

Resiliencia urbana y modelos cartográficos de prevención ante riesgo de deslizamientos de tierra, Ciudad de México

Urban Resilience and Cartographic Models for Landslide Risk Prevention, Mexico City

Recibido: diciembre 30 / 2022 • Evaluado: febrero 24 / 2023 • Aceptado: febrero 14 / 2024

CÓMO CITAR

Rivera-González, Ó. D. (2024). Resiliencia urbana y modelos cartográficos de prevención ante riesgo de deslizamientos de tierra, Ciudad de México. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 26(2), 123-134. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2024.26.5024>

Óscar Daniel Rivera-González*

Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía

RESUMEN

Diversos deslizamientos de tierra afectan viviendas a lo largo de la Ciudad de México (CDMX), por lo cual la resiliencia urbana es muy importante para adaptarse a dichas adversidades de manera momentánea, con el objetivo de que a corto plazo se establezcan medidas de protección civil. El punto central en el presente análisis es la adaptación de personas por medio de resiliencia urbana y la solución breve ante algún riesgo ocurrido; sin embargo, la atención preventiva del gobierno con la población es la que establece realmente el resguardo y cuidado real en los habitantes. A manera de ejemplo, se eligió como zona de estudio la colonia Las Águilas perteneciente a la alcaldía Álvaro Obregón, donde aconteció un deslizamiento de tierra, mismo que afectó una vivienda parcialmente. Por lo anterior, se generó un modelo preventivo por medio de álgebra de mapas, elaborado con Sistemas de Información Geográfica (SIG), el cual revela el grado de erosividad y posible afectación con base en las características geográficas del suelo. Los resultados cartográficos revelaron diversos niveles de riesgo, mismos que podrán implementarse en dicha zona de estudio por medio de reestructuración urbana y reubicación consensuada, visualizándose que la resiliencia urbana no es el único camino por ejecutar; por el contrario, es solo un momento que deberá tomarse en cuenta para establecer protección en la población, replicándose a futuro en otras partes de México e inclusive en otros países de América Latina donde acontezca dicha problemática.

Palabras clave:

afectación; erosividad; modelos; protección; reestructuración

ABSTRACT

Various landslides affect homes throughout Mexico City (CDMX), making urban resilience crucial for adapting these adversities in the short term, aiming for civil protection measures to be established shortly after an incident. The central point in this analysis is the adaptation of individuals through urban resilience and short-term solutions to address any risk encountered; however, governmental preventive preparedness with the population is what genuinely establishes protection and actual care for residents. As an example, the Las Águilas neighborhood in the Álvaro Obregón municipality was chosen for study, where a landslide affected a house partially. Therefore, a preventive model was generated using map algebra, developed with Geographic Information Systems (GIS), which reveals the degree of erosivity and potential impact based on soil geographic characteristics. Cartographic results revealed different risk levels, which can be implemented in this study area through urban restructuring and agreed relocation, visualizing that urban resilience is not the only course of action; on the contrary, it is just a moment to be taken into account to establish protection in the population, replicating it in the future in other parts of Mexico and even in other Latin American countries where this problem occurs.

Keywords:

affectation; erosivity; models; protection; restructuring

- Geógrafo, Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Especialista en Economía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Maestro en Urbanismo, Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Doctor en Urbanismo, Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Posdoctorado en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (México)
• <https://scholar.google.com/citations?user=0plEs-4AAAAAJ&hl=es>
• <https://orcid.org/0000-0002-7698-7433>
• oscarriverag@filos.unam.mx / oscardanieldanyboy@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se deriva de la preocupación de los decesos en la población por deslizamientos de tierra en diversas partes del mundo, que se han incrementado recientemente, y establece relación entre resiliencia, urbanismo y modelos de prevención, con el objetivo de instaurar medidas reales para atender las necesidades y afectaciones en la población.

En la CDMX han existido desde hace varios años deslizamientos de ladera que han afectado gravemente a la población, mermando con el tiempo su tranquilidad y en ocasiones terminando en graves afectaciones.

El crecimiento urbano en zonas con características geográficas inseguras tiene una connotación negativa a lo largo del incremento de la CDMX, en particular la concentración desmedida en diversas partes de las alcaldías (Suárez & Delgado, 2007).

Es prudente mencionar que dicho urbanismo se establece por la necesidad de la población de poseer algún patrimonio seguro, aunque esto es interrumpido cuando existe un riesgo latente de presentar diversos acontecimientos geomorfológicos, conocidos comúnmente como deslizamientos de tierra o deslaves.

La susceptibilidad del terreno es condicionada por factores naturales y antrópicos, por lo que el elemento del suelo modificado e intemperizado potencia el riesgo de deslizamientos de tierra en periodos lluviosos (Pacheco & Lewis, 2007).

La modificación del terreno natural con materiales para la construcción fundamenta el aumento de riesgo, lo cual, combinado con la pendiente y el grado de erosividad, potencia más aún la fragmentación de la tierra y, con ello, el colapso parcial o total de las viviendas.

Es imprescindible establecer mecanismos de amortiguamiento y protección en caso de posibles deslizamientos de tierra. La decisión de las autoridades gubernamentales deberá ser implementada según estudios científicos minuciosos, multidisciplinarios e interdisciplinarios (Rivera, 2022).

La multidisciplinariedad entre ciencias físicas y sociales constituye un trabajo que comprende diversas partes del problema, esclarecidas por cada disciplina participante; por ello, la geografía, cartografía, urbanismo, ingeniería, geofísica, entre otras, deberán trabajar en conjunto para construir resultados certeros ante diversos riesgos.

Por lo antes explicado, la resiliencia intenta promover procesos que involucren al individuo y a su ambiente social, ayudándolo a superar de manera momentánea los riesgos de cualquier

índole; sin embargo, a las instituciones públicas encargadas de la gestión del riesgo de desastre les falta aún mucho trabajo por realizar en cuanto a la protección de los habitantes (García & Domínguez, 2013).

