 1980 tienen 65% más probabilidad de presentar plantas bajas débiles activas en comparación con los construidos posteriormente. Asimismo, se identificó que los edificios con tres o más niveles tienen una mayor predisposición a estas vulnerabilidades, reforzando la necesidad de priorizar intervenciones en inmuebles con estas características.

La figura 6 ilustra un acercamiento a la colonia Del Valle II, donde 90% de los edificios multifamiliares presentan la condición de planta baja activa y débil. Este caso evidencia que las intervenciones estructurales realizadas sin considerar las normativas vigentes y el contexto sísmico local exacerbaban los riesgos, subrayando la importancia de supervisiones técnicas especializadas.

Los promedios obtenidos durante el análisis revelan patrones significativos que subrayan la importancia de atender edificaciones vulnerables. El promedio de construcción de los edificios identificados como críticos, correspondiente a los años 1975 para uso comercial y 1978 para uso habitacional, refleja una antigüedad considerable. Este periodo coincide con normativas estructurales menos robustas y limitaciones técnicas para enfrentar riesgos sísmicos. Además, la modificación de estas construcciones para incluir usos comerciales sin un reforzamiento adecuado ha incrementado su vulnerabilidad.

El promedio de tres niveles en los edificios analizados es igualmente relevante, ya que las estructuras de esta altura están más propensas a sufrir colapsos parciales o totales si presentan irregularidades en la planta baja. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar programas de re-



habilitación estructural específicos para edificios antiguos y de mediana altura, particularmente en entornos urbanos de alta actividad sísmica.

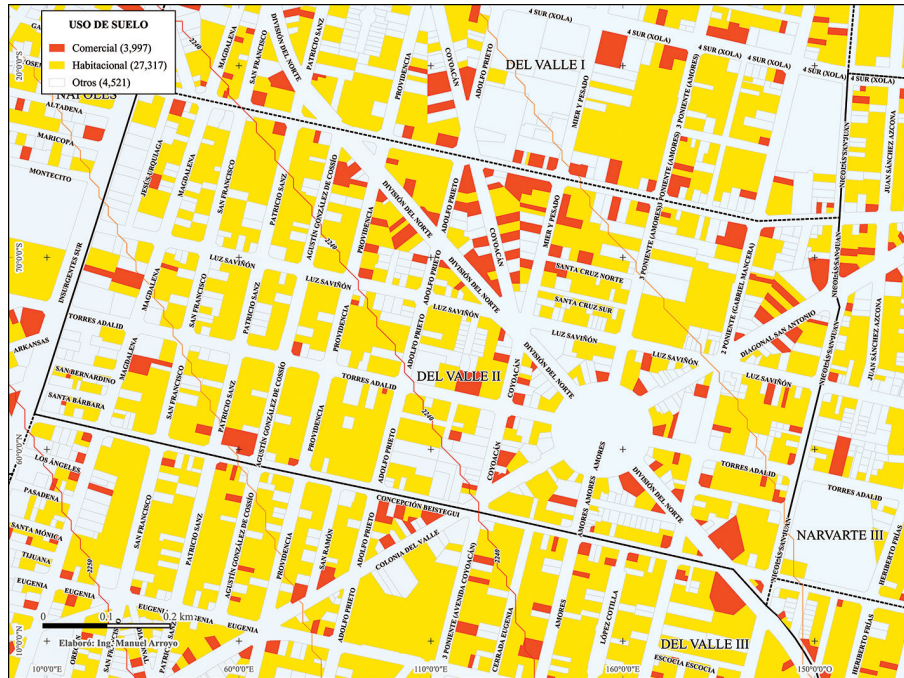


Figura 6. Coexistencia de la planta baja activa y la planta baja débil, Col. Del Valle II, Benito Juárez, CDMX. Fuente: elaboración propia con datos de la ADIP (2021).

La metodología aplicada fue clave para la obtención de resultados integrales y respaldados por múltiples enfoques analíticos. La creación de la Base de Datos Única permitió clasificar y filtrar los inmuebles según sus características de uso de suelo y estructura, garantizando un enfoque dirigido a las plantas bajas activas y débiles. El análisis estructural, basado en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, permitió identificar los inmuebles con condiciones críticas en términos de seguridad.

El uso de un SIG fue esencial para mapear la distribución de estos edificios en la alcaldía Benito Juárez, permitiendo observar patrones espaciales y concentraciones de riesgo. Por último, los métodos estadísticos aplica-

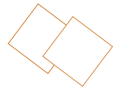
dos corroboraron la correlación entre las características estructurales y de uso de suelo, validando los hallazgos cuantitativos y facilitando la identificación de áreas prioritarias para intervención.

La coexistencia de plantas bajas débiles y activas plantea un dilema: fomentar el desarrollo urbano que promueva interacción social y actividad económica sin comprometer la estabilidad de las edificaciones. Este desafío se agrava en un contexto sísmico como el de la CDMX, donde cualquier irregularidad estructural aumenta el riesgo de pérdidas humanas y materiales. Para evitar estos riesgos, es imprescindible que las intervenciones en plantas bajas sean evaluadas por ingenieros estructurales calificados y cumplan con las normativas técnicas vigentes. La coordinación entre el diseño urbano y la ingeniería estructural debe ser fortalecida, promoviendo prácticas que permitan plantas bajas activas seguras y funcionales.

