

ENFOQUES PARA EL DISEÑO DE FLUJOS EN ESPACIOS URBANOS: CONECTIVIDAD VIAL VS PREFERENCIAS EN MOVILIDAD

APPROACHES FOR THE DESIGN OF FLOWS IN URBAN SPACES: ROAD CONNECTIVITY VS MOBILITY PREFERENCES



Liliana Beatríz Sosa Compeán
Universidad Autónoma de Nuevo León
México

liliana.sosacm@uanl.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8811-3218>

Fecha de recepción: 05 de octubre, 2022. Aceptación: 20 de noviembre, 2022.

Resumen

El desarrollo de una ciudad depende, en cierta medida, de sus flujos. Un aspecto a considerar en la configuración y diseño de los espacios colectivos es el flujo por donde transitarán las personas, los objetos y cualquier elemento que utilice dichos espacios. La movilidad por parte de las personas responde a una serie de factores, tanto internos (criterios personales, autoconcepción, estatus económico, imaginarios) como externos (condiciones del entorno, infraestructura vial, ambientales). Para el estudio de los flujos, desde un enfoque cuantitativo, se tiene la conectividad topológica de los caminos; y desde lo cualitativo existe percepción, sentimientos y posibilidades que tienen los usuarios de los espacios. En el presente artículo se evalúa la consideración de ambos enfoques para ofrecer puntos de reflexión sobre el diseño de flujos: se exponen cuestiones referentes a la conectividad y redes del tramado vial y, por otro lado, se observan preferencias de las personas al tomar una decisión sobre por cuáles rutas transitar. Finalmente, se presentan discusiones sobre lo observado, concluyendo que, si bien la conectividad topológica del tramado vial sí representa una condición que influye en el flujo en los espacios, pasado el tiempo ocurren otros fenómenos en las dinámicas de los contextos. Esto hace que dicha estructura se vuelve menos determinante, y factores como la percepción de seguridad, el tiempo de los recorridos, las condiciones de los medios de transporte o el uso de la tecnología, prevalecen para decidir una ruta. Se tienen así procesos recursivos en donde una red de caminos dirige el curso de los flujos y viceversa.

Palabras clave

Flujos, conectividad, estructura vial, movilidad.

Abstract

The development of a city depends to a certain extent on its flows. One aspect to consider in the configuration and design of collective spaces is the flow through which people, objects and any element that uses these spaces will transit. Mobility by people responds to a series of factors, both internal (personal criteria, self-conception, economic status, imaginary) and external (environmental conditions, road infrastructure, environmental). For the study of flows, from a quantitative approach, there is the topological connectivity of the roads; and from the qualitative: perception, feelings and possibilities that the users of the spaces have. This article evaluates the consideration of both approaches to offer points of reflection on the design of flows: issues related to connectivity and networks of the road network are exposed and on the other hand people's preferences are observed when making a decision about which ones to use. routes transit. Finally, discussions about what was observed are presented, concluding that although the topological connectivity of the road grid does represent a condition that influences the flow in spaces, after time, other phenomena occur in the dynamics of the contexts, causing said structure to become less determinant, and factors such as the perception of security, the time of the journeys, the conditions of the means of transport or the use of technology, prevail to decide a route. Thus, recursive processes where a network of paths directs the course of the flows and vice versa are shown.

Keywords

Flows, connectivity, road structure, mobility.

Introducción

Los sociosistemas urbanos se distinguen unos de otros, emergen con identidades propias dadas las condiciones en donde se originan y los efectos de lo que lo rodea. La identidad que pueden adquirir se debe a múltiples factores; entre ellos, la infraestructura física de la ciudad; siendo parte de esto el entramado de sus calles.

La movilidad y uso del espacio por parte de los usuarios responde a una serie de factores tanto internos (criterios personales, autoconcepción, estatus económico, imaginarios) como externos (condiciones del entorno, infraestructura vial, ambientales). Para planear la movilidad, se tiene que, desde un enfoque cuantitativo, considerar la conectividad topológica de los caminos que puede dar una aproximación de cuál tipología puede ayudar o entorpecer los flujos. Por otro lado, tenemos aspectos más cualitativos: percepción, sentimientos y posibilidades que tienen los usuarios de los espacios y que influyen en la toma de decisiones sobre su transitar por dichos espacios.

La conectividad de las calles de una ciudad puede representarse como una red compleja y, a partir de ello, se podría observar la relación que esto guarda con cómo son los flujos en los espacios urbanos representados. ¿Tiene que ver el cómo están conectadas las calles de una ciudad con la elección de una ruta, medio de transporte o el arraigo de una costumbre por parte de las personas? ¿El grado de percepción positiva o negativa de una comunidad depende de cómo estén interconectadas sus calles, es decir, por permitir mayor o menor flujos físicos? ¿Los flujos en las ciudades dependen de su imaginario más que de la conectividad física de las calles? ¿Cómo se puede diseñar para fomentar flujos eficientes en los espacios urbanos? Se pretende dar una aproximación de qué se podría observar para dar respuesta a estas cuestiones, abordando el flujo de las ciudades a partir de las explicaciones disyuntivas que se dan desde las ciencias humanistas y las ciencias exactas. Se trata de propiciar una concordancia teórico-metodológica entre ambas perspectivas, y dar pie a una visión holística del objeto de estudio.