La resiliencia debe ser siempre reforzada con el apoyo y gestión académica, gubernamental y poblacional, con el objetivo de alcanzar y superar algún tipo de riesgo ambiental que pueda desencadenarse a futuro. De esta manera, se facilita una mayor calidad de vida al proteger a la población con medidas de prevención y no solo de corrección de daños.

Centrándonos en la resiliencia urbana, esta se entiende como la capacidad que tiene una comunidad o sociedad, expuesta a una amenaza, de resistir, adaptarse y recuperar sus funciones de manera eficaz después de una afectación; lo anterior, debe ser acompañado en todo momento de la protección, gestión y coordinación entre los diferentes actores involucrados y no solo esperar a que la población sea resiliente (Arner, 2013).

El aseguramiento de alguna zona urbana que se encuentre en riesgo es vital, es muy complejo que solamente la población pueda recuperarse y resistir alguna afectación cual sea; por ello, debe reforzarse su adaptación y resiliencia con gestión entre el aparato gubernamental y las personas posiblemente afectadas.

La resiliencia urbana es solo una parte de la solución, misma que debe ser reforzada implantando prevención de diversos riesgos mediante la producción de metodologías cualitativas y cuantitativas, materiales investigativos y propuestas de solución en torno al crecimiento urbano, lo cual logrará en algún porcentaje reducir los riesgos (Pacha & Villamarín, 2018)

La hipótesis de trabajo general expone la adaptación de la población por medio de resiliencia urbana al verse afectada por algún deslizamiento de tierra, siendo precisamente la resiliencia urbana una solución únicamente parcial ante el riesgo permanente o afectación ocurrida; sin embargo, la atención preventiva en los habitantes efectúa el resguardo y cuidado real en ellos.

Los trabajos previos al presente son de mucha relevancia, pues diversos especialistas han trabajado y abordado las problemáticas referentes a la resiliencia urbana, manifestando que este concepto es utilizado para defender y comprender el riesgo en el que se encuentra alguna población; aunque dicha resiliencia queda eliminada una vez acontecido el hecho catastrófico, más aún cuando existen decesos en la población.

El concepto *resiliencia urbana* se refiere a la capacidad de adaptarse a diversos riesgos

en zonas urbanas y rurales; así mismo, su fundamento proviene de la teoría de sistemas complejos, siendo su objetivo parcial la solución mediante políticas públicas de gestión de riesgo (Metzger & Robert, 2013).

La finalidad del análisis y eliminación de riesgos con base en la disminución de la vulnerabilidad es primordial. Por ello, el elemento de resiliencia urbana establece un punto de adaptación ante un posible hecho catastrófico, que puede afectar físicamente—e inclusive psicológicamente— a los habitantes en el momento del acontecimiento.

El término *resiliencia* tiene su origen en la psicología evolutiva en los años noventa, y se comprende como la capacidad personal que se refleja en la comunidad para asumir actitudes y prácticas ante situaciones de riesgo, con el fin de recuperarse. Esta capacidad se potencia al implementarse adecuadamente con apoyo de otras ciencias y ciertas técnicas cartográficas (Páez & Ornes, 2019)

La elaboración de modelos a partir de SIG es fundamental, la superposición de capas según su información en dichos *softwares* geoinformáticos determina las características geográficas de la región (Aceves et al., 2016), analizando el terreno y las tipologías que potencian los desliza-

mientos de tierra, aminorando el grado de error con diversas técnicas cartográficas actuales.

El aporte del grado de error en cada uno de los modelos obtenidos por SIG es determinante, pues con base en los resultados del modelo se puede comprender el riesgo de manera casi perfecta, así como las posibles afectaciones en la población en caso de deslizamiento de tierra. La implementación del modelo por medio de álgebra de mapas permite estudiar diversos rasgos geográficos y realizar una representación altamente real del territorio, que aporta datos cuantitativos como componentes bióticos, físicos y económicos (Gómez et al., 2018).

Por último, en diversos países latinoamericanos uno de los grandes desafíos desde hace 25 años es implantar medidas de gestión del riesgo naciente de la resiliencia urbana en un contexto territorial para el bienestar de la población (Duque & Quintero, 2013); por ello, es importante comprender que la resiliencia urbana está intrínsecamente relacionada con la gestión del riesgo, para evitar hasta cierto momento posibles consecuencias y graves afectaciones, lo cual deberá ser reforzado con el aporte de información cartográfica generada por diversas ciencias.

METODOLOGÍA

La alcaldía Álvaro Obregón se ubica al poniente de la CDMX, en la cual se encuentra y acontece un crecimiento urbano continuo en zonas con

características riesgosas según la geomorfología (figura 1).

Figura 1. Zona de estudio alcaldía Álvaro Obregón, CDMX



Fuente: elaboración propia (2022). CC BY.