La aplicación combinada de análisis estructural, estadístico y geoespacial permitió identificar áreas críticas en la alcaldía Benito Juárez donde la coexistencia de plantas bajas activas y débiles incrementa significativamente el riesgo sísmico. En particular, los resultados destacaron un total de 27 314 edificios críticos, concentrados en zonas específicas con alta densidad urbana y actividad comercial. Estas estructuras, construidas en promedio en los años 1975 y 1978, presentan una vulnerabilidad asociada a su antigüedad, modificaciones no reguladas y alturas promedio de tres niveles. Este diagnóstico refuerza la urgencia de implementar programas de regulación más estricta y rehabilitación estructural, orientados a mitigar el riesgo y proteger a las comunidades en contextos de alta exposición sísmica.

Conclusiones

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto la urgencia de abordar el problema de las plantas bajas activas que, debido a modificaciones inadecuadas, se convierten en plantas bajas débiles, incrementando significativamente los riesgos estructurales en edificaciones de la CDMX. Esta situación representa una irregularidad crítica que compromete la capacidad de los edificios para resistir movimientos sísmicos, particularmente en una zona con alta actividad tectónica. Un número significativo de edificios en los usos de suelo comercial (3 997 registros) y habitacional (23 317 registros) presenta la condición de planta baja activa con planta baja débil. Además, se identificó que la mayoría de estas edificaciones tienen un promedio de tres niveles



y fueron construidas antes de la actualización de normativas sísmicas modernas —años 1975 y 1978, respectivamente.

Los cambios en las plantas bajas, como la eliminación de muros de carga o la instalación de grandes vitrinas, son realizados con frecuencia sin evaluaciones estructurales, debilitando la resistencia de los edificios y creando puntos de falla críticos. Aunado a lo anterior, existe un conflicto entre fomentar el desarrollo urbano que promueva actividad económica y social, y garantizar la estabilidad estructural de los edificios. Este balance es esencial para minimizar riesgos. Aunque las plantas bajas activas ofrecen beneficios significativos, como el incremento en la interacción social y la actividad económica, estos no deben priorizarse sobre la seguridad estructural. La planeación urbana debe estar respaldada por evaluaciones rigurosas que aseguren la resiliencia de los edificios frente a movimientos sísmicos.

Recomendaciones

La integración segura de plantas bajas activas en zonas urbanas debe ser una prioridad tanto para los responsables de la planeación urbana como para los reguladores. Es indispensable equilibrar la innovación arquitectónica con principios de diseño estructural robustos, asegurando que la resiliencia sísmica de los edificios no se vea comprometida. Este enfoque no solo mitigará riesgos, sino que contribuirá al desarrollo de ciudades más seguras y sostenibles.

Para lograr una ciudad resiliente frente a sismos, es esencial la participación de ingenieros estructurales en todas las etapas de diseño, construcción y modificación de edificaciones. Solo mediante la implementación de prácticas integrales y normativas sólidas, se podrá garantizar la estabilidad estructural y el bienestar de las comunidades urbanas. Se recomienda puntualmente reflexionar lo siguiente:

- Implementar evaluaciones estructurales obligatorias antes de realizar cambios en plantas bajas.
- Fomentar la colaboración interdisciplinaria entre urbanistas e ingenieros desde las etapas iniciales de diseño y desarrollo.
- Establecer lineamientos claros para la modificación segura de plantas bajas activas, incluyendo sanciones por incumplimiento.

- Desarrollar programas de sensibilización dirigidos a propietarios y desarrolladores, enfatizando la importancia de mantener la integridad estructural en edificios ubicados en zonas sísmicas.
- Fomentar el desarrollo de materiales sustentables y técnicas constructivas sostenibles que refuercen la estabilidad de plantas bajas activas.

Referencias bibliográficas

- Agencia Digital de Innovación Pública. Sistema Abierto de Información Geográfica (SIGCDMX), en <<https://sig.cdmx.gob.mx/>>.
- Arroyo Moreno, J.M. 2023. *Resiliencia y gestión financiera del riesgo sísmico*, tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Bertaud, A. 2018. *Order without Design: How Markets Shape Cities*, Cambridge, MA, The MIT Press.
- Cenapred. 2019. *Características de las construcciones, vulnerabilidad y riesgo en las construcciones*, Subdirección de Riesgos Estructurales. Dirección de Investigación. Ciudad de México, en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/449073/10._Caracteristicas_de_las_construcciones_Vulnerabilidad_y_riesgo_de_las_construcciones.pdf>.
- Dirección General de Comunicación Social. 2015. “Evocaciones del sismo de 1985”, UNAM, en <https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_543.html>.
- Gehl, J. 2014. *Ciudades para la gente*, J. Décima (trad.), Buenos Aires, Infinito/ ONU-Hábitat.
- Gehl, J., L.J. Kaefer y S. Reigstad. 2006. “Close Encounters with Buildings”, *Urban Design International*, vol. 11, núm. 1, pp. 29-47, en <<https://doi.org/10.1057/palgrave.udi.9000162>>.
- Google. 2019. Ciudad de México, Google Maps México, en <https://www.google.com/maps/@19.3602408,-99.0826565,12z?authuser=0&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTEyMxMy4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D>.
- Le Corbusier y Pierre Jeanneret, 1937. *Œuvres complètes 1910-1929*, Erlenbach, Zurich, Les Editions d'Architecture.
- Oechslin, W. y W. Wang. 1987. “Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle”, *Assemblage*, núm. 4, pp. 82-93, en <<https://doi.org/10.2307/3171037>>.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. 2020. *Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*, Ciudad de México, pp. 6-105, en <https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/1d5e89d>.
- Ville De Genève. 2021. Où “les cinq points de l'architecture moderne” selon Le Corbusier sont-ils parus pour la première fois?, Site Officiel Genève, en <<https://www.geneve.ch/themes/culture/bibliotheques/interroge/reponses/ou-les-cinq-points-de-architecture-moderne-selon-le-corbusier-ils-parus-la-premiere>>.