Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

Análisis de la resiliencia de la forma urbana, el caso de la Unidad Vecinal 321 en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

Analysis of the resilience of urban form: The Case of Unidad Vecinal 321 in Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

Análise da resiliência da forma urbana: o caso da Unidade Vecinal 321 em Santa Cruz de la Sierra, Bolívia

Ricardo Ruiz Garvia,
MSc. Universitat Politècnica de València.
ricardoruiz@upsa.edu.bo
https://orcid.org/0000-0002-7448-6707

Recibido: mayo 27 de 2024
Aceptado: febrero 26 de 2025
Publicado: Mayo 15 de 2025

Resumen

El objetivo general de la investigación fue medir el grado de resiliencia urbana a partir de cinco indicadores: diversidad, conectividad, redundancia, modularidad y eficiencia de los manzanos situados dentro de la Unidad Vecinal 321 en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Los resultados aportaron información determinante para fortalecer la resiliencia de esta zona periurbana de manera sostenible. Las conclusiones ponen en evidencia que la ciudad posee una serie de cualidades en su forma urbana, las cuales se omiten durante su desarrollo.

Palabras clave: Resiliencia urbana; Morfología urbana; Planificación urbana; Sostenibilidad; Indicadores urbanos.

Abstract

The general objective of the research was to measure the degree of urban resilience based on five indicators: diversity, connectivity, redundancy, modularity, and efficiency of the blocks located within Neighborhood Unit 321 in the city of Santa Cruz de la Sierra. The results provided crucial information to sustainably strengthen the resilience of this peri-urban area. The conclusions highlight that the city possesses a series of qualities in its urban form, which are often overlooked during its development.

Keywords: *Urban resilience; Urban morphology; Urban planning; Sustainability; Urban indicators.*

Resumo

O objetivo geral da pesquisa foi medir o grau de resiliência urbana com base em cinco indicadores: diversidade, conectividade, redundância, modularidade e eficiência dos quarteirões localizados dentro da Unidade Vizinhal 321 na cidade de Santa Cruz de la Sierra. Os resultados forneceram informações determinantes para fortalecer de forma sustentável a resiliência dessa área periurbana. As conclusões evidenciam que a cidade possui uma série de qualidades em sua forma urbana, que são frequentemente ignoradas durante seu desenvolvimento.

Palavras-chave: *Resiliência urbana; Morfologia urbana; Planejamento urbano; Sustentabilidade; Indicadores urbanos.*

Introducción

Santa Cruz de la Sierra es una ciudad situada en el oriente boliviano, ubicada en la llanura de transición entre el bosque seco tropical latinoamericano y la Amazonia. Su crecimiento demográfico experimentó un aumento exponencial a partir de su integración vial en la década de 1950, superando todas las previsiones de expansión urbana y poblacional (Limpias, 2016).

Este crecimiento acelerado trajo consigo un proceso de urbanización desordenado, generando conflictos espaciales y socioeconómicos que fueron identificados por los actores locales. Como respuesta, entre 1958 y 1961, la empresa ítalo-brasileña Techint desarrolló un plan urbanístico moderno, estableciendo una estructura urbana que, en gran medida, aún define el trazado de la ciudad (Limpias, 2010).

A pesar de esta planificación inicial, en la actualidad Santa Cruz de la Sierra enfrenta desafíos significativos, como la expansión informal del tejido urbano, la segregación socioespacial, la inestabilidad sociopolítica y la degradación ambiental progresiva.

Estos problemas se ven agravados por amenazas globales que intensifican la vulnerabilidad urbana. En particular, el cambio climático ha generado impactos impredecibles con un incremento en la frecuencia e intensidad de olas de calor, sequías e inundaciones que afectan principalmente a la región tropical amazónica (Maulana et al., 2019). Además, la incidencia de enfermedades tropicales como malaria, fiebre amarilla y dengue representa un riesgo creciente para la población urbana (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2021).

Frente a este contexto de vulnerabilidad, la presente investigación plantea la hipótesis de que la ciudad de Santa Cruz de la Sierra posee cualidades en su forma urbana que son omitidas durante su desarrollo. Para evaluar esta premisa, se adopta un enfoque basado en la morfología urbana, analizando una unidad vecinal representativa de la ciudad a través de cinco indicadores clave de resiliencia urbana: diversidad, conectividad, redundancia, modularidad y eficiencia (Feliciotti, Romice y Porta, 2016).

El análisis se desarrolla en tres niveles: la edificación de base, la configuración de las manzanas y la estructura de la unidad vecinal en su conjunto. En el apartado de resultados, se contrastan estos atributos de resiliencia desde una perspectiva multiescalar, permitiendo identificar patrones que inciden en la capacidad de adaptación y transformación del tejido urbano.

En la discusión, se establece un análisis transversal que vincula los hallazgos con el marco teórico formulado, evaluando la efectividad de la metodología aplicada y la validez de los resultados obtenidos. De este modo, se ofrece una aproximación estructurada que confirma la pertinencia del enfoque propuesto y cumple con el objetivo general de determinar el grado de resiliencia del medio urbano cruceño, a partir de los cinco indicadores mencionados. Asimismo, se plantea la necesidad de incorporar estos hallazgos en estrategias de planificación urbana que fomenten una mayor sostenibilidad y equidad en el desarrollo de la ciudad.

Marco teórico

Morfología urbana

La morfología urbana estudia los asentamientos humanos, su estructura y su evolución en el tiempo, abarcando tanto los procesos de formación como de transformación del tejido metropolitano (Kropf, 2017). Durante las últimas décadas, esta disciplina ha cobrado especial relevancia, ya que permite establecer una taxonomía del medio urbano, facilitando su análisis y comprensión en un contexto de crecimiento y cambio continuo (Oliveira, 2016).

Más allá de la percepción subjetiva del entorno construido, la morfología urbana proporciona un enfoque estructurado para examinar el origen y consolidación de las ciudades, permitiendo identificar patrones de desarrollo y reconocer a los actores involucrados en su transformación. Este enfoque, basado en el análisis de la configuración espacial y su dinámica temporal, contribuye a una visión científica del fenómeno urbano, alejándose de interpretaciones superficiales (Kropf, 2017).

