

Título: “Metodología para jerarquizar la red vial urbana. Caso de Estudio San Juan”

García, Zarina Rocío ^a; Altamira, Aníbal ^b

^a Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña.

^b Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña.

rgarcia@eicam.unsj.edu.ar

Resumen

La investigación se enfoca en desarrollar una metodología para jerarquizar la red vial urbana, aplicando la teoría de redes complejas y grafos. Se emplean índices de centralidad para clasificar las vías por importancia. La zona de estudio abarca el área metropolitana de la Provincia de San Juan (AMSJ), enmarcada por la Avenida de Circunvalación (A014), siendo este anillo vial el foco de atención debido a los problemas de congestión y siniestros viales que presenta. La investigación propone la hipótesis de que la jerarquización de la red vial contribuirá a abordar los problemas identificados de manera efectiva. La metodología permite dividir la red en arteriales, colectoras y locales empleando un índice de jerarquización vial. Se sugiere complementar la jerarquización con el análisis de usos de suelo para adaptar las categorías obtenidas a las necesidades del usuario de la red. Este enfoque permite una comprensión más clara de la estructura y funcionamiento de la red vial, facilitando la toma de decisiones en la planificación urbana y el diseño de políticas de transporte. La aplicación de la metodología en el caso de estudio proporciona un marco práctico para abordar problemas específicos de movilidad en entornos urbanos, promoviendo una gestión más eficiente de los recursos y una mejora en la calidad de vida de los habitantes.

Palabras clave: jerarquización vial, redes complejas, índices de centralidad

INTRODUCCIÓN

La jerarquización de la red vial es un aspecto crucial para la planificación y gestión eficiente del tránsito urbano. En la provincia de San Juan, la ausencia de una jerarquización vial y la falta de información necesaria para aplicar los métodos tradicionales han motivado la búsqueda de una metodología alternativa. La metodología desarrollada no solo aborda la carencia de datos tradicionales, sino que también introduce un enfoque innovador para jerarquizar las vías mediante el análisis de la centralidad en los elementos de su red. Este enfoque busca proporcionar una herramienta efectiva y adaptable para mejorar la estructura y funcionalidad de la red vial de la provincia.

- Modelar el sistema viario como un grafo dual.
- Determinar métricas de centralidad que permitan la caracterización de la red vial.
- Construir el índice de jerarquización vial a partir de las métricas de centralidad.
- Proponer la jerarquización de la red a partir del índice calculado.

Los objetivos específicos contribuyeron a obtener el objetivo principal y probar la hipótesis de la investigación planteada: "Las métricas de centralidad y las características morfológicas de la red conferirán jerarquía a la red vial mediante la construcción de un índice de jerarquización vial".

OBJETIVOS

La investigación tiene por objeto principal proponer una metodología que permita jerarquizar una red urbana aplicando un índice de jerarquización vial que se basa en métricas de centralidad de redes y en sus atributos geométricos. La centralidad de la red se calcula considerando su morfología y lógica.

Para alcanzar el objetivo principal, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de la investigación se desarrolló conforme a las etapas que se exponen a continuación.

Primero, se construyó una base de datos vectorial representando la red vial del área de estudio mediante líneas espaciales en formato vectorial, integrando datos abiertos de geoportales y mediciones directas para asegurar precisión en posición y geometría de los elementos de la red vial. Los variables relevadas

fueron: Longitud, ancho de calzada y velocidad de circulación de las vías en la red.

En la segunda etapa, la red se representó como un grafo dual. Para ello, se representaron las calles como nodos y se establecieron las conexiones entre estas empleando las aristas del grafo. Este proceso de construcción se llevó a cabo empleando el principio de continuidad denominado “calles nombradas” (Jiang, 2007).