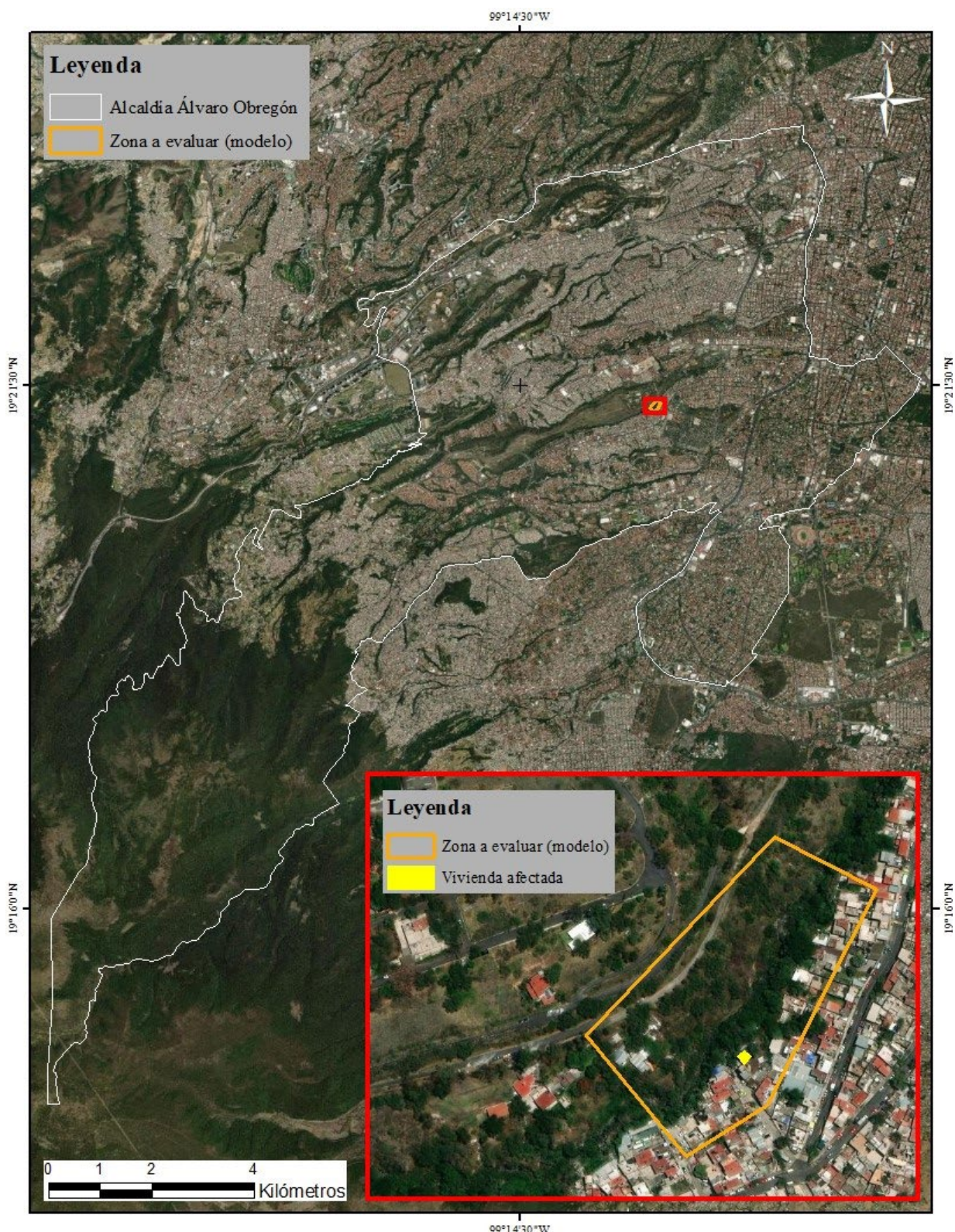
Por lo anterior, es importante mencionar que en los últimos años dicha alcaldía ha sido afectada por algunos episodios de deslizamientos de tierra (Cortés et al., 2021), puntualizando que dichos acontecimientos afectan otras partes de la CDMX.

La implementación del modelo cartográfico elaborado instauró puntualmente parámetros de riesgo con base en el grado de erosividad del terreno, uno de los elementos fundamentales debido a la alta degradación del suelo según el desgaste hídrico. Por lo anterior, el objetivo es

instaurar planes de reubicación de las personas en zonas urbanas y rurales, con el fin de evitar una posible catástrofe por deslizamientos de tierra, según el resultado del modelo.

La zona de estudio y domicilio de análisis se encuentra situada en la calle 6ta cerrada de Tarango colonia Las Águilas, alcaldía Álvaro Obregón (figuras 2 y 3), donde aconteció un deslizamiento de tierra parcial, que perjudicó una de las columnas de la vivienda edificada en años previos, que llevó al desalojo de 13 personas para su protección (Trejo, 2021).

Figura 2. Zona de estudio colonia Las Águilas y alcaldía Álvaro Obregón, CDMX



Fuente: elaboración propia (2022). CC BY.

Figura 3. Zona de estudio colonia Las Águilas y vivienda afectada, CDMX



Fuente: elaboración propia (2022). CC BY.

Por otra parte, se muestran las afectaciones reales acontecidas en dicho domicilio y el grado de riesgo inminente ante una catástrofe mayor

(figuras 4 y 5); por ello, es importante la visualización directa de la problemática, con la finalidad de conocer empíricamente las posibles repercusiones.

Figura 4. Afectaciones en la vivienda analizada



Fuente: Trejo (2021). CC BY-ND.

Figura 5. Afectaciones en la vivienda analizada



Fuente: Trejo (2021). CC BY-ND.

El método del modelo en principio se crea con la descarga gratuita de imágenes tipo ráster (ArcGis, 2016) de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), con un nivel de detalle de 12,5 metros por píxel (NASA, 2022), las cuales serán la base para la implementación y ejecución del patrón preventivo.

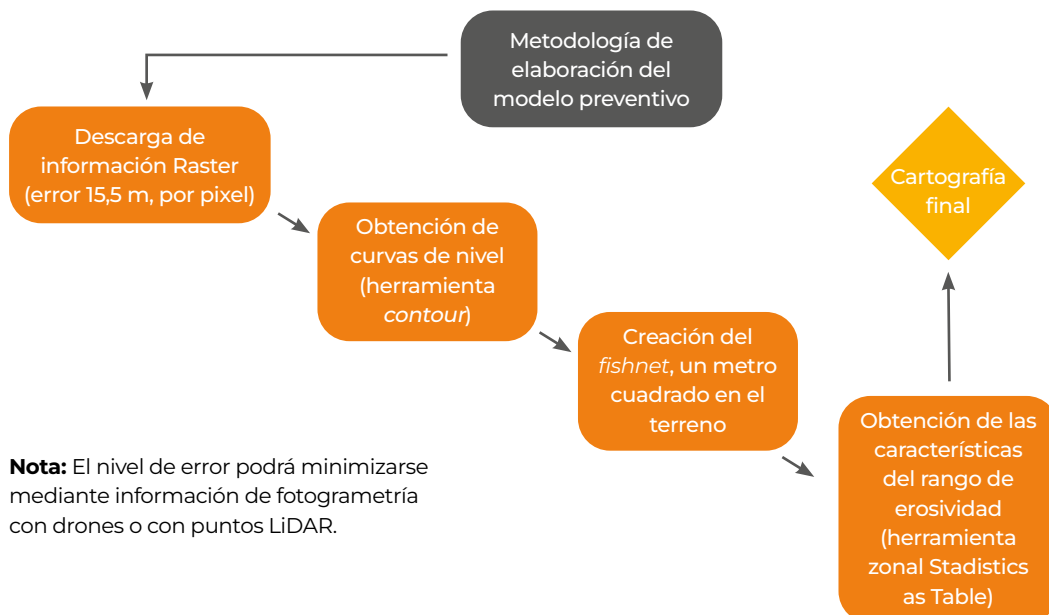
Posteriormente, se obtuvieron las curvas de nivel de la imagen ráster utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis, con espaciado entre ellas de un metro directamente en el terreno, lo que destaca la importancia de la calidad del ráster debido al nivel de detalle de la geomorfología del área de estudio.