Si bien las ciudades han sido motores fundamentales del desarrollo humano, su gestión dentro del marco del desarrollo sostenible sigue siendo una tarea pendiente. La expansión urbana descontrolada, la degradación ambiental y la desigualdad en el acceso

a los servicios básicos han generado retos que demandan una planificación más integrada y resiliente. En este contexto, la morfología urbana no solo proporciona herramientas analíticas, sino que también permite articular estrategias de planificación que vinculen de manera eficiente las dimensiones social, económica y ambiental del desarrollo urbano (Kropf, 2017).

El estudio de la morfología urbana adquiere un papel determinante en la promoción de la sostenibilidad, ya que posibilita la identificación de patrones urbanos que fomentan una mejor calidad de vida y una mayor adaptación al cambio climático. Su aplicación permite evaluar la eficiencia del tejido urbano, y formular estrategias orientadas a fortalecer la resiliencia de las ciudades en ámbitos como el medioambiente, la salud pública, la movilidad y la equidad social.

Cinco indicadores de resiliencia de la forma urbana

UN-Habitat (2021) define la resiliencia urbana como la capacidad de los sistemas urbanos para mantener su funcionalidad y continuidad frente a cambios, impactos o catástrofes. Un entorno urbano resiliente no solo reacciona ante eventos adversos, sino que evalúa, planea y actúa para reducir vulnerabilidades y gestionar riesgos de manera proactiva.

Esta visión ha sido clave en la incorporación del concepto de resiliencia en la agenda global, consolidándose como un eje fundamental en las estrategias de transformación y reconstrucción urbana de la última década (Feliciotti, Romice y Porta, 2016). La resiliencia, por tanto, no debe entenderse únicamente como una respuesta ante emergencias, sino como un mecanismo permanente de adaptación, intrínseco a la planificación urbana sostenible (Inzulza et al., 2021).

En este contexto, la adaptación y la mitigación se presentan como estrategias esenciales para reducir la vulnerabilidad y los riesgos asociados a diversas amenazas urbanas (Hamin y Gurran, 2009, citado en Oliveira, 2016). En el caso de Santa Cruz de la Sierra, la resiliencia es un concepto clave, dada la exposición de la ciudad a

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

problemáticas locales y globales, como el crecimiento desordenado, la falta de planificación integral y los efectos del cambio climático. Sin embargo, a pesar de su importancia, la resiliencia urbana ha sido abordada de manera fragmentaria, sin establecer una relación clara con la morfología urbana y sus implicaciones en la sostenibilidad y el desarrollo de la ciudad (Prado, 2019).

Para abordar esta problemática, el grupo de investigadores de la Universidad de Strathclyde, Alessandra Feliciotti, Ombretta Romice y Sergio Porta, identificó una serie de atributos estructurales que permiten evaluar la resiliencia de un entorno urbano. En su estudio *Design for Change: Five Proxies for Resilience* (2016), los autores formulan una matriz de cinco indicadores clave de resiliencia de la forma urbana (figura 1).

Figura 1. Indicadores de resiliencia.

Indicador de Resiliencia	Descripción
Diversidad	Representa la variedad de funciones, usos del suelo y tipologías edificatorias dentro del tejido urbano. Un entorno diverso favorece la adaptabilidad y la capacidad de recuperación ante cambios repentinos.
Conectividad	Hace referencia al grado de integración y accesibilidad dentro de la red urbana. Una mayor conectividad permite una movilidad más eficiente y una mejor respuesta ante eventos disruptivos.
Modularidad	Describe la independencia relativa de los distintos componentes urbanos. La existencia de módulos autosuficientes dentro de la ciudad mejora la capacidad de recuperación sin afectar al sistema en su conjunto.
Redundancia	Se relaciona con la existencia de múltiples opciones para una misma función urbana, lo que permite que el sistema siga operando a pesar de la falla de unelemento específico.
Eficiencia	Evalúa la capacidad del entorno urbano para optimizar recursos y minimizar impactos negativos, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

Fuente: elaboración propia con base en “Design for change: five proxies for resilience in the urban form” de Alessandra Feliciotti, Ombretta Romice y Sergio Porta (2024).

Estos indicadores ofrecen una metodología multiescalar y adaptable, permitiendo evaluar la resiliencia en diferentes niveles del tejido urbano, desde la edificación hasta la configuración general de la ciudad. Su enfoque interdisciplinario permite establecer

relaciones entre la morfología urbana, la planificación territorial y la sostenibilidad, facilitando la transferencia de estos principios a distintos contextos urbanos.

La integración de estos indicadores en la planificación urbana responde a los compromisos globales asumidos en los últimos años. Su aplicación se encuentra alineada con el epígrafe 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, 2015), que promueve ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Asimismo, guarda coherencia con los lineamientos de la Conferencia Habitat III (2016) y la Nueva Agenda Urbana (ONU-Habitat, 2017), reforzando la necesidad de incorporar la resiliencia como eje fundamental en el diseño y la gestión del territorio.

Estudio de caso

La figura 2 muestra la estructura urbana de Santa Cruz de la Sierra, ciudad conformada por doce distritos, cada uno integrado por un conjunto de unidades vecinales que articulan la organización territorial. Para este estudio, se ha seleccionado como caso de análisis una de estas unidades, ubicada en el Distrito 6.