Esta representación permitió el cálculo de métricas de centralidad de grado e intermediación para cada calle nombrada, lo que constituye el tercer paso dentro de la metodología. Estas métricas permiten detectar la importancia de un elemento sobre otro dentro de la red compleja. La categorización resultante de la red, teniendo en cuenta estos índices, no es suficiente para jerarquizarla. Esto se debe a que si bien, proporcionan información valiosa sobre la conectividad y la importancia de los nodos en función de su número de conexiones directas (centralidad de grado) y su participación en rutas más cortas entre otros nodos (centralidad de intermediación), la clasificación conforme a un criterio funcional requiere de la consideración de variables que no solo contemplen la morfología y lógica de la red, sino también de sus características geométricas, que influyen considerablemente, sobre todo limitando el flujo vehicular que podría circular sobre la vía. Se escogieron como variables geométricas al ancho de calzada y la longitud de la calle nombrada. La razón de ello se debe a que la conectividad de las vías se ve influenciada por la longitud de esta, a mayor longitud mayor la conectividad, del mismo modo una vía con mayor ancho dispone de más espacio para albergar vehículos, con lo cual suelen ser clasificadas con una mayor importancia dentro de la red.

En el cuarto paso, se construyó el índice de jerarquización vial, relacionando las métricas de centralidad con las variables geométricas mencionados. La construcción del índice de jerarquización consideró aspectos desarrollados en el trabajo realizado por Pengao & Bo (2015), como el índice de importancia integral definido por el autor para establecer una clasificación en la red urbana.

Una vez definido el índice, se aplicó a la red vial, estableciendo la jerarquía de las vías del área de estudio.

RESULTADOS

La investigación tuvo dos resultados relevantes. En primer lugar, la metodología de jerarquización expuesta en Figura 1, la que incluye el índice definido para poder aplicarla y en segundo lugar la propuesta de jerarquización de la red vial del área metropolitana en función de la metodología propuesta, expuesta en Figura 2.

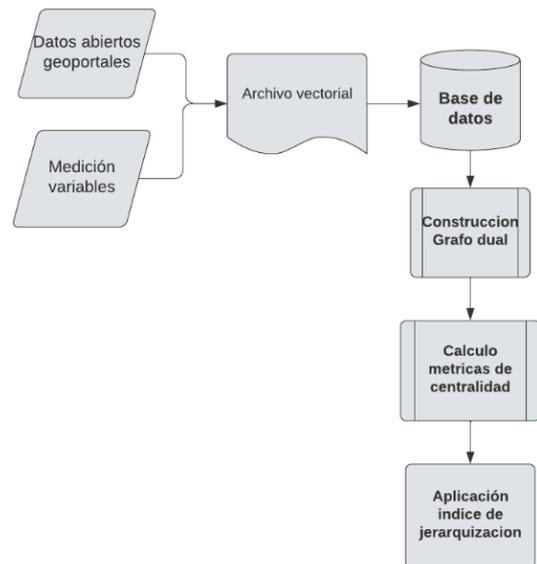


Figura 1: Metodología desarrollada

El índice de jerarquización se resume en la Ecuación 1:

$$I_j = \frac{1}{\frac{C_{Gi}/\max C_{Gi}}{L_i/\max L_i}} + \frac{w_i}{\max w_i} \exp C_{Li}$$

Ecuación 1: índice de jerarquización vial

Donde,

C_{Gi} , centralidad de grado, para cada calle nombrada (i) que compone a la red,

$\max C_{Gi}$, valor máximo de centralidad de grado calculado para la red,

L_i , longitud de cada calle nombrada (i) que compone a la red,

$\max L_i$, valor máximo de longitud de calle nombrada registrado para la red,

C_{Li} , centralidad de intermediación para cada calle nombrada (i) de la red,

w_i , ancho de calzada para cada calle nombrada (i) de la red,

$\max w_i$, máximo valor de ancho de calzada registrado.