Seguidamente, se creó una malla (*fishnet*) que contendrá información de cada uno de los detalles geográficos y erosión de la zona de análisis.

Después, se generó una base de datos con la herramienta Zonal Statistics as Table, que contendrá rangos muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos de la erosión por metro cuadrado.

El último paso de la metodología es unir la información de la *fishnet* con las estadísticas obtenidas en el paso previo, para complementar la información creada de manera general a lo largo de la metodología (figura 6).

Figura 6. Metodología para la creación del modelo en el SIG



Fuente: elaboración propia (2024). CC BY.

Lo anterior determina la alta importancia del resultado de los índices de riesgo con base en el grado de erosividad, ya que las características del terreno obtenidas de la NASA analizadas en SIG (Díaz et al., 2008) evidenciaron índices de riesgo con base en la profundidad de erosión, puntualizando que el índice anterior es uno de los más elementales para establecer resultados confiables; sin embargo, la utilización de otras variables hidrográficas,

edafológicas y geológicas, entre otras, mejorará el resultado final del modelo.

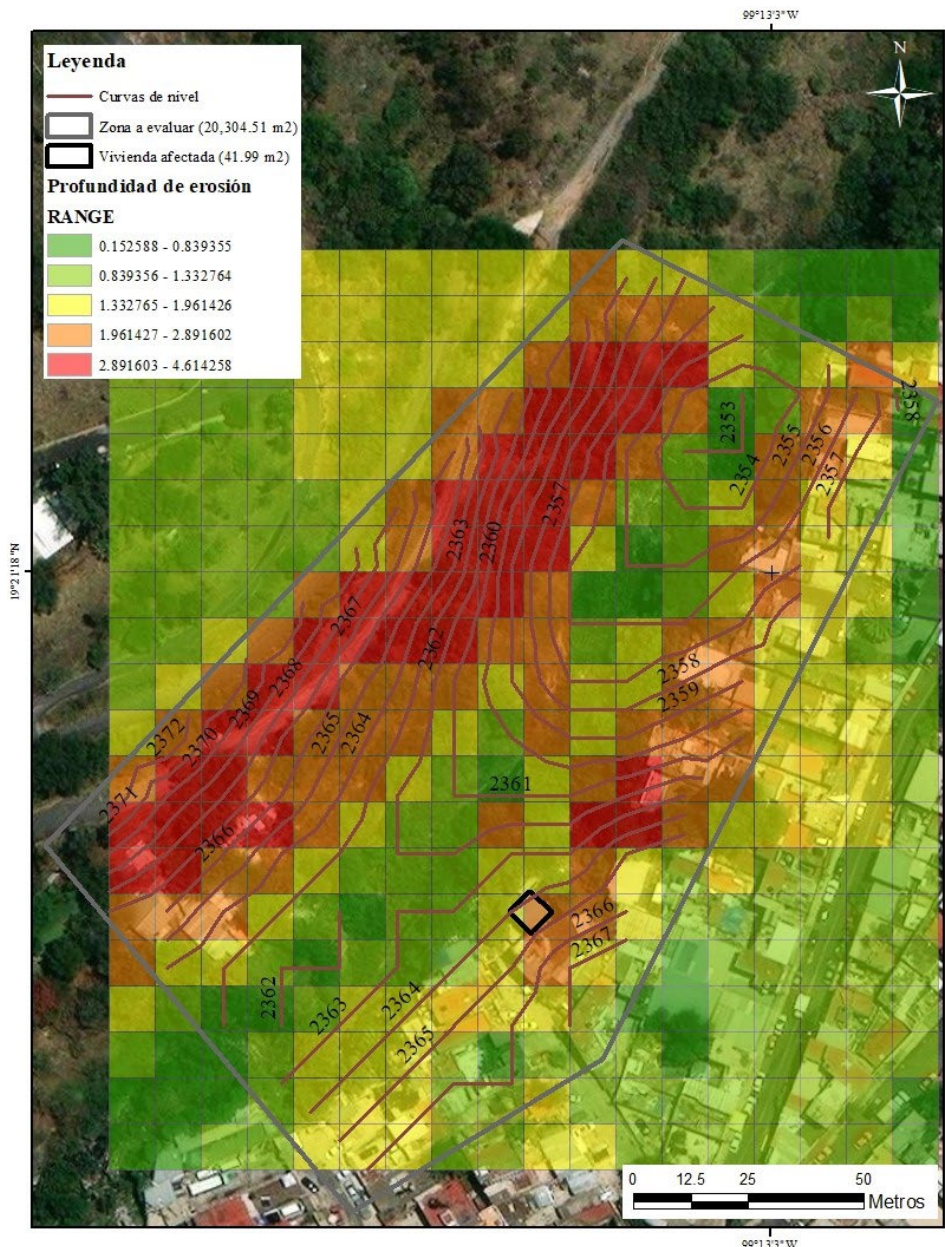
La conclusión del modelo final deberá ser interpretada por el autor, creando ajustes a los rangos de profundidad de erosión con el objetivo de ser equitativos, lo cual no deberá alterar el resultado cartográfico, precisando que el modelo podrá ser mejorado con muestras de laboratorio para reforzar la metodología utilizada.