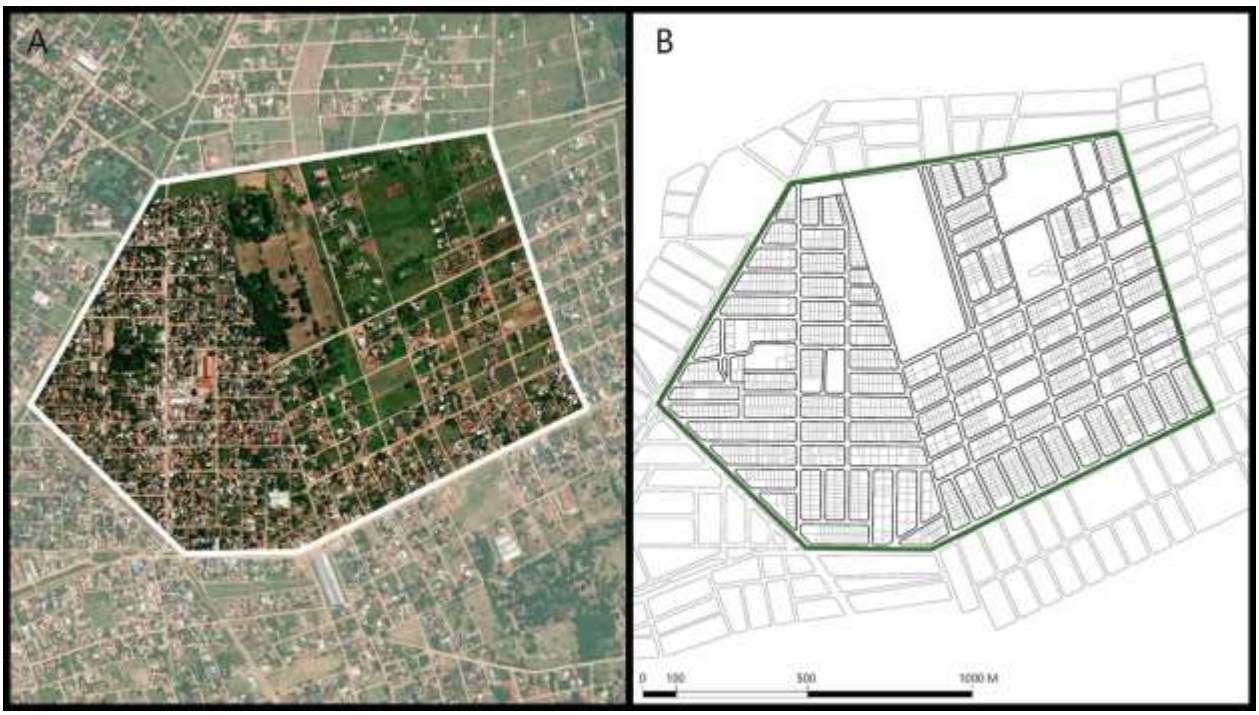
Figura 2. A: estructura distrital de Santa Cruz de la Sierra. B: Distrito 6, Unidad Vecinal 321.



Fuente: A: elaboración propia con base en Google Earth, (2024). B: elaboración propia con base en Google Earth (2023).

Este sector ha sido denominado oficialmente desde hace una década como Unidad Vecinal 321, según la clasificación establecida por la oficina encargada de la regulación urbana. Sin embargo, su población local lo reconoce como "Barrio El Retoño", lo que evidencia una diferencia entre la nomenclatura técnica y la identidad barrial construida por sus habitantes. La unidad vecinal se localiza en una zona periférica, específicamente en el noreste del límite urbano de la ciudad. Esta ubicación es relevante, ya que refleja las dinámicas de expansión urbana del tejido periférico de la ciudad (figura 3).

Figura 3. A: imagen satelital, Unidad Vecinal 321. B: plano urbano, Unidad Vecinal 321.



Fuente: A: elaboración propia con base en Google Earth, (2023). B: elaboración propia (2023).

El análisis de este caso permite evaluar los cinco indicadores de resiliencia urbana en un contexto caracterizado por crecimiento acelerado, fragmentación del tejido urbano y desafíos en la planificación y gestión territorial. La identificación de patrones morfológicos y su relación con la resiliencia urbana en esta unidad vecinal ofrece los insumos para comprender la estructura de la ciudad y formular estrategias de planificación más eficientes y sostenibles.

Es importante destacar que los cinco indicadores de resiliencia urbana formulados por los autores presentan una aproximación multiescalar y adaptable. En este estudio, se aplican al análisis de la Unidad Vecinal 321, abordando diferentes niveles de escala. Primero, se examina la configuración general del tejido urbano de la unidad vecinal, identificando sus patrones morfológicos. Luego, se selecciona y analiza una manzana tipo como muestra representativa, permitiendo una evaluación detallada de su estructura y funcionalidad. Finalmente, el estudio se centra en una edificación tipo, explorando su proceso tipológico evolutivo y su relación con la resiliencia urbana (Kropf, 2006).

Metodología

Siguiendo esta estructura metodológica, el estudio comienza con el reconocimiento de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, identificando su estructura urbana general y seleccionando como caso de estudio la Unidad Vecinal 321. Posteriormente, se profundiza en el análisis de casos, caracterizando los elementos constituyentes del tejido urbano en esta unidad vecinal.

Para la evaluación de la resiliencia urbana, se adoptó un enfoque basado en la identificación y cuantificación de patrones morfológicos a través de un levantamiento cartográfico, mediante imágenes satelitales y observación in situ. En este proceso, se analizaron la configuración de lotes, edificaciones y usos del suelo, permitiendo reconocer la evolución de la forma urbana y su impacto en la resiliencia.

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

El estudio se fundamentó en la aplicación de los cinco indicadores de resiliencia urbana propuestos por Feliciotti, Romice y Porta (2016): diversidad, conectividad, redundancia, modularidad y eficiencia, los cuales permiten examinar el grado de flexibilidad y estabilidad del entorno urbano frente a eventos disruptivos.

La medición de la resiliencia en la Unidad Vecinal 321 se realizó a partir de tres niveles de análisis:

- Escala vecinal: se evaluó la diversidad en la red vial, considerando la jerarquización de los trayectos y su relación con la accesibilidad y movilidad urbana.
- Escala de manzana: se efectuó un análisis de la subdivisión de lotes y su incidencia en la diversidad funcional, identificando la coexistencia de diferentes usos del suelo y su efecto en la resiliencia urbana.
- Escala edificatoria: se documentó el proceso tipológico evolutivo de las edificaciones, desde estructuras básicas hasta su consolidación en edificios de uso mixto.

A través de estos criterios, se estableció una relación directa entre la morfología urbana y la resiliencia, identificando oportunidades de intervención y estrategias para la planificación urbana sostenible. Finalmente, la información obtenida fue analizada en el apartado de discusión, donde se establecieron correlaciones entre los hallazgos y el marco teórico. La evaluación final se presenta en las conclusiones, consolidando los resultados y señalando líneas de investigación futuras en torno al diseño urbano resiliente.

