

---

## ARTÍCULO

Oswaldo Daniel Cardozo, Erica Leonor Gómez y Miguel Alejandro Parras

### TEORÍA DE GRAFOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS AL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN RESISTENCIA (ARGENTINA)

*Revista Transporte y Territorio N° 1, Universidad de Buenos Aires, 2009.*

---



**Revista Transporte y Territorio**  
**ISBN XXXX**  
[www.rtt.filo.uba.ar](http://www.rtt.filo.uba.ar)

[Programa Transporte y Territorio](#)  
Instituto de Geografía  
Facultad de Filosofía y Letras  
Universidad de Buenos Aires



---

#### Cómo citar este artículo:

Cardozo, Oswaldo, Erica Gómez y Miguel Parras. Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicados al Transporte Público de Pasajeros en Resistencia (Argentina). *Revista Transporte y Territorio N° 1, Universidad de Buenos Aires, 2009.* <[www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf](http://www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf)>

*Recibido: 01 de marzo de 2009*  
*Aceptado: 16 de junio de 2009*



# Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicados al Transporte Público de Pasajeros en Resistencia (Argentina).<sup>1</sup>

[Osvaldo Daniel Cardozo](#)<sup>2</sup>

[Erica Leonor Gómez](#)<sup>3</sup>

[Miguel Alejandro Parras](#)<sup>4</sup>

## RESUMEN

Uno de los objetivos de la Geografía Aplicada es la detección de problemáticas con base territorial en nuestra realidad y la formulación de propuestas de intervención directas para superarlas. En este marco, el presente artículo expone los resultados de un análisis descriptivo de la red del transporte público -líneas urbanas de colectivo- en el microcentro de la ciudad de Resistencia, Provincia del Chaco (Argentina). El innegable carácter geográfico que adquiere su estructura, fue la razón para intentar conjugar los aportes provenientes de la Teoría de Grafos (índices  $\beta$ ,  $\mu$ ,  $\alpha$ , IAM, NS, entre otros) y desde los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el objeto de explorar algunas relaciones entre la oferta del servicio y la accesibilidad espacial que deriva de ésta. El análisis de los resultados pone en evidencia una fuerte concentración de la oferta del transporte público en torno a la plaza central de Resistencia, lo que se traduce en importantes desequilibrios de la accesibilidad espacial en el área de estudio.

## ABSTRACT

One objective of the Applied Geography is the detection of problems with territorial base of our reality and the direct formulation of proposals of intervention to surpass them. In this frame, this article presents the results of a descriptive analysis of the network of public transport -urban lines- in the downtown of the city of Resistencia, Provincia del Chaco (Argentina). The undeniable geographic character that acquires your structure, was the reason to try to combine the contributions from the Theory of Graphs (indexes  $\beta$ ,  $\mu$ ,  $\alpha$ , AMI, NS, among others) and Geographic Information Systems (GIS), to explore some relationships between the supply of the service and the space accessibility. The income analysis exposes a strong concentration of the supply of the public transportation around the central square of Resistencia, what is translated in important unbalances of the space accessibility in the area of study.

**Palabras Claves:** Transporte público; Accesibilidad; Grafos; Sistemas de Información Geográfica; Resistencia.

**Palavras-chave:** Transporte público; Acessibilidade; Grafos; GIS; Resistência.

**Keywords:** Public transport; Accessibility; Graphs; Geographic Information Systems; Resistencia.

## 1. INTRODUCCIÓN

La distribución espacial de los elementos de la realidad constituye un viejo problema geográfico. De hecho en casi todas las definiciones de Geografía *la distribución de los fenómenos naturales y humanos sobre la superficie terrestre figura entre las preocupaciones centrales* (Cardozo, 2006). Por ello, el estudio de las redes de transporte despierta el interés de los geógrafos fundamentalmente por dos razones: primero *porque las industrias, infraestructuras, equipamientos y las redes ocupan un lugar importante en el espacio y constituyen la base de un sistema espacial complejo*; en segundo lugar, *porque la Geografía trata de explicar las relaciones entre fenómenos dentro del ambiente, por lo tanto, las redes*

<sup>1</sup> Este artículo deriva de una comunicación presentada en el XXIIº Encuentro de Profesores en Geografía del Nordeste Argentino, realizado del 18 al 20 de septiembre 2008 en la ciudad de Resistencia, Provincia del Chaco, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Geografía – GEMSIT / Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), [odcardozo@hum.unne.edu.ar](mailto:odcardozo@hum.unne.edu.ar)

<sup>3</sup> Instituto de Geografía – GEMSIT / Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), [erical\\_gomez@yahoo.com.ar](mailto:erical_gomez@yahoo.com.ar)

<sup>4</sup> Instituto de Geografía – GEMSIT / Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), [aleparras@hotmail.com](mailto:aleparras@hotmail.com)



como una forma de interconexión espacial son de interés específico para los geógrafos (Rodríguez, 2006).