A lo largo del tiempo, se han estudiado y dado explicaciones de la ocurrencia de fenómenos urbanos (incluyendo los flujos y la movilidad) desde distintas epistemologías o puntos de partida. Dentro de los autores que han explicado a las ciudades como entidades definidas por imaginarios urbanos se puede mencionar a Silva, (2006) y Narváez Tijerina (2015). Con explicaciones de los fenómenos sociales a partir de su organización e interacciones existen autores como Maturana y Varela (2003) y Solé (2011). Se parte aquí del principio que tanto los componentes estructurales físicos de las ciudades, como los aspectos intangibles y emocionales que propician los flujos, forman parte de una misma entidad sistémica, cuya complejidad o entrelazamiento de sus componentes no permitiría analizarse de manera separada, ni ignorando las interacciones. Pese a que ambas perspectivas tratan de comprender el mismo objeto de estudio, las lecturas de los datos de cada una no ofrecen un abordaje completo del fenómeno de los flujos. Surge entonces la necesidad de reflexionar sobre las interrelaciones entre lo físico y lo intangible, lo cualitativo y lo cuantitativo; todo ello para considerar estrategias de diseño más eficientes e integrales a la hora de planear la movilidad y tránsitos en los espacios urbanos. A continuación, se desarrollan de manera independiente algunos abordajes y visiones de ambos enfoques para, posteriormente, reflexionar sobre su relación y tratar de proponer una conciliación entre ellos.

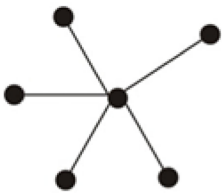
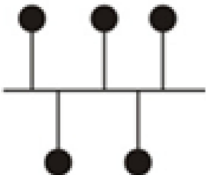
La conectividad del tramado urbano desde la perspectiva de teoría de redes

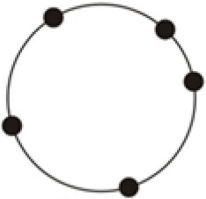
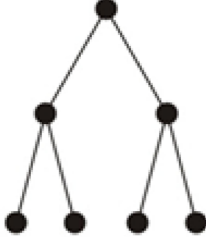
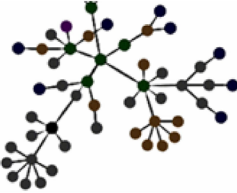
Una de las principales herramientas de análisis de conectividad, tanto en sistemas de gestión técnica como en sistemas complejos como las ciudades, es la teoría de redes. En estas teorías, tradicionalmente, se hacen cálculos y mediciones matemáticas basadas en los flujos que pueden ocurrir dadas las características de sus representaciones esquemáticas (grafos). Existen varios fenómenos y dinámicas que pueden ocurrir por la manera en que está estructurada una red; es decir, cómo se interconectan sus nodos. La teoría ha demostrado que la estructura de las calles de una ciudad influye en los patrones de movimiento de manera importante (Hillier et al., 1993).

El Doctor Irving Morales (2019) sostiene que la interacción entre dos comunidades vecinas podría ser sumamente compleja y difícil de describir matemáticamente, ya que puede involucrar intercambios de dinero, servicios, información, personas, etc. Sin embargo, las interacciones de cualquier sistema complejo pueden expresarse en términos de una red, una red que codifique las interacciones (Morales Agiss, 2019). A partir de ello se pueden cuantificar propiedades de la estructura de la red de interacciones.

En la siguiente figura se muestran algunos ejemplos de grafos que representan diferentes estructuras y algunos acontecimientos que se derivan de su tipología y topología.

Figura 1. Descripción de tipologías de red. Las primeras 4 tipologías refieren a lo estudiado en sistemas de gestión técnica descrito por Romero Morales, Vázquez Serrano y De Castro Lozano, 2007. El último grafo representa un tipo distinto: una red descentralizada propia de los sistemas complejos.

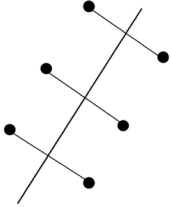
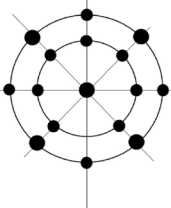
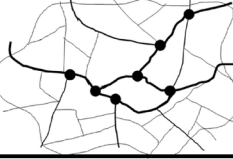
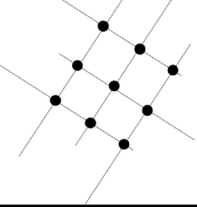
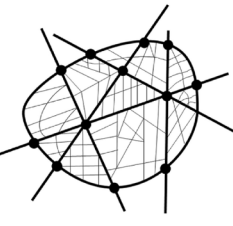
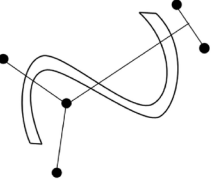
	<p>Estrella. Donde todos los elementos están unidos entre sí a través de un nodo principal. Sus ventajas son: facilidad para añadir nuevos elementos y un fallo de un elemento (no central) no afecta al resto. Sus inconvenientes son: fallo en el controlador principal provoca un fallo de todo el sistema, necesita una gran cantidad de cableado y se produce un cuello de botella en el elemento central. (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007)</p>
	<p>Bus. Los elementos comparten la misma línea o bus de comunicación. Sus principales ventajas son: facilidad para añadir y eliminar elementos, no necesita un controlador principal, un error en un elemento no afecta al resto, la velocidad de transmisión es elevada y el cableado se minimiza con respecto a la anterior configuración. Sus desventajas son: los elementos deben tener un grado de inteligencia y necesita mecanismos de control para evitar que más de dos elementos accedan a la vez al bus. (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007)</p>

	<p>Anillo. Los elementos se interconectan formando un anillo cerrado. La información pasa por todos los elementos. Sus principales ventajas son: control sencillo y mínimo cableado. Sus principales desventajas son: vulnerabilidad a fallos debidos a que si falla un elemento falla toda la red y para añadir elementos es más complicado debido a que hay que paralizar el funcionamiento de la red. (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007)</p>
	<p>Árbol. Es una topología que mezcla parte de las anteriores, en particular de la estrella y del bus, permitiendo además el establecimiento de una jerarquía entre los elementos de la red. Sus ventajas y desventajas dependen de la topología específica (estrella o bus) que se utilice. (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007)</p>
	<p>Red descentralizada del tipo small world/libre de escala. Eficientizan el flujo de información y el encuentro de datos entre los componentes, en estas redes con pocos "saltos" se puede llegar a cualquier nodo. Sus nodos tienen o cuentan con características o habilidades distintas, por ejemplo, que existan elementos multiconectados, medio conectados y poco conectados. La modularidad de la red permite la mejor organización y comunicación entre elementos especializados, lo que facilita que los módulos puedan evolucionar de una manera un tanto independiente. (Solé, 2009)</p>

Nota. Elaboración propia basada en Romero Morales, Vázquez Serrano, y De Castro Lozano, 2007 (Solé, 2009).