Resultados

Diversidad de la forma urbana en la Unidad Vecinal 321

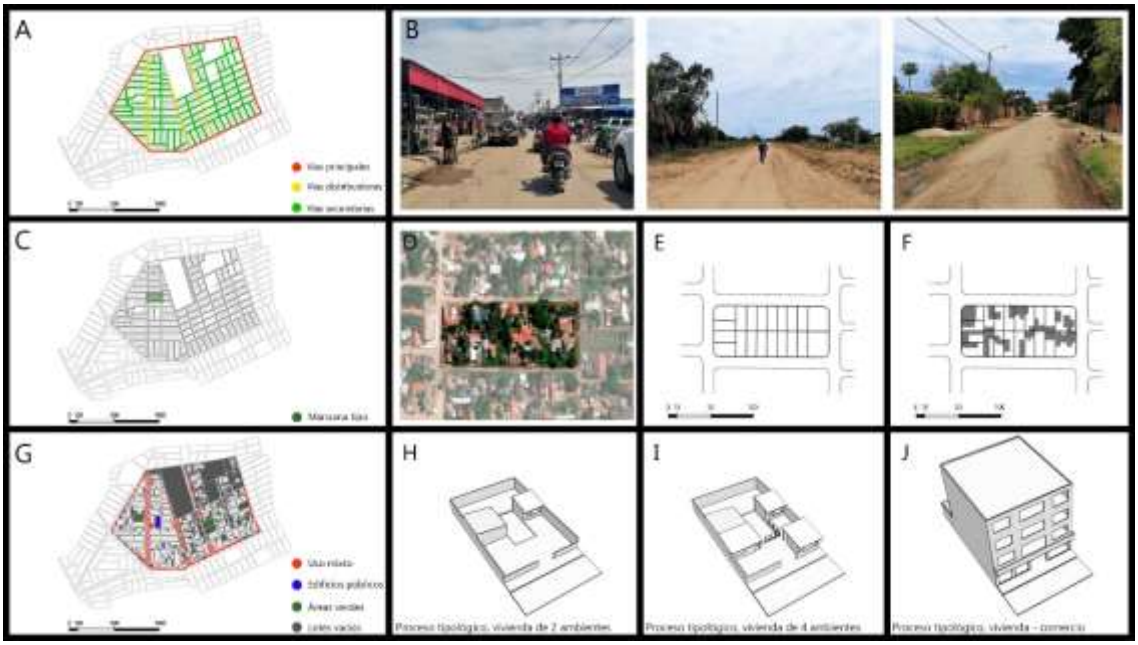
La diversidad es un atributo fundamental que incrementa la vitalidad económica y social en las ciudades contemporáneas (Gehl, 2010). Diversos autores han analizado su

impacto desde una perspectiva sociológica, destacando entre ellos Jane Jacobs, William "Holly" Whyte y Jan Gehl, quienes argumentan que la diversidad urbana favorece la interacción social, la accesibilidad y la seguridad. Sin embargo, la diversidad no solo se manifiesta en el uso del espacio urbano, sino también en su forma morfológica, lo que ha llevado a diversas Escuelas de Morfología Urbana a estudiarla desde una perspectiva estructural y espacial.

Una ciudad con una morfología diversa posee una variedad de formas urbanas, más allá de su función específica (Oliveira, 2016). Esta diversidad otorga a los espacios urbanos una capacidad intrínseca de adaptabilidad y resiliencia, permitiéndoles mantener su dinamismo ante cambios en la economía, la tecnología y la cultura (Montgomery, 1998, citado en Feliciotti, Romice y Porta, 2016). De este modo, una morfología heterogénea favorece la capacidad de recuperación de las ciudades frente a eventos disruptivos (Feliciotti, Romice y Porta, 2016).

Tal como se observa en la figura 4, la Unidad Vecinal 321 presenta una notable heterogeneidad en su tejido urbano. La morfología del sector se caracteriza por una diversidad en la jerarquía vial, lo que se evidencia en la diferenciación de trayectos: vías principales -en rojo- que estructuran y delimitan la unidad vecinal; vías distribuidoras -en amarillo- que facilitan la conexión interna; vías secundarias -en verde- que proporcionan acceso a zonas residenciales y comerciales. La coexistencia de estas jerarquías viales fomenta la accesibilidad y la conectividad, facilitando el flujo de personas y actividades dentro de la unidad vecinal (figura 4, A).

Figura 4. A: red vial, Unidad Vecinal 321. B: imágenes del entorno urbano. C: localización manzana de muestra. D: imagen satelital manzana de muestra. E: (falta esta descripción) F: parcelamiento de la manzana de muestra. G: plano Figura - Fondo de la Manzana de muestra. H: proceso tipológico, vivienda de dos ambientes. J: proceso tipológico, vivienda de cuatro ambientes. I: proceso tipológico, vivienda – comercio de cuatro niveles.



Fuente: elaboración propia (2024).

La diversidad morfológica en una ciudad se ve influenciada por la subdivisión de sus manzanas y lotes. Según Feliciotti (2018), una mayor subdivisión dentro de una manzana genera una mayor variedad de usos y dinámicas urbanas, promoviendo la resiliencia. En el caso de la Unidad Vecinal 321, el análisis revela que su manzana tipo está compuesta mayoritariamente por lotes con 12 metros de frente.

Esta configuración permite una mayor diversidad de usuarios y usos, al generar espacios aptos tanto para vivienda como para actividades económicas. Por otra parte, favorece una dinámica urbana más vibrante, al estimular la interacción social y la presencia de servicios en proximidad, también aporta una mayor flexibilidad en la adaptación de las edificaciones, lo que refuerza la capacidad de resiliencia del área (figura 4, C-D-E).

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

La edificación típica en la Unidad Vecinal 321 se caracteriza por un proceso de consolidación progresiva, que permite la adaptación del espacio construido a las necesidades cambiantes de sus habitantes. Este desarrollo se estructura en tres fases principales. Una fase inicial donde la edificación se compone de uno o dos ambientes básicos, destinados exclusivamente a vivienda.

En una fase intermedia se incorporan espacios comerciales o productivos, como tiendas o talleres, que funcionan como áreas de trabajo para los residentes. En la fase final la edificación original se amplía o se sustituye por una estructura de uso mixto, consolidándose como vivienda-comercio de tres o cuatro niveles (figura 4, G-H-I).

Este modelo de transformación progresiva refleja una estrategia de adaptación que maximiza el aprovechamiento del suelo, permite la diversificación de usos y fortalece la resiliencia urbana al integrar vivienda y actividad económica en un mismo espacio.

Conectividad de la forma urbana de la Unidad Vecinal 321

Las ciudades funcionan como organismos con un alto grado de interconexión, donde la conectividad permite que los distintos elementos del tejido urbano se articulen con la estructura general de la ciudad y, de manera sucesiva, con otras aglomeraciones urbanas (Oliveira, 2016). Este atributo es importante en la dinámica urbana, ya que facilita la movilidad, promueve el desarrollo de actividades y mejora la calidad de vida de sus habitantes. De igual forma, la conectividad influye positivamente en la accesibilidad del medio urbano, que es determinante para la resiliencia de las ciudades (Kropf, 2016).