Prácticamente ningún elemento de la realidad -asentamientos humanos, equipamientos, recursos naturales, medios de producción, etc.- presenta una distribución homogénea sobre la superficie terrestre, plasmándose esto en diferentes configuraciones espaciales y paisajísticas. La necesidad de superar esas *diferencias espaciales* provocó la aparición del transporte. En tal sentido Barbero y Quinn (1986) señalan... *en la medida en que el transporte sea la herramienta que permita superar la fricción impuesta por la distancia que separa a la población de los diversos centros de actividad, prácticamente no existe movimiento [desplazamiento o intercambio] alguno que sea posible sin los transportes.*

Precisamente, el transporte es una actividad derivada de otras similares que tienen lugar en un área geográfica determinada, como un país, una región, una ciudad, etc. sostiene Manheim (1979). En este contexto, Fernández (1998) afirma que el conjunto de actividades de residencia, producción, consumo, recreación, etc. producidos en un lugar se denomina *sistema de actividades*, y es el encargado de generar la necesidad de desplazarse, conocido como *demanda*. Esta demanda es satisfecha por el conjunto de vías, vehículos, terminales o paradas, frecuencias, etc., lo que constituye la *oferta* del servicio, conformando todo ello, el *sistema de transporte*. La interacción entre ambos sistemas se traduce en un conjunto de *flujos*, constituido por los viajes entre orígenes y destinos, en diferentes *modos* de transporte, por diversas rutas y en distintos tiempos.

Al respecto en tareas de planificación, es de particular interés conocer la forma en que interacciona el sistema de transporte con el espacio geográfico, ya que provoca necesariamente una transformación del territorio donde se emplaza el mismo, hasta adaptarlo a sus necesidades y condiciones. Ello se denomina *carácter estructurante del transporte*, el cual se plasma en la configuración que adoptan las redes (ejes, nodos, movimientos, jerarquías), especialmente en áreas metropolitanas donde el espacio se articula profundamente con las infraestructuras y equipamientos que regulan los desplazamientos sobre el territorio.

Por todo lo dicho anteriormente, se considera relevante el abordaje de la temática del transporte público de pasajeros como objeto de estudio del presente. Siendo éste un elemento esencial en la configuración del espacio urbano, como alternativa para el desplazamiento de la población y el desarrollo de sus actividades. Específicamente en este trabajo se propone aplicar una metodología sobre la cual aún existen escasos antecedentes<sup>5</sup>, la misma pretende integrar el análisis de la Teoría de Grafos con los Sistemas de Información Geográfica, a fin de lograr un enfoque que permita un primer acercamiento descriptivo del fenómeno en estudio. Resulta oportuno hacer la salvedad que dicho trabajo se encuentra aún en una etapa exploratoria, por esta razón los indicadores seleccionados solo brindan nociones descriptivas de la red; fueron dejados de lado aquellos índices que ofrecen tratamientos más complejos, como análisis de evolución temporal o de correlación por ejemplo, para ser tratados con mayor profundidad en estudios posteriores.

El presente trabajo se estructura de la siguiente forma: en primer lugar se expone el objeto de estudio y su relevancia, junto a conceptos claves para su entendimiento; seguidamente se plantean los objetivos y se describe el área de estudio; en el marco teórico y metodológico se destacan los aportes de las técnicas empleadas para la toma de decisiones a partir de tres ejes concretos (la movilidad y el transporte en espacios urbanos, las técnicas

<sup>5</sup> Algunos ejemplos lo constituyen Montilva y Granados, 1996; Salguero, 1997; Montilva y Ramos, 2000; Toledo López y Montiel Pérez, 2004; Luaces, Paramá y Naveiras, 2007, quienes buscan principalmente la aplicación de algoritmos para optimizar el cálculo de rutas, problemas de localización espacial, simulaciones sobre una red, y otros con una fuerte orientación hacia los servicios web.