RESULTADOS

La evidencia del trabajo por medio de fotointerpretación y análisis cuantitativo con SIG es de gran aporte en la actualidad, el resultado de la metodología trabajada a lo largo del manuscrito muestra la importancia de ubicar zonas con riesgo alto según el grado de erosividad, apoyándose en todo momento en el nivel de resiliencia urbana existente en la zona de estudio.

El primer mapa resultante revela que el domicilio georreferenciado y evaluado (figura 7), contiene un alto grado de profundidad de erosión; inclusive, se observa lo abrupto de la pendiente con base en las curvas de nivel, lo cual, combinado con la precipitación, potencia la posibilidad de deslizamientos de tierra y afectaciones a la infraestructura del domicilio evaluado.

Figura 7. Rangos de profundidad de erosión y curvas de nivel, colonia Las Águilas

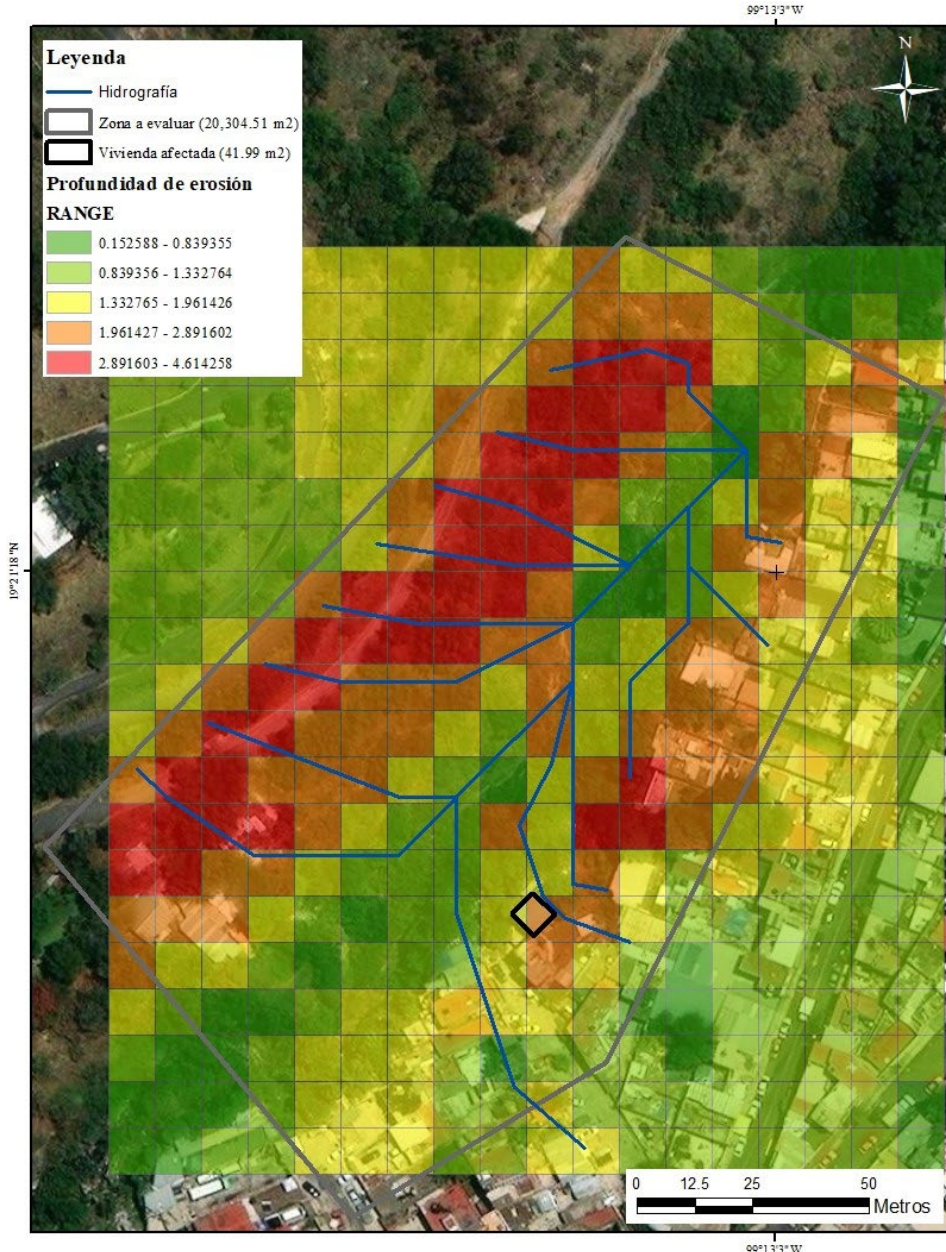


Fuente: elaboración propia (2022). CC BY.

El resultado del segundo mapa (figura 8) expone la reactivación de la red hidrográfica al existir precipitaciones en la zona examinada y, específicamente, en la vivienda

estudiada, observando que la construcción se encuentra muy cercana a una corriente de agua, lo cual potencializa los deslizamientos de tierra.

Figura 8. Rangos de profundidad de erosión e hidrografía, colonia Las Águilas



Fuente: elaboración propia (2022). CC BY.

El análisis de los dos mapas anteriores establece la posible instauración de algún reforzamiento de ingeniería civil y estudios geotécnicos en la estructura de la vivienda para evitar algún deslizamiento de tierra mayor (Suárez, 1998), con el objetivo de utilizar la resiliencia principalmente en beneficio de las personas que habitan dicho domicilio; sin embargo, en caso de que el riesgo sea tan alto que las características geográficas lo hagan

inhabitable, se deberá establecer algún tipo de reubicación consensuada.

Por otra parte, la generación de rangos de riesgo en zonas cercanas a la vivienda evaluada, según el resultado del modelo, podrá beneficiar la instauración de un posible aseguramiento perimetral con base en la profundidad de erosión, considerando otros aspectos como la pendiente, cantidad de precipitación y reactivación de la red hidrográfica.