No obstante, la conectividad excesiva también puede representar un factor de vulnerabilidad, ya que facilita la propagación de crisis urbanas, como congestión vial, contaminación y la rápida diseminación de desastres (Stockholm Resilience Center, 2021). Por ello, el objetivo primordial en la planificación urbana debe ser la búsqueda de un equilibrio adecuado, donde la conectividad favorezca la eficiencia y la integración sin comprometer la seguridad ni la estabilidad del entorno urbano.

Según Caniggia y Maffei (1995), los trayectos constituyen el elemento esencial de la conectividad urbana, ya que permiten el acceso a los distintos espacios y conforman las redes que articulan el resto de los componentes del tejido metropolitano. En este sentido, los trayectos no solo cumplen una función de movilidad, sino que también establecen relaciones espaciales que estructuran el entorno construido.

Cuando las edificaciones se conectan con los trayectos, generan lo que los autores denominan "banda de pertinencia", un concepto que describe la relación entre los trayectos, las manzanas y las edificaciones establecidas (figura 5, B). Este vínculo es clave para la conformación de tejidos urbanos equilibrados, donde la organización espacial favorezca la accesibilidad sin comprometer la estabilidad del sistema. Un tejido urbano bien conectado, pero con un balance óptimo, contribuye a la resiliencia urbana, ya que permite la adaptación a cambios y la redistribución de funciones en respuesta a diferentes dinámicas urbanas.

Figura 5. A: red vial y lotes vacíos, Unidad Vecinal 321. B: conectividad de manzana. C: conectividad de la edificación de base.



Fuente: elaboración propia (2024).

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

La Unidad Vecinal 321 presenta una estructura de conectividad articulada en tres niveles. En primer lugar, la conectividad distrital se establece a través de las vías principales, que vinculan la unidad vecinal con el resto del distrito y la ciudad. En segundo lugar, la conectividad interna se organiza mediante vías distribuidoras y secundarias, que facilitan la movilidad y mejoran la accesibilidad dentro del sector. Finalmente, la conectividad edificatoria surge de la interacción entre los espacios privados y el espacio público, influenciada por el uso mixto predominante en el área, lo que favorece la integración y dinamización del entorno urbano.

A pesar de esta estructura jerárquica, la presencia de grandes predios vacíos dentro de la unidad vecinal representa un obstáculo significativo para la conectividad interna. Estas áreas interrumpen la continuidad del tejido urbano, generando vacíos funcionales que limitan la movilidad y reducen la eficiencia del sistema de trayectos (figura 5, A). Este fenómeno impacta negativamente en la integración del sector, afectando su capacidad para sostener dinámicas urbanas activas y resilientes.

El diseño de las manzanas en la Unidad Vecinal 321 presenta dimensiones de 100 metros de largo por 60 metros de ancho, una proporción que favorece la creación de trayectos caminables bien articulados. Esta configuración espacial facilita la movilidad peatonal y mejora la accesibilidad dentro del sector, lo que contribuye a la calidad urbana y, por ende, incrementa la resiliencia del entorno (figura 5, B). Una morfología urbana con manzanas de dimensiones óptimas fomenta la integración de los espacios, permitiendo una mejor distribución de usos y funciones. Además, promueve un entorno más accesible y seguro, facilitando la interacción social y reduciendo la dependencia del transporte motorizado.

A nivel edificatorio, la vocación vecinal hacia un uso mixto se manifiesta como un factor clave en la conectividad urbana. La coexistencia de vivienda y comercio genera una relación más estrecha entre el espacio público y el privado, promoviendo la actividad

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

y la dinamización de las calles (figura 5, C). Este modelo de desarrollo urbano favorece la resiliencia, ya que permite una adaptación flexible de los usos del suelo en función de las necesidades cambiantes de la comunidad. La conectividad edificatoria no solo influye en la accesibilidad física, sino también en la cohesión social y económica, al facilitar la proximidad de servicios esenciales y fomentar la interacción entre residentes y comerciantes. Este enfoque fortalece la capacidad adaptativa de la unidad vecinal, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

Redundancia de la forma urbana de la Unidad Vecinal 321

En el estudio de la morfología urbana, la redundancia se destaca como un atributo que proporciona certidumbre a la población ante eventos disruptivos, tales como inundaciones, pandemias o crisis sociales. De acuerdo con el Stockholm Resilience Center (SRC, 2021), en una comunidad bien conectada, donde las funciones se superponen y existen elementos redundantes, pueden florecer la creatividad y la adaptabilidad. Sin embargo, el mismo organismo reconoce que la redundancia rara vez es gestionada en el ámbito urbano, lo que limita su potencial como estrategia de resiliencia.

En el tejido urbano, la repetición de trayectos, manzanas y edificaciones permite lidiar con lo inesperado, garantizando continuidad y estabilidad mediante procesos morfotipológicos continuos. Este atributo actúa como un mecanismo de seguridad, asegurando la funcionalidad del entorno frente a fallos en el sistema urbano. Un sistema redundante minimiza el riesgo de estancamiento ante la adversidad, ya que la repetición de ciertos elementos permite la disponibilidad de sustitutos, favoreciendo la continuidad de funciones (Anderies, 2014, citado en Feliciotti, Romice y Porta, 2016).

Si bien la redundancia podría parecer contradictoria frente a la diversidad, ambos atributos cumplen funciones distintas en la resiliencia urbana. Mientras que la diversidad genera una variedad de formas y usos que dinamizan la ciudad, la redundancia aporta legibilidad y previsibilidad, proporcionando certidumbre a la población. En este sentido,

la redundancia de vías en la Unidad Vecinal 321 mejora la integración del transporte público y facilita el desarrollo de actividades cotidianas en el interior del sector, asegurando la movilidad de sus habitantes.

La redundancia se manifiesta principalmente en la configuración de las manzanas, cuya repetición y la uniformidad en la subdivisión de lotes favorecen la activación de tipologías arquitectónicas homogéneas, lo que permite su evolución progresiva a lo largo del tiempo. En la edificación, la prevalencia de lotes de 12 metros de frente proporciona consistencia tipológica, lo que reduce la incertidumbre en la población. Este aspecto es especialmente relevante en contextos donde las construcciones son autogestionadas, sin la intervención directa de un arquitecto.