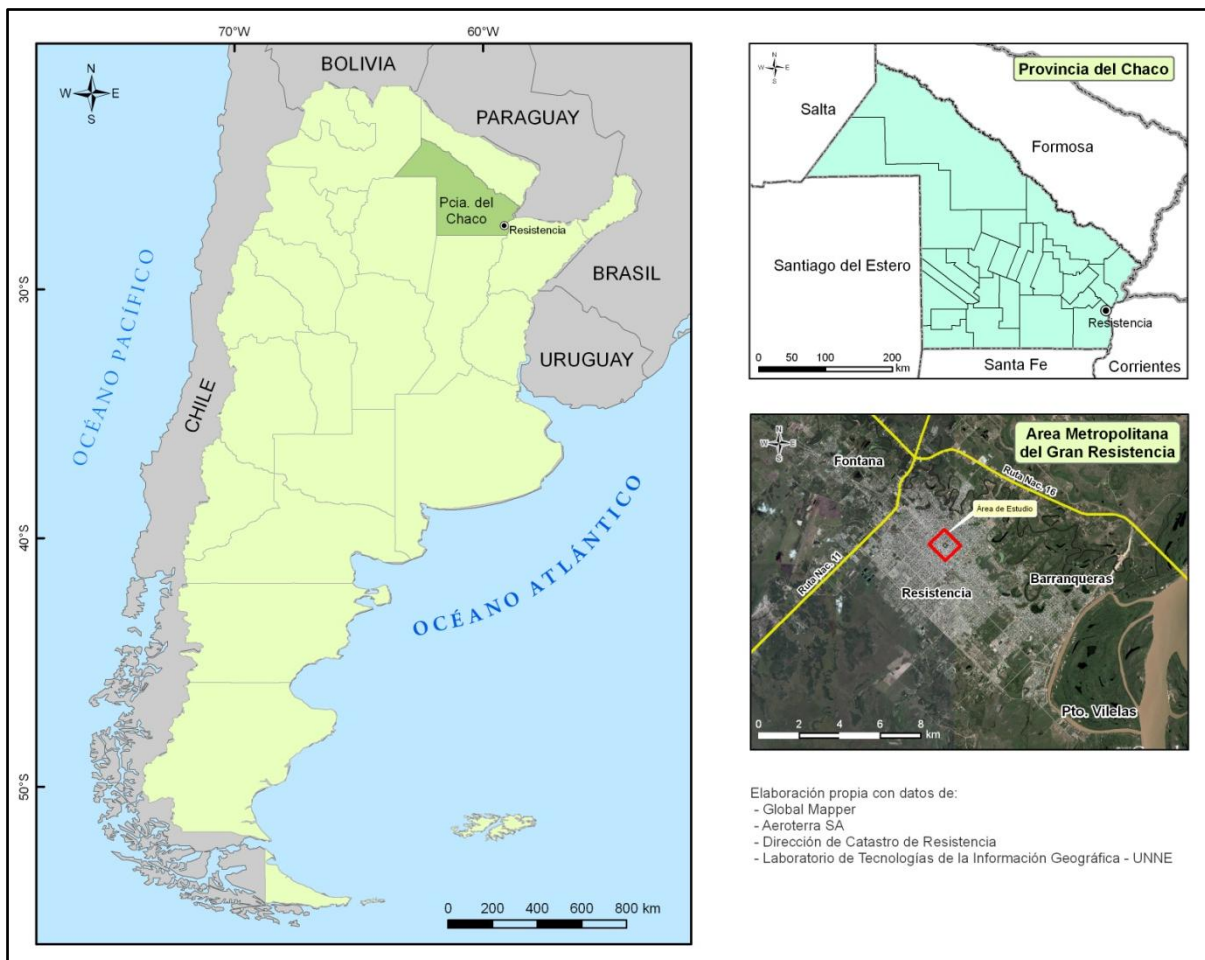
de análisis aplicadas y finalmente el tratamiento de los datos); en otro apartado se presentan los resultados (medidas e índices calculadas y representaciones cartográficas); finalmente se resumen las conclusiones más importantes obtenidas del análisis, dejando planteados también, algunos interrogantes que motivarán estudios posteriores a fin de profundizar aspectos que fueron dejados de lado por escapar a los objetivos propuestos.

## 2. OBJETIVO Y ÁREA DE ESTUDIO

Como se menciona en el apartado anterior, se trata de un análisis exploratorio-descriptivo de los rasgos geográficos que presenta la red de transporte público. Resulta importante señalar que al no contar con antecedentes previos en la ciudad o en la región, es irrealizable una comparación de estadios de desarrollo en la red, por ello se plantea un enfoque atemporal.