En el diseño urbano se han estudiado distintas configuraciones de estructuras urbanas de acuerdo a características formales y operacionales (ver Figura 2). Aunque estas descripciones son de corte más cualitativo y hechas desde fenómenos urbanos, se observa congruencia con lo que se expresa de las topologías de red, según su topología, vista en la Figura 1.

Figura 2. Configuraciones de estructuras urbanas y descripción de sus rasgos.

	<p>Sistema lineal. La estructura urbana se crea a partir de una vía principal (avenida, carretera), ramificándose a sus lados en vías secundarias, resultando un esquema lineal de desarrollo urbano. Sus cualidades son: de crecimiento fácil, fácil de controlar su desarrollo y forma, facilita la concentración, evitando la dispersión, se adapta a condiciones difíciles de topografía, se adapta bien al transporte público, de sencilla urbanización e instalación de infraestructura. Sus desventajas son: problemas de tránsito por falta de alternativas, las actividades cada vez tienen más distancia, resulta un paisaje monótono.</p>
	<p>Sistema concéntrico. En este, la vialidad coincide en un centro generador de radiales que se relacionan entre sí por anillos concéntricos. Sus cualidades son: crecimiento con anillos cada vez más grandes, es equidistante el centro, adaptable a topografías planas, propicia a diferentes alternativas de desarrollo. Sus problemáticas son: desarrollo perimetral en forma equilibrada, es costosa la infraestructura y vialidad, propicia la dispersión, no se adapta a topografías accidentadas, el centro tiende a congestionarse y se adapta mejor al transporte privado.</p>
	<p>Sistema de plato roto. La vialidad se organiza sin un orden geométrico definido. Sus ventajas son: creación de situaciones urbanas y arquitectónicas interesantes, adaptable a la topografía, genera alternativas de orientación a lotes, propicia sistemas peatonales. Sus desventajas son: difícil planeación, no permite la sistematización de lotes y calles, confuso para la orientación, propicia el tráfico y congestionamiento, es difícil jerarquizar las vialidades.</p>
	<p>Sistema de malla o retícula. De forma ortogonal, genera manzanas cuadradas o rectangulares, puede haber variantes al cambiar de ángulo el cruce de la vialidad o al tomar formas curvas. Sus cualidades son: fácil de lotificar, es viable su crecimiento, continuidad en calles y manzanas, se adapta a diferentes topografía, existen vías alternativas. Sus problemas son: si la retícula es monótona, el paisaje y la imagen urbana serán pobres, se vuelven peligrosos los cruces, saturación y desperdicio de vialidades, no se adapta fácilmente a elementos naturales, facilita más el transporte privado.</p>
	<p>Sistema de grandes ejes. En este la vialidad se organiza a partir de grandes avenidas que cruzan la ciudad, para unir puntos importantes en ella. Sus ventajas son: propicia centros urbanos en los puntos de cruce, facilita la percepción del paisaje urbano, jerarquiza la vialidad, sus avenidas son polos de atracción para el equipamiento urbano, las vías dan carácter al paisaje, facilita el transporte público, propicia áreas verdes. Sus desventajas son: los cruces entre avenidas son problemáticos, crea demasiado tránsito, se adapta poco a topografía difíciles, es costosa su implementación inicial, edificaciones en vías primarias requieren un control del uso de suelo.</p>
	<p>Sistema de cinturones verdes. Son las ciudades se estructuran a través de áreas construidas rodeadas de cinturones de zonas naturales. Sus ventajas son: se adapta a la topografía y elementos naturales, el límite es claramente definido por los elementos naturales, son ciudades con poca contaminación atmosférica, permite definir el límite de la ciudad. Sus desventajas son: la introducción de infraestructura presenta dificultades y mayor costo, requiere un mayor control de su trazo, necesita un control estricto de áreas naturales que conforman el cinturón, tiende a crecer verticalmente.</p>

Nota. Elaboración propia a partir de monografía: Forma y estructura de la ciudad (Gutierrez Alonso).

Taras Agryzkov (2018) sostiene que un análisis cualitativo de la ciudad, respecto a su trazo urbano de calles, requiere de un modelo capaz de estructurar la multiplicidad de relaciones entre los objetos y agentes involucrados en las dinámicas producidas en las calles. La representación de las ciudades mediante redes, a diferencia de otros modelos tradicionales, ofrece una ventaja por codificar las relaciones explícitas de los espacios; por ejemplo, las calles que se intersectan y el número de veces que lo hacen.

Pero, ¿qué se puede considerar nodo en una red de vialidades? ¿qué es lo que podría considerarse como agente que tiene una relación con otro? Por ejemplo, ¿una calle? O bien ¿un cruce o intersección? (como se hace en la mayoría de las configuraciones de la Figura 2). Morales Agiss (2019, p. 176) dice, a este respecto, que:

la definición de los nodos de la red depende del tema de interés a investigar... La forma más obvia de estas redes considera la intersección de los caminos de flujo como nodos y por lo tanto los caminos de flujo como los enlaces entre estos nodos [8]. Por otro lado, algunos de los procesos que nos interesa

estudiar se llevan a cabo justamente en estos caminos transportadores de flujo, por ejemplo, en las calles. Fenómenos como el crimen, atascos de tráfico, comercio, etc. se llevan a cabo en el nivel y a la escala misma de las calles. Para poder analizar este tipo de dinámicas es necesario crear redes en donde estos caminos son considerados nodos de la red. Bajo este enfoque, los enlaces de la red son definidos a partir de las conexiones entre nodos, es decir las intersecciones entre los caminos de flujos. Este tipo de redes reflejan aspectos topológicos del sistema en vez de aspectos geométricos y por lo tanto permiten analizar propiedades estructurales de las ciudades [9]. La principal ventaja de transformar la traza urbana a una red es que este mapeo transforma también las preguntas que podemos hacerle a la traza de vialidades en preguntas que se pueden hacer a la red obtenida. Algunas de estas preguntas son difíciles de contestar en términos de la traza de vialidades, pero en términos de redes han sido estudiadas de forma profunda por la teoría de redes [4].