DISCUSIÓN

Actualmente, la herramienta geoinformática en México que contiene datos sobre protección al habitante ante posibles deslizamientos de tierra es el Atlas de Riesgos de la CDMX (Portal, 2022), el cual provee información de utilidad en cuanto a la zonificación de inestabilidad de laderas de manera general, obtenido del análisis de datos georreferenciados mediante un determinado espacio-tiempo.

Se constató en la literatura existente que el enfoque en la adaptación por medio de resiliencia urbana no debe ser la única solución ante algún riesgo, sino que también se debe trabajar en los aspectos cartográfico, arquitectónico, geográfico y urbano, los cuales permiten formular soluciones certeras y reales que puedan ser aplicadas a las zonas evaluadas, para afrontar los diversos riesgos latentes en la población.

Por lo anterior, la metodología realizada en el presente manuscrito podría sumar un mayor nivel de detalle en cuanto al grado de

erosividad y otras características geográficas, con el objetivo de implementar protección civil real a la población en riesgo; con la particularidad de que el grado de error existente, dependiendo de la metodología geoinformática utilizada, podrá disminuirse y el aporte cartográfico apoyará considerablemente una posible reestructuración urbana.

Es importante aclarar que el objetivo de la metodología y los resultados del presente artículo se centran en el aporte a diversos métodos cartográficos aplicables en México y en otros países, aportando mayor información y precisión por medio de técnicas utilizadas en SIG, fotogrametría a partir de drones y puntos LiDAR, entre otros, con la finalidad de forjar a futuro modelos preventivos perfectos que permitan evitar decesos en la población ante deslizamientos de tierra y otras afectaciones por desastres que ocurren en diversas partes del mundo.

CONCLUSIONES

Los beneficios del modelo de la zona evaluada instituyen parámetros reales y medibles sobre el riesgo que presenta la población ante la posibilidad de un deslizamiento de tierra con base en la profundidad de erosión, la cual desgasta fuertemente la superficie de la tierra por acción mayormente antropogénica, puntualizando que en caso de existir lluvias extraordinarias es mayor el riesgo de presentar afectaciones de origen geomorfológico.

Es muy importante que la metodología implementada sea ejecutada en zonas donde las características del terreno sean evidentes en cuanto a un deslizamiento de tierra, recordando que es gratuita y se podrían cubrir grandes áreas de montaña a lo largo de la CDMX.

Los retos por superar con dicha modelación son su reforzamiento con posibles muestras en laboratorio para el modelamiento de procesos ante un posible deslizamiento (Mora, 2014), con el objetivo de conocer con precisión la composición geológica y edafológica; así mismo, es necesaria la visita constante a la zona examinada con el objetivo de realizar mediciones y contrastar los resultados del modelo elaborado.

Se debe aprovechar la resiliencia de la población por su enfrentamiento a catástrofes y al riesgo derivado de deslizamientos de tierra; sin embargo, no se deberá confiar solo en ello, ya que se deberán implementar mecanismos de protección a la población con base en las características geográficas del sitio por medio de modelos preventivos. Cabe precisar que dicha resiliencia urbana podría ser perjudicial en caso de presentarse algún deslizamiento que genere el deceso de personas habitantes de la zona en riesgo.

Por último, es importante mencionar que el rango de error de dicho modelo ejecutado en campo puede ser de 10 a 15 metros dependiendo de las características geomorfológicas del lugar; no obstante, al ser una metodología gratuita, es de gran valor su instauración e implementación en problemáticas reales que en la actualidad acontecen en la CDMX, en diversos lugares de la República mexicana y en distintas partes de América Latina, con el objetivo de prevenir y no solo resarcir el daño en las viviendas.

REFERENCIAS

- Aceves-Quesada, J., Legorreta-Paulín, G., Lugo-Hubp, J., Umaña-Romero, J., & Legorreta-Cuevas, H. (2016). Sistemas de información geográfica y cartografía geomorfológica aplicados al inventario de deslizamientos y cartografía de susceptibilidad en la cuenca del río El Estado, Pico de Orizaba, México. *Investigaciones geográficas*, (91), 43-55. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/46503>
- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). (2022). *Earth Data*. <https://search.asf.alaska.edu/#/>
- ArcGis. (2016). *¿Qué son los datos ráster?* Esri ArcMap. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
- Arner-Reyes, E. (2013). Resiliencia urbana: La adaptación a corto plazo para la recuperación a largo plazo después de las inundaciones en Canadá. *Ciencia en su PC*, (1), 52-65. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181326400005>
- Cortés-Ortiz, M., Hernández-Santana, J., & Aguilar-Martínez, A. (2021). Susceptibilidad a procesos de remoción en masa: Aproximación metodológica para la construcción de un índice de amenaza en Álvaro Obregón-Ciudad de México. *Entorno Geográfico*, (21), 47-76. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i21.11291>
- Díaz-Rivera, J., Pérez-Costa, D., Rodríguez-Álvarez, Y., & Febles-González, J. (2008). Determinación de índices de erosión de suelos aplicando análisis SIG para la localidad de San Andrés en la provincia de Pinar del Río. *Revista Chapingo*, 14(1), 15-19. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000100003&lng=es&tlng=es
- Duque-Gutiérrez, M., & Quintero-Olaya, J. (2013). La gestión integral del riesgo en territorios urbanos. *Nova*, 11(20), 121-127. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702013000200012&lng=en&tlng=es
- García-Vesga, M., & Domínguez-de la Ossa, E. (2013). Desarrollo teórico de la resiliencia y su aplicación en situaciones adversas: Una revisión analítica. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 11(1), 63-77. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-715X2013000100003&lng=en&tlng=es
- Gómez-Colorado, O., Horfán-Álvarez, D., & Londoño-Ciro, L. (2018). Análisis multicriterio SIG basado en momentos de orden superior normalizados para el cálculo de superficies de viabilidad ambiental. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 49-57. <https://doi.org/10.21500/20275846.3300>
- Metzger, P., & Robert, J. (2013). Elementos de reflexión sobre la resiliencia urbana: usos criticables y aportes potenciales. *Territorios*, 28, 21-40. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/2550>
- Mora, R. (2014). Contribución del laboratorio de geomecánica de la ECG-UCR al estudio de los deslizamientos en Costa Rica: los últimos 25 años. *Revista Geológica de América Central*, 1(número especial), 39-44. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i0.16548>
- Pacheco-Moreno, S., & Lewis-Concepción, A. (2007). Los deslizamientos progresivos como grandes destructores ambientales. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 11(42), 033-037. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212007000100006&lng=es&tlng=es
- Pacha, J., & Villamarín, G. (2018). Resiliencia urbana en ciudades intermedias de América Latina. *Medio Ambiente y Urbanización*, 88(1), 11-28. <https://www.ingentaconnect.com/contentone/iieal/meda/2018/00000088/00000001/art00002#>
- Páez, L., & Ornes, S. (2019). La resiliencia urbana: ¿Condición, proceso o fin? Reflexión para avanzar en la gestión integral de riesgo de desastres en ciudades. *Tekhné*, 22(3). <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/4460>
- Portal Atlas de Riesgos de la CDMX. (2022). *Atlas de Riesgos de la CDMX*. <https://www.atlas.cdmx.gob.mx/analisisn2/>