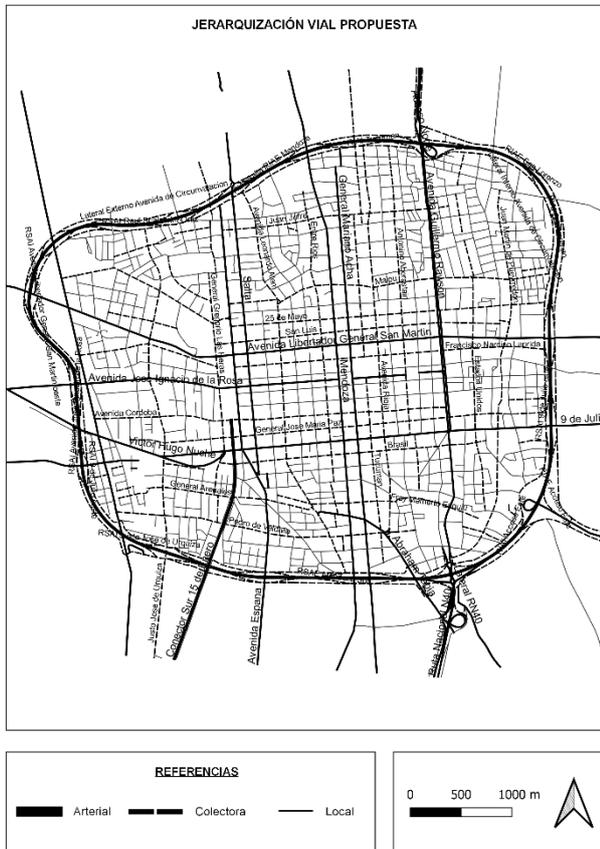


Figura 2: Jerarquización vial propuesta.

Para establecer la clasificación entre arteriales, colectoras y locales se definieron umbrales para el índice de jerarquización. Estos se establecieron teniendo en cuenta las dosificaciones de redes urbanas alrededor del mundo. Se calcularon los percentiles sobre el índice de jerarquización para fijar los valores límites que permitieron distinguir entre categorías. Los límites se definieron para los percentiles 65 y 85 del índice de jerarquización, y se expresan en Tabla 1.

Tabla 1: Umbrales de clasificación vial

Clasificación	Umbrales
Arterial	$I_j \geq 1.114$
Colectora	$0.832 > I_j < 1.114$
Local	$I_j \geq 0.832$

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El índice de jerarquización construido permitió establecer una jerarquía dentro de la red analizada conforme al desarrollo de la metodología expuesta en la investigación. Para dar continuidad a esta, se recomienda simular la jerarquización vial propuesta comparándola con métodos tradicionales, recopilando información de tránsito, diagnosticando la situación actual y evaluando la eficacia del nuevo método en el ordenamiento del tránsito. También se sugiere superponer la planificación urbana y los usos de suelo con la propuesta jerárquica para ajustarla según el uso del suelo predominante. Es crucial generar un plan de jerarquización vial que incluya dimensiones de secciones transversales y un plan de inversiones para priorizar tramos de construcción, mejorando la circulación del tránsito e incorporando otros modos de transporte, como el público y el ciclista. Finalmente, se recomienda desarrollar modelos que integren diversas modalidades de tránsito, como automotor, peatonal, bicicletas y transporte público, para comprender mejor las dinámicas de tránsito y diseñar soluciones integrales.

BIBLIOGRAFÍA

- Barabási, A. L., 2016. *Network Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jiang, B., 2007. A topological pattern of urban street networks: Universality and peculiarity.. *Physica A* (384), p. 647–655.
- Jiang, B., 2009. Street Hierarchies: A Minority of Streets Account for a Majority of Traffic Flow. *International Journal of Geographical Information Science*, pp. 1-15.
- Pengao, Y. & Bo, W., 2015. *A Quantitative Method of Urban Road Hierarchy*. China, American Society of Civil Engineers (ASCE), pp. 2708 - 2716.
- Taras Agryzkov, D., 2015. *Medidas de centralidad en redes urbanas con datos*, Alicante: El taller digital .
- Zhao, T., Limin, J., Honghui, D. & Fei, S., 2016. Analysis of Urban Road Traffic Network Based on Complex Network; Zundong, Zhang. *Elsevier*, p. 537 – 546.