Pocos trabajos se enmarcan en la búsqueda de integrar análisis de Grafos con los Sistemas de Información Geográfica, por esta razón, el objetivo del presente es indagar sobre las posibilidades de hacerlo. Concretamente nos centraremos en una de ellas: las representaciones cartográficas temáticas (mapas de densidades focales, símbolos proporcionales y perspectiva en 3D) a partir de los datos provenientes del análisis con índices propios de la Teoría de Grafos.

**Figura 1: Localización geográfica de la ciudad de Resistencia en la Provincia del Chaco y ubicación del área de estudio en el espacio urbano del Gran Resistencia.**





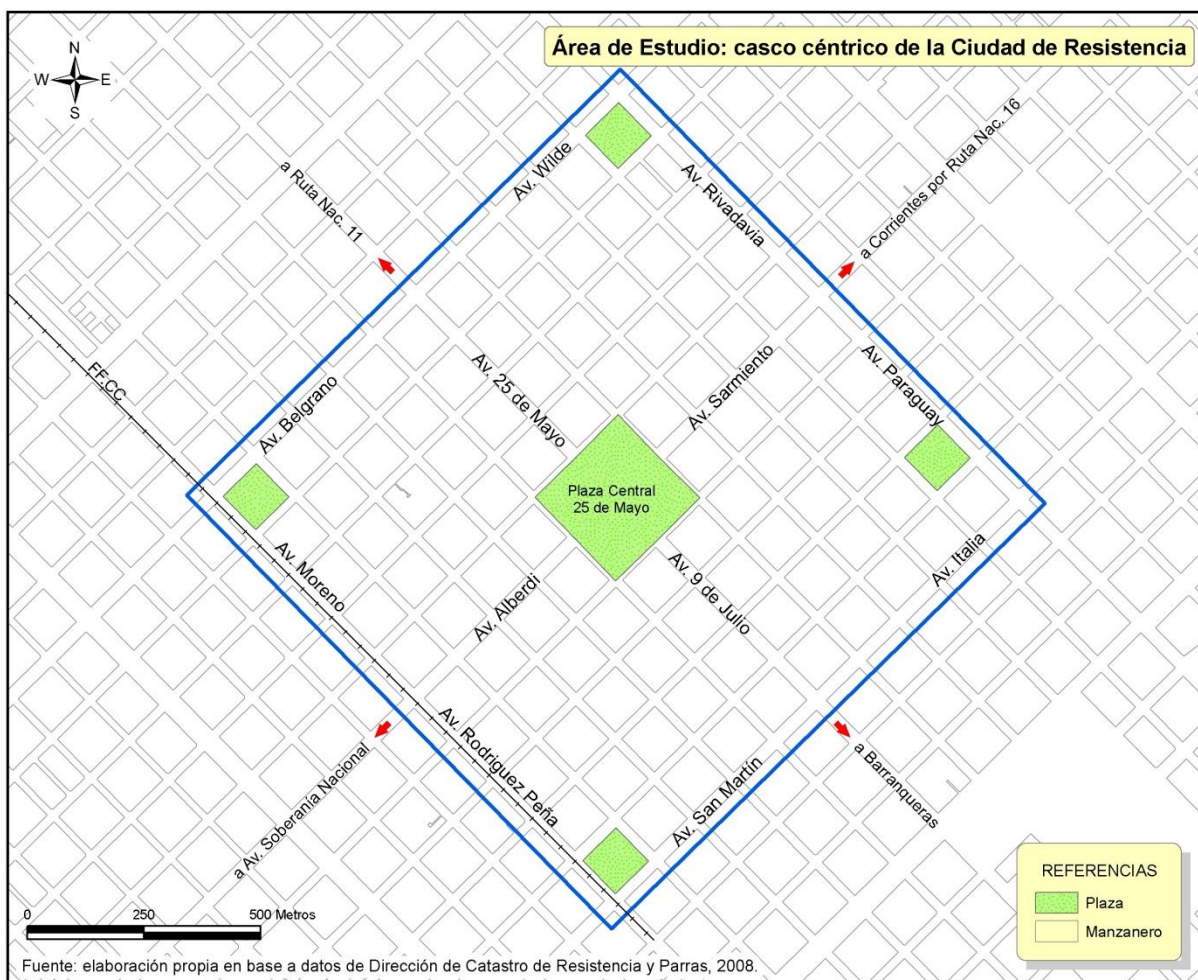


Retomando el interés por explorar los patrones de accesibilidad espacial que derivan de la oferta del servicio de transporte público de pasajeros en los espacios urbanos, se propone como ejemplo de aplicación al casco céntrico de la ciudad de Resistencia; esta decisión obedece a que constituye el núcleo funcional del Gran Resistencia.