- Rivera-González, O. (2022). Inestabilidad de laderas y metodología para la reparación del daño y concientización, Santo Tomás Chautla, Puebla, México. *Revista Científica GeoLatitud*, 5(1), 44-54. <https://geolatitud.geoenergia.gob.ec/ojs/ojs/index.php/GeoLatitud/article/view/117/102>
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. <https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Suárez-Lastra, M., & Delgado-Campos, J. (2007). La expansión urbana probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista y dos alternativos para el año 2020. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 22(1), 101-142. <https://estudiosdemograficosyurbanos.colmex.mx/index.php/edu/article/view/1295>
- Trejo, Y. (2021, 03 de octubre). Desalojan a 13 personas por deslave en alcaldía Álvaro Obregón. *Periódico AS*. https://mexico.as.com/mexico/2021/10/04/actualidad/1633307689_586118.html



REVISTA DE

VOL. 26 No. 2

ARQUITECTURA

(Bogotá)

JULIO-DICIEMBRE 2024 • ISSN: 1657-0308 • E-ISSN: 2357-626X • PP. 1-272



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

Vigilada Mineducación



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones - CIFAR

Universidad Católica de Colombia
(2024, julio-diciembre). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 26(2), 1-272. DOI: 10.14718

ISSN: 1657-0308

E-ISSN: 2357-626X

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

Presidente

Édgar Gómez Betancourt

Vicepresidente - Rector

Francisco José Gómez Ortiz

Vicerrector Administrativo

Édgar Gómez Ortiz

Vicerrectora Académica

Idaly Barreto

Vicerrector de Talento Humano

Ricardo López Blum

Director de investigaciones

Edwin Daniel Durán Gaviria

Director Editorial

Carlos Arturo Arias Sanabria

FACULTAD DE DISEÑO

Decano

Werner Gómez Benítez 

Director de docencia

Jorge Gutiérrez Martínez

Directora de extensión

Luz Dary Abril Jiménez

Director de investigación

César Eligio-Triana

Director de gestión de calidad

Augusto Forero La Rotta

Comité asesor externo Facultad de Diseño

Édgar Camacho Camacho

Martha Luz Salcedo Barrera

Samuel Ricardo Vélez

Giovanni Ferroni del Valle

REVISTA DE
ARQUITECTURA
(Bogotá)

Portada:

Título de la imagen:

MEMORIA DE APÓSTOLES

Autor:

LUIS ALBERTO MARTÍNEZ CAMACHO 

Director

Werner Gómez Benítez 

Decano Facultad de Diseño

Universidad Católica de Colombia

Colombia Arquitecto

Editor

Doc.Arq. Rolando Cubillos-González

<https://orcid.org/0000-0002-9019-961X>

Scopus ID: 57298294100

Editora Ejecutiva

Anna Maria Cereghino-Fedrigo

<https://orcid.org/0000-0002-0082-1955>

Editores Académicos

Carolina Rodríguez-Ahumada

<https://orcid.org/0000-0002-3360-1465>

Pilar Suescún Monroy

<https://orcid.org/0000-0002-4420-5775>

Flor Adriana Pedraza Pacheco

<https://orcid.org/0000-0002-8073-0278>

Mariana Ospina Ortiz

<https://orcid.org/0000-0002-4736-6662>

Director Editorial

Carlos Arturo Arias Sanabria

Universidad Católica de Colombia

Apoyo editorial

María Paula Méndez R.

Universidad Católica de Colombia

Coordinador editorial

John Fredy Guzmán

Universidad Católica de Colombia

Diseño, montaje y diagramación

Daniela Martínez Díaz

Divulgación y distribución

Claudia Álvarez Duquino

REVISTA DE
ARQUITECTURA
(Bogotá)

**Revista de acceso abierto,
arbitrada e indexada**

Publindex: Categoría B. Índice Bibliográfico Nacional IBN

ESCI: Emerging Source Citation Index

DOAJ: Directory of Open Access Journals

Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

SciELO: Scientific Electronic Library Online - Colombia

Redib: Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

Ebsco: EBSCOhost Research Databases

Clase: Base de datos bibliográfica de revistas de ciencias sociales y humanidades

Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Directorio y catálogo)

Dialnet: Fundación Dialnet - Biblioteca de la Universidad de La Rioja

LatinRev: Red Latinoamericana de Revistas Académicas en Ciencias Sociales y Humanidades

Proquest: ProQuest Research Library.