Figura 3. Ejemplo de una representación del tramado urbano de una ciudad en una red construida considerando como nodo a las calles y como enlaces a los cruces, es decir, de manera contraria a las redes de la figura 2. En este tipo de construcción de la red se presentan las preguntas que podría responder sobre la conectividad y los flujos desde la teoría de redes.



¿Cuántas calles?
 ¿Cuántos cruces de calles?
 ¿Cuántos cruces tiene cada calle?
 ¿Cuál es la calle con más cruces?

¿Tiene buena conectividad la ciudad?

¿Por donde pasan la mayoría de los caminos?

¿Hay sub-ciudades en la ciudad?
 ¿Es invariante de escala la traza de la ciudad?

¿Cuántos nodos?
 ¿Cuántos enlaces?
 ¿Cuántos enlaces tiene cada nodo?
 ¿Cuál es el nodo con más enlaces?

¿Tiene buena conectividad la red?

¿Por donde pasan la mayoría de los caminos?

¿Hay sub-redes en la red?
 ¿Es invariante de escala la red?

Nota. Fuente: Dr. Irving Omar Morales Agis (tomado de Morales Agis, 2019, p.177).

Del tramado urbano convertido en un grafo de red se puede derivar la observación de las medidas de centralidad que tienen sus zonas. Las medidas de centralidad en teoría de redes se refieren a la relevancia de los nodos dada por sus características y ubicación con respecto a los otros nodos de la red. De las medidas de centralidad más relevantes se tienen:

La centralidad de grado: cantidad de enlaces que tiene cada nodo. Centralidad de intermediación (*betweenness*): mide el número de veces que un nodo se encuentra en el camino más corto entre otros nodos. La centralidad de cercanía: puntúa cada nodo en función de su "cercanía" a todos los demás

nodos de la red. Cabe destacar que la cercanía no se refiere a la distancia en términos de longitud, sino cuántos nodos o "saltos" separan a un nodo de otros (Disney, 2020).

Con este tipo de medidas podrían analizarse propiedades de la red de vialidades, detectando qué calles representan mayor número de cruces o qué tanto poder de intermediación poseen. Con ello podrían hacerse las interpretaciones de si las personas tenderían a preferir transitar o fluir por ahí o no. Como se ve, si bien se podría contar con estos cálculos numéricos, sería necesario conocer los parámetros de acción de la gente.

Para la construcción de las redes y sus mediciones existen herramientas informáticas, algoritmos y software que facilitan esta labor como *infomap*, *igraph* o *networkx*. Pero cualquiera que sea la herramienta, el modelo de construcción de la red (lo que se decida considerar como nodo) y las medidas de centralidad seleccionadas serían las variables determinantes para la interpretación de la red en el análisis de los flujos, y así basar en ello la configuración y el diseño que más convenga para algún proyecto en el que se busquen flujos específicos de tránsito por los espacios.

Preferencias de movilidad y elección de caminos desde la perspectiva de las personas

En este apartado, se vislumbrará un enfoque distinto al anterior (sobre la estructura de la red de vialidades) que se puede incorporar en los estudios para diseñar las condiciones de los espacios urbanos en relación a los flujos dentro del sistema ciudad: una aproximación sobre las preferencias de movilidad y elección de caminos desde la perspectiva de las personas. La lógica de los comportamientos de las personas que integran las ciudades puede considerarse no como la estructura, sino como la dinámica de la red.

Se sabe que el comportamiento humano está influenciado por la cultura, pensamientos, actitudes, emociones y valores de la persona, entre otros factores. También entran aquí las necesidades y deseos. En lo referente a las decisiones que derivan en los flujos urbanos, el comportamiento de las personas no escapa de estas características.

Las personas buscan satisfacer sus necesidades. Una de ellas, por supuesto, es trasladarse y movilizarse por la ciudad. Las necesidades han sido categorizadas por diferentes autores, yendo de necesidades básicas de subsistencia hasta necesidades más complejas, para el desarrollo del individuo. Una de las teorías más popularizadas y aceptadas es la Teoría de la Motivación Humana de Abraham Maslow (1943). En esta obra, se plantea que las necesidades humanas son demandas frente a desequilibrios que

buscan ser compensadas y, a medida que van alcanzando satisfacción, se van complejizando. Reformulando la teoría de las jerarquías de Maslow, Clayton Alderfer postula la existencia de tres necesidades fundamentales: Existencia, Relación y Crecimiento. De ahí surge su nombre (ERC) (Aldefer, 1969). Por otro lado, Doyal y Dough (citado por Groppa, 2004), a diferencia de Maslow, argumentan en su trabajo Teoría de la Necesidad Humana (1991), que las necesidades no se complejizan, sino que estas se simplifican, desprendiéndose de objetivos universales. Plantean, por ejemplo, que existen como tales la participación social plena o prevención de grave daño, de los que se desprenden necesidades básicas (salud física y autonomía), las cuales realizan medidas, por lo que se llaman necesidades intermedias.

Manfred Max-Neef en su Teoría del Desarrollo a Escala Humana (Max-Neef, 1987) opta a una postura similar, al plantear una lista de necesidades universales, llamadas categorías axiológicas: Subsistencia, Protección, Afecto, Entendimiento, Participación, Ocio, Creación, Identidad y Libertad. Por su parte, Alonso (1986) plantea que cada sociedad tiene un sistema de necesidades propio y característico que de ningún modo puede ser determinante para criticar el que corresponde a otra.