La redundancia también se observa en la distribución de los espacios públicos, particularmente en los equipamientos deportivos. La repetición de estos espacios en diferentes zonas de la unidad vecinal refuerza la legibilidad urbana y genera un mayor sentido de pertenencia. Además, su presencia contribuye a la sociabilidad, la salud y la calidad de vida de los habitantes, al ofrecer áreas accesibles para la recreación y el esparcimiento (figura 6).

Figura 6. Área verde y cancha deportiva, Unidad Vecinal 321.



Fuente: elaboración propia (2024).

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

Modularidad en la forma urbana de la Unidad Vecinal 321

La modularidad urbana se define como un sistema descentralizado, donde los módulos organizan funciones y servicios mediante una fuerte conexión interna. A su vez, estos módulos se interconectan externamente a través de redes de largo alcance con vínculos más débiles. Este principio opera en múltiples escalas, estructurando la ciudad desde los elementos más básicos hasta su configuración territorial (Feliciotti, Romice y Porta, 2016).

Un ejemplo ilustrativo de esta jerarquía modular se observa en la secuencia de escalas urbanas que se dispone por materiales y componentes de una edificación, organizados en módulos que determinan la funcionalidad y espacialidad del edificio, luego edificaciones individuales, que se agrupan para conformar una manzana y después, un grupo de manzanas se articulan para dar forma a una unidad vecinal. Esta estructuración modular permite la adaptabilidad del entorno urbano, asegurando una transición fluida entre diferentes escalas del tejido.

La modularidad es un elemento importante para la resiliencia urbana, ya que permite un grado de autonomía relativo entre módulos, evitando la sobreconexión y facilitando la adaptación ante cambios (Pickett, Cadenasso y McGrath, 2013, citado en Feliciotti, Romice y Porta, 2016). Este principio garantiza que, si un módulo falla o sufre una transformación, su impacto en la estructura general sea mínimo, asegurando la estabilidad del sistema frente a eventos disruptivos.

La intensidad de la modularidad puede fluctuar dependiendo de la capacidad de interacción entre los distintos niveles jerárquicos. Su efectividad está condicionada por la presencia de suficientes niveles intermedios de conexión, que permiten la transmisión eficiente de funciones y dinámicas urbanas (Salingaros, 2000, citado en Feliciotti, 2018).

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

En la Unidad Vecinal 321, la modularidad se refleja en la configuración de los trayectos, que estructuran la conectividad del sector. Esta modularidad se traslada progresivamente a otras escalas, evidenciando un patrón jerárquico estructurado. Existe una modularidad de las vías, la cual define una organización clara del sistema de movilidad.

Por otra parte, una modularidad de las manzanas, que comparten una misma categoría y proporción, una modularidad de los lotes, que permite una configuración homogénea del tejido urbano y finalmente una modularidad de la edificación de base, donde la tipología edificatoria se adapta al tamaño del lote (figura 7, A-B).

Figura 7. A: vivienda de cuatro ambientes. Considerada en una segunda etapa evolutiva. B: proceso tipológico de la vivienda típica de la Unidad vecinal 321.



Fuente: elaboración propia (2024).

Esta relación escalonada demuestra que la modularidad urbana favorece la integración entre distintas escalas, facilitando la adaptación del tejido urbano a lo largo del tiempo. Su capacidad para mantener un equilibrio entre autonomía e

interdependencia fortalece la resiliencia de la Unidad Vecinal 321, permitiendo ajustes progresivos en la morfología urbana sin comprometer su estructura general.

Tomando la tipología de base como ejemplo, se evidencia que, en su primera etapa de conformación, se formulan uno o dos ambientes, que el usuario construye con los medios que tiene a su alcance, los cuales generalmente son muy limitados. Es así como, existe una condición de modularidad implícita en los ambientes, en la pimera y segunda etapa evolutiva. Lamentablemente este ciclo modular se interrumpe cuando la edificación avanza hacia su último estadio. El edificio de cuatro niveles descarta la construcción previa y genera una demolición total para su conformación definitiva.

Eficiencia de la forma urbana de la Unidad Vecinal 321

La eficiencia de la forma urbana es el último atributo abordado en este estudio. Según Feliciotti, Romice y Porta (2016), la eficiencia se acentúa cuando existe una conexión multiescalar entre los atributos previamente identificados: diversidad, conectividad, redundancia y modularidad. En este sentido, la eficiencia puede interpretarse como la síntesis de un equilibrio funcional entre estos elementos, lo que permite que el entorno urbano se adapte y recupere ante eventos disruptivos, con la flexibilidad necesaria en términos económicos, temporales, sociales y culturales.

La eficiencia urbana evoluciona con el tiempo, a medida que las ciudades se tornan más complejas. A mayor complejidad organizativa en las distintas escalas de la forma urbana, mayor es la capacidad del sistema para ajustarse a nuevas condiciones sin comprometer su funcionalidad (Feliciotti, 2018). Un entorno urbano eficiente facilita la reconfiguración, subdivisión y consolidación del tejido urbano sin generar conflictos, promoviendo una adaptabilidad estructurada. Esto permite un entendimiento recíproco entre los distintos elementos urbanos y los actores que intervienen en su transformación (Wood y Dovey, 2015, citado en Feliciotti, 2018).

La eficiencia en la Unidad Vecinal 321 se manifiesta en la coherencia estructural de sus componentes urbanos. Por ejemplo, si los trayectos presentan una legibilidad clara a escala vecinal y están bien conectados, es más probable que la morfología de las manzanas facilite la integración funcional del entorno. Esta continuidad multiescalar permite que la eficiencia se extienda progresivamente desde la configuración vial hasta la subdivisión de los lotes, edificaciones y su materialidad.

En este sistema, la edificación en la Unidad Vecinal 321 cumple en su fase inicial con la demanda habitacional, aunque en condiciones precarias. Sin embargo, la posibilidad de un crecimiento progresivo favorece la movilidad social y la generación de oportunidades económicas, permitiendo la aparición de emprendimientos comerciales, productivos y de servicios.

El proceso tipológico instaurado en la unidad vecinal ha generado una mejora significativa en las condiciones de habitabilidad, consolidando con el tiempo edificaciones con mayores cualidades espaciales y estructurales. No obstante, esta consolidación suele requerir una demolición previa de la estructura original, lo que representa un desafío en términos de sostenibilidad y planificación urbana a largo plazo (figura 8).