Miar: Matrix for the Analysis of Journals

Sapiens Research: Ranking de las mejores revistas colombianas según visibilidad internacional

Actualidad Iberoamericana: (Índice de Revistas) Centro de Información Tecnológica (CIT)

Google Scholar

Arla: Asociación de Revistas latinoamericanas de Arquitectura

COMITÉ EDITORIAL Y CIENTÍFICO

Ph.D. Erica Norma Correa-Cantaloube

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET. Buenos Aires, Argentina

Ph.D. Teresa Cuervo-Vilches

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid, España

Ph.D. Margarita Greene

Pontificia Universidad Católica de Chile
CEDEUS - Centro de Desarrollo Urbano Sustentable.
Santiago, Chile

Ph.D. Carmen Egea Jiménez

Universidad de Granada. Granada, España

Ph.D. Clara Irazábal-Zurita

University of Missouri. Kansas City, Estados Unidos

Ph.D. Beatriz García Moreno

Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

M.Sc. Juan Carlos Pérpolis Valsecchi

Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia

Ph.D. Khirfan Luna

University of Waterloo. Waterloo, Canada

Ph.D. Dania González Coure

Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana, Cuba

Ph.D. Fernando Vela-Cossío

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España

Ph.D. Débora Domingo-Calabuig

Universitat Politècnica de València. Valencia, España

Ph.D. - HDR Jean Philippe Garric

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Paris, France

Ph.D. Maureen Trebilcock-Kelly

Universidad del Bío Bío. Concepción, Chile

Ph.D. Mariano Vázquez-Espí

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España

Ph.D. Denise Helena Silva-Duarte

Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil

Ph.D. Luis Gabriel Gómez Azpeitia

Universidad de Colima. Colima, México

Editorial

Av. Caracas N° 46-72, piso 5
Teléfono: (60 1)3277300 Ext. 5145
editorial@ucatolica.edu.co
www.ucatolica.edu.co
http://publicaciones.ucatolica.edu.co/



CONTENIDO

- 5 P. **ES** **Las conexiones interdisciplinarias en la investigación arquitectónica y urbana: un análisis de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)***
Interdisciplinary Connections in Architectural and Urban Research: an Analysis of the *Revista de Arquitectura (Bogotá)*
Anna María Cereghino-Fedrigo
- 29 P. **ES** **Bosques y desarrollo urbano sostenible en Guayaquil Metropolitano: un análisis multiescalar y comparativo**
Forests and Sustainable Urban Development in Metropolitan Guayaquil: a Multi-scalar and Comparative Analysis
Alina Delgado-Bohórquez • Carmen Ávila-Beneras • Katya Lorena Vasco-Palacios
- 53 P. **ES** **La importancia de los aplicativos móviles para aprender sobre arquitectura bioclimática en la academia**
The Importance of Mobile Applications for Learning About Bioclimatic Architecture in Academia
Hernando Gutiérrez-Rodríguez
- 75 P. **ES** **Evaluación de estrategias de enverdecimiento vertical en clima árido: el caso de las fachadas verdes**
Evaluation of Vertical Greening Strategies in Arid Climates: the Case of Green Facades
Pablo Abel Suárez-Gómez • María Alicia Cantón-Ivanissevich • Érica Norma Correa-Cantaloube
- 91 P. **ES** **Complejidad y depuración morfológica en experiencias docentes desde la modelación prearquitectural: eterno retorno de las formas puras**
Complexity and Morphological Refinement in Teaching Experiences through Pre-Architectural Modeling: eternal Return of Pure Forms
Ómar Cañete-Islas
- 109 P. **PR** **Análise entre percepção de risco de desastres naturais com a satisfação do usuário no contexto residencial**
Analysis of Natural Disaster Risk Perception and User Satisfaction in Residential Context
Iolanda Geronimo Del-Roio • Beatrice Lorenz-Fontolan • Aline Ramos-Esperidião • Alfredo Iarozinski-Neto
- 123 P. **ES** **Resiliencia urbana y modelos cartográficos de prevención ante riesgo de deslizamientos de tierra, Ciudad de México**
Urban Resilience and Cartographic Models for Landslide Risk Prevention, Mexico City
Óscar Daniel Rivera-González

- 135 P.** **ES** **Método constructivo para una arquitectura vernácula en La Yerbabuena, Jalisco, México**
Construction Method for a Vernacular Architecture in La Yerbabuena, Jalisco, Mexico
Alma-Alicia Robles-Ponce • Francisco José Martín del Campo-Saray • José Francisco Armendáriz-López
- 151 P.** **ES** **Estimación del confort térmico en espacios exteriores: evaluación del periodo frío en Ensenada, Baja California**
Calculation of Thermal Comfort in Outdoor Spaces: evaluation of the Cold Season in Ensenada, Baja California
Elizabeth Martínez-Bermúdez • Julio César Rincón-Martínez
- 167 P.** **EN** **Bibliometric Analysis of the Relationship between Stress and the Built Environment (1993-2023)**
Análisis bibliométrico de la relación entre el estrés y el entorno construido (1993-2023)
Ayşe Şahiner-Tufan • Reyhan Midilli-Sarı
- 189 P.** **ES** **Propuesta metodológica para la identificación de potenciales corredores verdes urbanos. Estudio de caso: Temuco, Chile**
Methodological Proposal for the Identification of Potential Urban Green Corridors. Case study: Temuco, Chile
Roberto Moreno • Ángel Lora-González • Carmen Galán • Ricardo Zamora-Díaz
- 205 P.** **ES** **Tras la recuperación de la quebrada Machángara en Quito**
After the Recovery of the Machángara Stream in Quito
Matheo Vallejo • M. Lenin Lara-Calderón
- 219 P.** **ES** **Metodología para valoración del patrimonio construido: una mirada desde la relación sol-edificio. Caso de estudio: Universidad del Valle**
Methodology for the Assessment of Built Heritage: a View from the Sun-Building Relationship. Case Study: Universidad del Valle
Walter Giraldo-Castañeda • Alejandro Guerrero-Torrenegra • Andrés Felipe De Los Ríos-Arce
- 235 P.** **ES** **(Re)construcción arquitectónica del conjunto religioso de La Cruz de Zacate de Tepic: encrucijada de influencias**
Architectural (Re)construction of the Religious Complex of La Cruz de Zacate in Tepic: a Crossroads of Influences
Raymundo Ramos-Delgado • Carlos E. Flores-Rodríguez
- 255 P.** **ES** **Metodologías participativas en arquitectura: las propuestas pioneras de Turner, Habraken y Alexander**
Participatory Methodologies in Architecture: pioneering Proposals by Turner, Habraken and Alexander
Juan Santiago Palero