Ante este marco, podría deducirse que la necesidad o deseo de movilidad de los individuos puede llegar a ser considerada en una gama de escalas de necesidad. Ante ello, la preferencia de traslado podría verse influenciada; es decir, por ejemplo, no es lo mismo la elección de una ruta cuando se tiene seguridad en la vía, cuando se va a pie, en auto, en transporte colectivo, si se va a visitar a un familiar o si uno se dirige al trabajo de manera urgente, si las condiciones del medio de transporte y la ruta son, de cierta manera, coercitivas o se han dado por libre elección.

Ciertamente, sería necesario realizar análisis en los contextos en los cuales se quiera diseñar los flujos, ya que determinar los factores como los mencionados en el párrafo anterior puede dar una idea sobre qué estrategias seguir, teniendo en mente la lógica de comportamiento de los usuarios

ante una red de caminos y el ambiente urbano. Para contar con una aproximación sobre qué aspectos priorizan los usuarios de una ciudad a la hora de elegir una ruta para su traslado, se realizó un sondeo a gran escala para obtener información a ese respecto. A continuación, se describe el ejercicio y los resultados obtenidos.

Para la realización del sondeo, se realizó una encuesta vía remota y en formato digital, utilizando la aplicación *Forms de Microsoft*. La encuesta recopilaba datos a través de un link que mostraba los ítems a responder. Se cuestionaron los datos generales para la interpretación de los datos y característica de la muestra. En total, se obtuvieron 410 respuestas.

Las características de la muestra son las siguientes: 166 son hombres, 237 mujeres y 7 personas que prefirieron no mencionarlo. Las edades oscilaron entre los 18 y 71 años, siendo el rango predominante de edad el conformado entre los 21 y 45 años. La mayoría de las personas que respondieron tienen su residencia en el norte de México, debido a que el sondeo fue lanzado, en primera instancia, a toda la gente

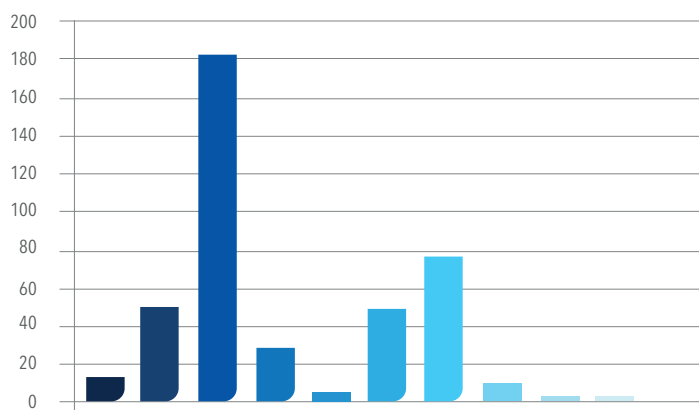
conocida del grupo de investigación, el cual tiene sede en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey, en el estado de Nuevo León, México. Esta área metropolitana es la segunda más grande de México, con una población de más de 5 millones de habitantes, y más de 6 mil km² de extensión territorial.

Otro descriptor a considerar sobre esta muestra particular es que las actividades principales por las que los encuestados se desplazan por la ciudad son más bien por responsabilidades que tienen la necesidad de realizar: por ir a la escuela, trabajo o por hacer deberes cotidianos (74%). El porcentaje restante se divide en actividades tales como visitar a familiares, socializar o por actividades recreativas.

El medio de transporte con el que se desplazan es un factor que se consideró para el estudio de los flujos. En esta encuesta, poco más de la mitad (56.58%) de quienes respondieron se trasladan en automóvil particular, ya sea propio o de algún familiar o amigo (ver Figura 4).

Figura 4. Gráfico sobre la modalidad o medio de transporte que utilizan las personas que respondieron el sondeo.

Generalmente, ¿cómo te desplazas por la ciudad? (selecciona la opción de tu modalidad principal o la que más utilizas)



● Voy a pie (caminando)	11	● En camión (ruta urbana)	76
● Mis familiares / amigos me lle...	50	● En transporte colectivo de car...	9
● En automóvil particular	182	● Uso bicicleta	1
● Uso servicio de transporte baj...	27	● Uso motocicleta	2
● En taxi urbano (carro de sitio / ...	4	○ En patineta/scooter/scoter...	0
● Uso el metro / subterráneo / t...	48		

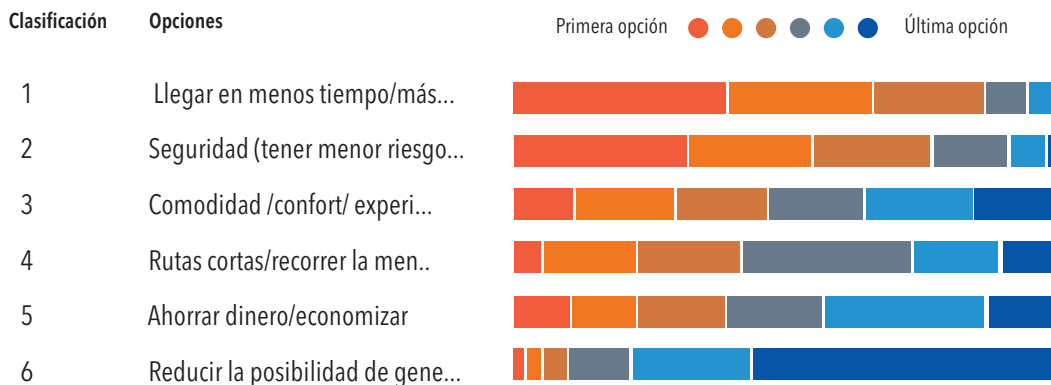
Nota. Gráfica obtenida de la interfaz de los resultados de la aplicación Forms de Microsoft, la cual se utilizó para aplicar la encuesta de elaboración propia.