Figura 8. Síntesis funcional, espacial y morfológica de la Unidad Vecinal 321.



Fuente: elaboración propia (2024).

Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.686

Discusión

La Unidad Vecinal 321, también conocida como "Barrio El Retoño", representa un ejemplo periurbano típico de Santa Cruz de la Sierra, concentrando muchas de las problemáticas urbanas recurrentes en la ciudad. La falta de una planificación efectiva y la gestión fragmentada del territorio han limitado las oportunidades para consolidar un hábitat inclusivo, seguro, resiliente y sostenible (ONU, 2017). Sin embargo, la aplicación de herramientas adecuadas en su desarrollo permitiría optimizar significativamente la calidad del entorno construido y fortalecer la capacidad de adaptación del tejido urbano.

El contraste entre el marco teórico y los resultados obtenidos confirma la hipótesis inicial, que sostiene que: "La ciudad de Santa Cruz de la Sierra posee una serie de cualidades en su forma urbana, las cuales se omiten de manera sistemática durante su desarrollo". En este sentido, la morfología urbana se consolida como un método flexible y pertinente, capaz de adaptarse a la realidad urbana existente y proporcionar una síntesis analítica del contexto.

La construcción de una taxonomía del entorno urbano permite identificar patrones morfológicos y estructurar estrategias que impulsen el desarrollo óptimo del medio urbano. Como señala Caicedo (2022), la lectura de la ciudad desde la forma urbana facilita la comprensión de las dinámicas espaciales y su transformación en el tiempo, permitiendo reconocer las oportunidades y amenazas del entorno construido. El análisis de la morfología urbana y la aplicación de los cinco atributos de resiliencia planteados por Feliciotti, Romice y Porta (2016) han permitido identificar, desde una perspectiva multiescalar, tanto oportunidades como amenazas dentro de la Unidad Vecinal 321.

Este enfoque proporciona información que puede fortalecer iniciativas de diseño y gestión urbana, optimizando la planificación de la ciudad. Los atributos de resiliencia constituyen un marco metodológico idóneo para la toma de decisiones en el ámbito

urbano, orientadas a incrementar la resiliencia del medio urbano cruceño de manera sostenible.

La incorporación de metodologías cuantitativas refuerza la idea de que los entornos urbanos pueden analizarse de manera más precisa a partir de indicadores estructurados, permitiendo tomar decisiones fundamentadas para la gestión y planificación territorial (Leal Pérez et al., 2023).

Al integrar estos atributos en la planificación, se abre la posibilidad de diseñar estrategias que permitan 1) reducir vulnerabilidades frente a eventos disruptivos, 2) fomentar un crecimiento urbano equilibrado y sostenible y 3) generar mecanismos de adaptación y evolución progresiva del entorno construido.

De esta manera, el estudio demuestra que la resiliencia urbana, cuando es analizada desde la morfología urbana, puede transformarse en un instrumento práctico para mejorar la planificación y gestión del territorio, asegurando un desarrollo urbano más eficiente y equitativo.

Para complementar el análisis y fortalecer la aplicabilidad de los hallazgos en la planificación urbana, se presenta una matriz de variables para una medición de resiliencia urbana. Este cuadro permite estructurar un marco cuantificable que integra los cinco indicadores de resiliencia evaluados en la Unidad Vecinal 321, asignando una valoración porcentual a cada variable en función de su incidencia en la estabilidad y adaptabilidad del entorno construido (figura 9).

Figura 9. Matriz de variables para una medición de resiliencia urbana.

Indicador de Resiliencia	Descripción	Valoración (%)	Métrica de Evaluación	Impacto en la Resiliencia
Diversidad	Variedad de funciones, usos del suelo y tipologías edificatorias.	20	Cantidad y mezcla de usos del suelo.	Mayor diversidad fomenta adaptabilidad y dinamicas urbanas.
Conectividad	Nivel de integración y accesibilidad dentro del tejido urbano.	20	Densidad de intersecciones y accesibilidad peatonal.	Alta conectividad mejora la movilidad y accesibilidad, pero puede aumentar la vulnerabilidad.
Redundancia	Repetición de elementos urbanos para asegurar continuidad funcional.	20	Frecuencia de repetición de lotes y tipologías urbanas.	Sistemas redundantes reducen el impacto de fallas, favoreciendo la estabilidad.
Modularidad	Grado de autonomía e interdependencia entre módulos urbanos.	20	Capacidad de cada módulo para operar independientemente.	Autonomía modular permite una respuesta flexible ante cambios y crisis.
Eficiencia	Capacidad del tejido urbano para adaptarse y reorganizarse sin comprometer su funcionalidad.	20	Facilidad para la subdivisión, consolidación o adaptación del tejido urbano.	Sistemas eficientes minimizan recursos y optimizan la funcionalidad del espacio.

Fuente: elaboración propia con base en “Design for change: five proxies for resilience in the urban form” de Alessandra Feliciotti, Ombretta Romice y Sergio Porta (2024).

La incorporación de este instrumento responde a la necesidad de contar con herramientas analíticas que permitan evaluar y comparar la resiliencia urbana en distintos contextos, facilitando la formulación de estrategias basadas en datos empíricos. Asimismo, su aplicación práctica puede contribuir a la toma de decisiones en ámbitos de gobernanza urbana, regeneración del tejido edificado y planificación territorial, promoviendo un desarrollo más equilibrado y sostenible.

Conclusiones

El análisis de la Unidad Vecinal 321 ha permitido validar la hipótesis inicial, evidenciando que la ciudad de Santa Cruz de la Sierra posee una serie de cualidades en su forma urbana que han sido sistemáticamente omitidas en su desarrollo. A través del enfoque morfológico, y mediante la aplicación de los cinco indicadores de resiliencia

urbana (diversidad, conectividad, redundancia, modularidad y eficiencia), fue posible identificar patrones estructurales que inciden en la capacidad del sector para adaptarse a cambios y desafíos urbanos.

Los resultados obtenidos revelan que la resiliencia urbana no solo depende de las características individuales del tejido construido, sino también de su conectividad multiescalar, su capacidad de reconfiguración tipológica, y el equilibrio entre la repetición de elementos urbanos y la flexibilidad para su transformación. En este sentido, el estudio resalta cómo la modularidad y redundancia en la morfología urbana permiten una mejor adaptación a eventos disruptivos, mientras que la diversidad y conectividad favorecen la integración social y económica del sector.