La pregunta principal giraba en torno a saber qué priorizaban las personas a la hora de fluir por el tramado de la ciudad. ¿Cómo elegían sus rutas? Para obtener una idea general, se solicitó a los participantes que jerarquizaran las siguientes opciones: ahorrar dinero/economizar; comodidad/confort/experiencia placentera; rutas cortas/recorrer menos distancia posible; Seguridad (menor riesgo de sufrir

delincuencia); llegar en menos tiempo/más rápido; y reducir la posibilidad de generar impacto negativo al medio ambiente. El resultado mostró que lo que la mayoría de las personas eligen tiene que ver con el menor tiempo de traslado, sin dejar de lado la seguridad que represente el traslado. En última instancia, consideran el impacto que generaría su decisión sobre el medio ambiente (ver Figura 5).

Figura 5. Ranking sobre las prioridades al elegir la manera de desplazamiento por los espacios urbanos.

¿Qué priorizas al elegir la manera de trasladarte por la ciudad para llegar a tus destinos?
(Ordenar arrastrando las respuestas poniendo arriba la más importante, descendiendo a la menos importante)

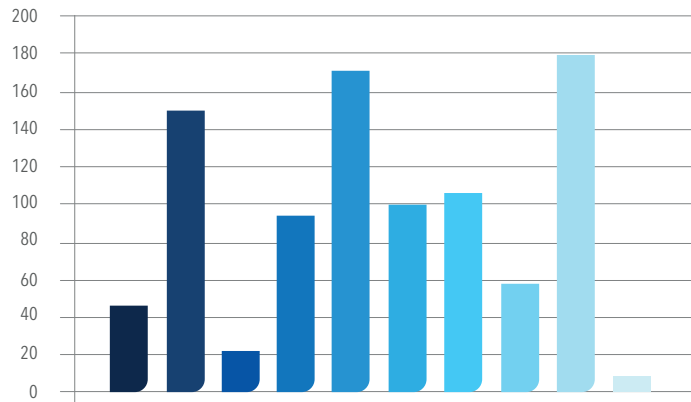


Nota. Gráfica obtenida de la interfaz de los resultados de la aplicación Forms de Microsoft, la cual se utilizó para aplicar la encuesta de elaboración propia.

Después de conocer las prioridades, según necesidades o deseos, resultaría importante conocer las razones por las cuales prefieren o evitan una ruta en particular en función de las características y condiciones que estas ofrecen. En este caso, las respuestas más sobresalientes sobre preferencia resultaron también en que se inclinan por rutas que representan hacer menor tiempo al transitarlas, que exhiban un menor flujo (escasa actividad) y que sean seguras. Esto tiene concordancia con la respuesta anterior. Ahora bien, en cuanto a las razones por las cuales evitan un camino a seguir (ruta), sobresalen la inseguridad, la intensa actividad, muchos vehículos y gente, y que existen muchas posibilidades de hacer pausas en la circulación o traslado (cruces, altos, semáforos, topes, etc.).

Figura 6. *Preferencias en función de lo que ofrece una ruta o camino.*

Señala las principales razones por las cuales PREFIERES un camino o ruta cuando te desplazas por la ciudad (selecciona 2 respuestas)

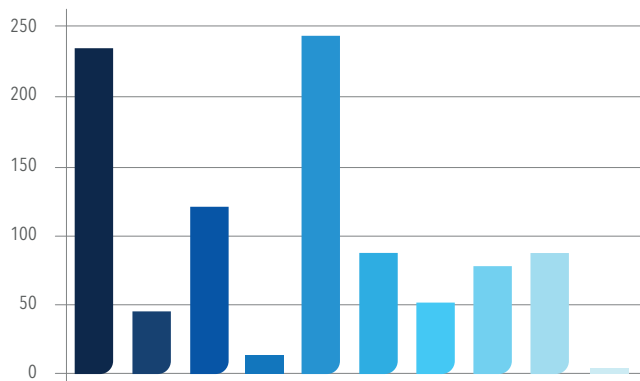


- | | |
|---|---|
| ● Mucha actividad (muchos vehí... 47 | ● Condiciones del entorno agr... 99 |
| ● Escasa actividad (pocos vehícu... 149 | ● Implica menor costo económico 106 |
| ● Existen muchas posibilidades... 21 | ● Pocas posibilidades de sufrir a... 58 |
| ● Existen pocas posibilidades de... 94 | ● Hacer menos tiempo de trasla... 178 |
| ● Seguridad (escasa delincuencia) 170 | ● Otras 7 |

Nota. Gráfica obtenida de la interfaz de los resultados de la aplicación Forms de Microsoft, la cual se utilizó para aplicar la encuesta de elaboración propia.

Figura 7. Razones por las cuales se evitan ciertos caminos o rutas.

Señala las principales razones por las cuales EVITAS un camino o ruta cuando te desplazas por la ciudad (selecciona 2 respuestas)



● Mucha actividad (muchos vehículos)	234	● Condiciones del entorno desfavorables	88
● Escasa actividad (pocos vehículos)	45	● Implica mayor costo económico	52
● Existen muchas posibilidades de rutas	119	● Hay posibilidades de sufrir algún accidente	78
● Existen pocas posibilidades de rutas	14	● Implica mayor tiempo de traslado	87
● Inseguridad (delincuencia)	244	● Otras	3

Nota. Gráfica obtenida de la interfaz de los resultados de la aplicación Forms de Microsoft la cual se utilizó para aplicar la encuesta de elaboración propia.

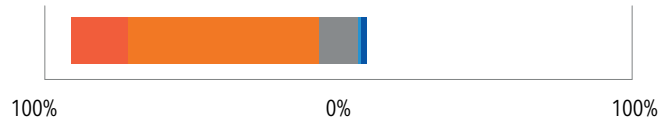
Otros de los cuestionamientos realizados fueron sobre las costumbres que se tienen al movilizarse; los hábitos en la elección de la ruta de sus traslados también influyen en los flujos de la ciudad. El 68% de los encuestados suelen manejar casi siempre la misma ruta en su día a día. Se ve en el gráfico de la Figura 8 cómo la barra que representa la totalidad de los encuestados, se carga a respuestas referentes a prácticas repetitivas que se convierten en rutinas consolidadas, posiblemente difíciles de cambiar.

Figura 8. Costumbres sobre las rutas a tomar en destinos habituales.

¿Utilizas la misma ruta (camino) para ir a tus destinos habituales?

● Siempre ● Casi siempre ● A veces ● Casi nunca ● Nunca

Selecciona tu respuesta



Nota. Gráfica obtenida de la interfaz de los resultados de la aplicación Forms de Microsoft, la cual se utilizó para aplicar la encuesta de elaboración propia.

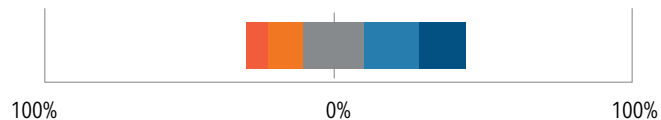
Por otro lado, disruptores como la tecnología, también podrían influir en la dinámica de flujos de la red del tramado urbano. Esto se puede ver en las respuestas sobre el uso de sistemas digitales de información geográfica en tiempo real, en donde se observa su influencia a la hora de elegir una ruta por parte de las personas.

Figura 9. Uso de tecnologías de la información para la elección de ruta en destinos habituales y nuevos.

¿Planeas tu ruta o camino, para ir a tus destinos habituales, utilizando aplicaciones (apps) de mapas digitales (GPS, Waze, Google Maps, etc.)?

● Siempre ● Casi siempre ● A veces ● Casi nunca ● Nunca

Selecciona tu respuesta



¿Planeas tu ruta o camino, para ir a un nuevo destino o al que rara vez acudes, utilizando una aplicación de mapas digitales (GPS, Waze, Google Maps, etc.)?

● Siempre ● Casi siempre ● A veces ● Casi nunca ● Nunca



Nota. Gráfica obtenida de la interfaz de los resultados de la aplicación Forms de Microsoft, la cual se utilizó para aplicar la encuesta de elaboración propia.

En este tipo de estudios, la información que se obtiene acerca de la manera en que las personas eligen moverse arroja luz para entender las razones por las cuales los flujos se dan de maneras particulares en función de cuestiones que no son precisamente referentes a la conectividad del trazo de las calles. Se observa, en el estudio realizado, cómo la percepción de seguridad y el ahorrar tiempo determinarían los caminos que, con el tiempo, se pueden volver rutinarios. Un hallazgo interesante es que, si se considera la conectividad de una calle por el número de calles que cruza o conecta, en la práctica puede que dicha calle tienda a evitarse, puesto que cada cruce representaría hacer un alto o pausa. Esto resultó en una de las razones principales para evitar una ruta.

Discusión

Como se ha expuesto, la manera en que se pueden abordar o enfocar los estudios para el diseño de los flujos de los espacios urbanos podría arrojar conclusiones distintas. Desde el punto de vista cuantitativo, de las propiedades físicas y topológicas de la configuración de los caminos, no se podría negar que dichas condiciones ejercen una influencia importante de cómo se fluye y desarrolla un socio-sistema urbano. Es posible medir matemáticamente la conectividad de una red con las llamadas medidas

de centralidad de los nodos, con estas se podría determinar qué propiedades tienen las calles de ciertas zonas con respecto al resto de la estructura vial; en otras palabras, por ejemplo, qué calles representan mayor conectividad con otras (centralidad de grado), qué calles tienen la propiedad de ser intermediadoras (*betweenees*), o qué calles hacen *clusters* (cerca-nía). Sin duda esta perspectiva podría dar *insights* relevantes para el diseño de los flujos y recorridos de un espacio.

Por otro lado, se tiene la aproximación cualitativa. No es nuevo que, más que una conectividad, las personas requieren accesibilidad: que las vías permitan y admitan un tránsito compatible con sus posibilidades y necesidades. En este sentido, los estudios sobre percepción, antropología e imaginarios entrarían en juego. En última instancia, las personas toman decisiones sobre su actuar y tienen conciencia sobre su transitar en el medio urbano, por lo que este enfoque no es de ninguna manera algo trivial, sino que representaría un sólido punto de partida para el diseño de los flujos en los espacios urbanos.

De lo anterior se desprende una deducción un tanto lógica, considerar ambos aspectos para proyectar flujos; pero la cuestión es cómo podría reducirse la brecha metodológica entre ambos enfoques, y considerar lo que se produce tanto en escala global, como a escala local. Una posible salida es la aproximación desde las ciencias de la complejidad

y el estudio de los sistemas urbanos como sistemas complejos.

La complejidad de un sistema refiere a la característica de la estrecha e indivisible interrelación que existe entre sus elementos componentes. En los sistemas complejos, la totalidad es más que la simple suma de sus partes, las interacciones a nivel local entre los componentes producen la emergencia de fenómenos a escala global. Diversos autores han referido a las ciudades como sistemas complejos Gershenson (s.f); Miramontes, Lugo y Sosa (2017); y Narváez et al. (2019). En esta literatura se hace referencia a las propiedades que estos sistemas sociales tienen; propiedades similares a sistemas complejos de distinta naturaleza, como los biológicos. En los sistemas complejos resulta más relevante la organización que la naturaleza de los componentes, por lo que su estudio pudiera abordarse desde los mismos marcos teóricos, aunque la naturaleza de los sistemas sea distinta. De las teorías explicadas en el estudio de los sistemas complejos, se encuentran precisamente la teoría de redes y la teoría de juegos. Es decir, las teorías que estudian la estructura y dinámica de redes de interacciones de interacciones.

Ante lo expuesto en el texto, se puede ver que tanto la estructura de la red del sistema ciudad (la conectividad de la red de caminos y la topología

del tramado urbano), como la dinámica (la lógica que siguen las personas al tomar decisiones de movilidad dentro de la estructura), constituyen una estrecha relación: cuando las personas interactúan con las vías, se genera nueva información, que retroalimenta al mismo sistema y se detonan procesos que hace que se reajusten los flujos. Por ejemplo, la conectividad estructural, en primera instancia, podría propiciar una mayor afluencia hacia ciertas zonas. Sin embargo, esta misma afluencia mayor es justamente la que haría que se evitara fluir por ahí, ya que, como se vio en el sondeo, una actividad y congestión de personas es una característica que evita la elección de una ruta.