Uno de los principales aportes de este estudio es la generación de una matriz de variables con una valoración porcentual, lo que constituye un instrumento cuantificable para la medición de la resiliencia urbana. Este enfoque metodológico proporciona un marco analítico que permite evaluar la resiliencia de otras áreas urbanas y que facilita la implementación de estrategias de intervención escalables y ajustadas al contexto.

La aplicación de estos indicadores en la planificación y gestión urbana puede derivar en acciones más eficientes, sostenibles y adaptativas, dirigidas a:

- Reducir vulnerabilidades frente a fenómenos urbanos adversos.
- Fomentar un crecimiento urbano equilibrado y sostenible.
- Generar mecanismos de adaptación progresiva del tejido urbano.
- Promover estrategias de intervención de bajo costo con alto impacto en la calidad del hábitat.

En términos generales, el estudio demuestra que la resiliencia urbana puede ser abordada desde la morfología urbana como una estrategia integral para fortalecer la gobernanza, mejorar la calidad de vida y consolidar un desarrollo urbano sostenible.

Finalmente, la transferibilidad del método propuesto permite su aplicación en otros contextos urbanos, promoviendo un enfoque replicable que favorezca ciudades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, alineadas con la Nueva Agenda Urbana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Referencias

Anderies, J. M. (2014). Resilience and the design of coupled infrastructure systems. *Ecology and Society, 19*(2), 20. https://doi.org/10.5751/ES-06212-190220

Caicedo Medina, J. A. (2022). La lectura de la ciudad desde el estudio de la forma urbana. *Procesos Urbanos*, *9*(1), e583. https://doi.org/10.21892/2422085X.583

Caniggia, G., & Maffei, G. L. (1995). *Tipología de la edificación, estructura del espacio antrópico*. Madrid: Celeste Ediciones.

De la Rosa Olivas, L. A., & Montoya Reyes, E. (2023). Índice de vulnerabilidad urbana global en Camino Verde, Tijuana: Indicadores con perspectiva integral y actualizada. *Procesos Urbanos*, *10*(2), e645. https://doi.org/10.21892/2422085X.645

Feliciotti, A. (2018). *Resilience and urban design: A systems approach to the study of resilience in urban form. Learning from the case of Gorbals*. [Tesis Doctoral, Universidad de Strathclyde].

Feliciotti, A., Romice, O., & Porta, S. (2016). Design for change: Five proxies for resilience in the urban form. *Open House International*, *41*(4), 23-30. https://doi.org/10.1108/ohi-04-2016-b0004

Feliciotti, A., Romice, O., & Porta, S. (2018). *From system ecology to urban morphology: Towards a theory of urban form resilience*. https://pure.strath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/85290786/Feliciotti_etal_RURI_2018_From_system_ecology_to_urban_morphology.pdf

García Martín, F. M. (2017). *La forma urbana. Un estudio de las periferias de las ciudades intermedias españolas a lo largo del siglo XX*. [Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid].

Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Washington: Island Press.

Inzulza Contardo, J., Gatica Araya, P., Easton Vargas, G., & Pérez Tello, S. (2021). Diseño urbano resiliente en el Piedemonte de Santiago. *Revista Urbano*, *24*(43), 96-107. https://doi.org/10.22320/07183607.2021.24.43.09

Hamin, E. M., & Gurran, N. (2009). Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia. *Habitat International, 33*(3), 238-245. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2008.10.005

Kropf, K. (2006). Crisis in the typological process and the language of innovation and tradition. *Urban Morphology*, 10(1), 70-74. http://www.urbanform.org/online_unlimited/pdf2006/2006101_70-77.pdf

Kropf, K. (2016). *The handbook of urban morphology*. New Jersey: Wiley.

Leal Pérez, J., Gómez, P., & Rojas, C. (2023). Indicadores de resiliencia urbana en América Latina: Un análisis comparativo. *Revista de Estudios Urbanos, 12*(1), 50-75.

Limpias, V. H. (2010). *Plan Techint, medio siglo de urbanismo moderno en Santa Cruz de la Sierra*. Bolivia: Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra.

Limpias, V. H. (2016). *Arquitectura contemporánea cruceña 1956-2016*. Bolivia: Colegio de Arquitectos de Santa Cruz de la Sierra.

Maulana, S., Abdul Samad, M. H., & Nordin, J. (2019). Flood disaster risk assessment in urban morphology framework to enhance resilience factor. *4th International Conference on Rebuilding Place.* http://doi.org/10.15405/epms.2019.12.13

Montgomery, J. (1998). Making a city: Urbanity, vitality and urban design. *Journal of Urban Design, 3*(1), 93-116. https://doi.org/10.1080/13574809808724418

Oliveira, V. (2016). *Urban morphology: An introduction to the study of the physical form of cities*. Switzerland: Springer.

Paans, O., & Pasel, R. (2015). *Situational urbanism: Directing postwar urbanity*. Berlín: JOVIS.

Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., & McGrath, B. (2013). *Resilience in ecology and urban design: Linking theory and practice for sustainable cities*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5341-9

Prado, F. (2019). *Renta del suelo, acumulación y segregación espacial: Desigualdades en la Región Metropolitana Cruceña*. Bolivia: CEDLA.

Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia. (2021, abril 6). Ministerio de Salud alerta alto riesgo de propagación del vector del dengue, zika y chikungunya en Santa Cruz de la Sierra. https://www.minsalud.gob.bo/5430-ministerio-de-salud-alerta-alto-riesgo-de-propagacion-del-vector-del-dengue-zika-y-chikungunya-en-santa-cruz-de-la-sierra

Salingaros, N. A. (2000). Complexity and urban coherence. *Journal of Urban Design, 5*(3), 291-316. https://doi.org/10.1080/713683969

Stockholm Resilience Center. (2015, febrero 19). Mantener la diversidad y la redundancia. https://applyingresilience.org/es/mantener-la-diversidad-y-la-redundancia/

Wood, D., & Dovey, K. (2015). Creative clusters and city regions: Towards a place-based policy agenda. *Urban Studies, 52*(6), 1234-1250. https://doi.org/10.1177/0042098014527483

UN-Habitat. (s.f.). *Resiliencia urbana*. https://unhabitat.org/es/node/3774