Asimismo, la complejidad del sistema urbano queda denotada en cómo una cuestión que tiene una derivación directa de la determinación de vías o de las preferencias y costumbres de las personas pueda representar un elemento para redirigir o rediseñar los flujos y movilidad urbana: las aplicaciones móviles de mapas digitales. Es interesante observar que el diseño de objetos e interfaces digitales puede dar esta retroalimentación al sistema general, haciendo consciente a las personas de la información de su contexto. Con esa información, la movilidad se podría redirigir, tanto a escala individual, como colectiva.

Conclusiones

Para conciliar el abordaje desde la estructura vial y la lógica de los comportamientos de los individuos, podrían plantearse preguntas que de cierta manera “traduzcan” las interpretaciones tanto cualitativas como cuantitativas: ¿Cuál es la conectividad topológica más eficiente? Podría replantearse en el sentido de variable tiempo (que es la que priorizan los individuos del sistema), y podría formularse como “¿Cuál es la conectividad topológica que implica menos tiempo de traslado?” y así con cada medida de centralidad y variable dada por las personas. Cabría preguntarse entonces, por ejemplo: en términos de la preferencia o necesidad “X”, ¿qué significaría una estructura vial con calles con un promedio alto de “betweenness” (propiedad de conectar dos o más zonas o conjuntos de nodos distintos)?

Resumiendo, lo que se puede concluir es que, si bien la conectividad topológica del tramado urbano sí representa una condición que influye en el flujo para el desarrollo de las comunidades y espacios de la ciudad, conforme pasa el tiempo y ocurren otros fenómenos en las dinámicas de los contextos se vuelve

menos determinante dicha estructura vial para la toma de decisiones para transitar por los espacios. Son factores como la percepción de seguridad, el tiempo de los recorridos, las condiciones de los medios de transporte o el uso de la tecnología los que prevalecen para decidir una ruta, teniendo así procesos recursivos en donde una red de caminos dirige el curso de los flujos y viceversa.

Para el diseño de los flujos y para proyectar espacios con una mecánica de fluidos determinada, sería importante desde luego basar el trazado inicial tomando en cuenta las propiedades que expresan las tipologías de red y las configuraciones urbanas; pero en el entendimiento de la lógica individual de las personas, así como los posibles estados futuros de la interacción entre las personas, los objetos y su entorno. No obstante, ante la naturaleza de los sistemas complejos, en donde con el paso del tiempo se va generando información nueva que hace que estos sistemas se encuentren siempre en constante cambio, más que tratar de establecer un ordenamiento a partir del diseño, se debiera considerar como la implementación de condiciones que permitan una auto organización más eficiente y eficaz por parte del sistema. Es decir, realizar proyectos con las características y mecanismos que permitan que sean las mismas personas las que reconfiguren las estructuras y los flujos.

Referencias

- Agryzkov, T. (2018). Medidas de centralidad en redes urbanas con datos. *Tesis Doctoral*. Universidad de Alicante.
- Aldefer, C. P. (1969). An Empirical Test of a New Theory of Human Needs. *Organizational Behavior and Human Performance Vol. 4*, 142-175.
- Disney, A. (2020). *Análisis de redes sociales 101: medidas de centralidad explicadas*. Obtenido de Cambridge Intelligence: <https://cambridge-intelligence.com/keylines-faqs-social-network-analysis/>
- Doyal, L., y Gough, I. (s.f.). *A theory of human need*. New York: Guilford Press.
- Gershenson, C. (s.f.). Interacciones. *Curso de pensamiento sistémico, Curso pensamiento sistémico*. (UNAM, Ed.) Cd. de México.
- Groppa, O. (2004). Las necesidades humanas y su determinación: Los aportes de Doyal y Gough, Nussbaum y Max-Neef al estudio de la pobreza. *SSRN*. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2862638
- Gutierrez Alonso, I. (s.f.). Monografía: Forma y estructura de la ciudad. Universidad Autónoma del estado de México. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/arte-cultura-y-sociedad/monografia-forma-y-estructura-de-la-ciudad/12721680>
- Hillier, B., Hanson, J., Grajewski, T., y Xu, J. (1993). Environment and Planning B: *Planning and Design*, 29-66.
- Maslow, A. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, +. Obtenido de <https://psychclassics.yorku.ca/Maslow/motivation.htm#r13>
- Maturana, H., y Varela, F. (2003). *De máquinas y seres vivos, autopoiesis: la organización de lo vivo* (1a ed.). Buenos Aires: Lumen.
- Max-Neef, M. (1987). *Desarrollo a Escala Humana*. Montevideo: Nordan.

- Miramontes, o., Lugo, I., y Sosa, L. (2017). *Complejidad y Urbanismo: del organismo a la ciudad*. CDMX: Copit-Arxives.
- Morales Agiss, I. O. (2019). Propiedades de las redes de vialidades en ciudades Mexicanas. En *Ciudad compleja, ocho textos sobre estudios urbanos y sistemas complejos* (p. 171-187). San Nicolás de los Garza: Labyrinthos.
- Narváez Tijerina, V. R. (2015). *Lo imaginario: seis aproximaciones*. Monterrey: Tilde .
- Narvaez, B., Sosa , L., Vázquez, G., y Fitch, J. (2019). *Ciudad Compleja: Ocho textos sobre estudios urbanos y sistemas complejos*. San Nicolás de los Garza.: Labyrinthos.
- Romero Morales, C., Vázquez Serrano, F., y De Castro Lozano, C. (2007). *Domótica e Inmótica*. México D.F.: Alfaomega.
- Silva, A. (2006). *Imaginario Urbanos*. Medellín Colombia: Arango.
- Solé, R. (2009). *Redes complejas*. Barcelona, España: Tusquets Editores.