La ciudad de Resistencia se ubica al sureste de la Provincia del Chaco y al noreste del Departamento San Fernando (ver Fig. 1), aproximadamente a los 27°27' de latitud Sur y 58°59' de longitud Oeste. Resistencia es la Capital de la Provincia y junto a los municipios vecinos de Barranqueras, Puerto Vilelas y Fontana conforman el Gran Resistencia<sup>6</sup>, un continuo urbano con más de 450.000 habitantes (año 2001), y emplazada sobre una planicie aluvional en el interfluvio de los ríos Negro y Arazá, y que a su vez se halla dentro de un valle de inundación mucho mayor que corresponde al río Paraná.

El paisaje natural se caracteriza por el gran número de lagunas semilunares -algunas casi dentro del trazado urbano-, producto de antiguos meandros generados por la escasa pendiente y un suelo limo-arcilloso que dificulta la infiltración. Junto a ello, las copiosas lluvias estacionales -máximas en marzo y noviembre-, y los periódicos desbordes del río Paraná, provocan continuas inundaciones que tornan a gran parte del área metropolitana en un espacio altamente vulnerable.

**Figura 2: Delimitación del Área de Estudio correspondiente al casco céntrico de la Ciudad de Resistencia.**



<sup>6</sup> También es conocida como Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR).



El área de estudio corresponde al sector central de Resistencia -de poco más de 100 ha.- comprendido por las avenidas Moreno, Rodríguez Peña, Belgrano, Wilde, Rivadavia, Paraguay, San Martín e Italia (ver Fig. 2), donde se concentra la mayor parte de la actividad comercial, administrativa<sup>7</sup> y de servicios. Así mismo, la delimitación propuesta coincide con trabajos similares (Borges y Scornik, 2002/2003; Seminario de Geografía Regional<sup>8</sup>). Expuesto lo anterior, cabe indicar que este trabajo se considera un punto de inicio para futuras aplicaciones en otros sectores de la ciudad.

### 3. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO

En este apartado se expone el fundamento de centrar el interés en el transporte público urbano de pasajeros, las ventajas que implican abordar su estudio con la técnica de Grafos y los Sistemas de Información Geográfica, así como detalles sobre el tratamiento aplicado a los datos y de la metodología seguida para su análisis.

#### 3.1. Movilidad y Transporte en Áreas Urbanas

En los espacios urbanos en general, el transporte público masivo se convierte en un elemento clave para las administraciones -en términos de demanda potencial-, debido a la necesidad cotidiana de la población para desplazarse. Para Rey y Cardozo (2007), en la concepción actual de movilidad urbana, el transporte público colectivo no constituye uno más dentro del conjunto de modos de transporte, debido a las múltiples implicancias que conlleva su utilización.

Con frecuencia es el modo más utilizado -cuando no el único- por sectores considerados marginales desde el punto de vista socioeconómico y territorial, como menores de edad, ancianos o trabajadores de barrios periféricos. Precisamente, su acción a favor de la cohesión social y espacial es bien conocida, al unir los barrios más alejados o carenciados con el centro de la ciudad, puesto que el empleo de transportes más rápidos, confortables o particulares representa costos difíciles de asumir para estos segmentos de la población.

Diversos autores (Fernández, 1998; Seguí Pons y Petrus Bey, 1991; Zárate Martín, 1991; Seguí Pons y Martínez Raynés, 2004) sostienen que el transporte público debe ser esencial para una ciudad por varias razones:

- Permite el desplazamiento de personas que no tienen recursos para adquirir un vehículo particular y necesitan recorrer largas distancias hacia un centro de actividad (lugar de trabajo o estudio, etc.).
- Facilitan la circulación y reducen la congestión en las calles, por ejemplo un autobús puede transportar a más de 60 personas utilizando la misma superficie de dos automóviles, que por término medio están ocupados por 1,08 personas. Además no ocupan espacio de estacionamiento en las calles.
- En cuanto a la sustentabilidad ambiental, el menor uso del automóvil disminuye la contaminación, al reducir el consumo de energía se quema menos combustible, y por lo tanto, se emite menos humo (monóxido de carbono) a la atmósfera. También se reduce la contaminación visual y auditiva.

<sup>7</sup> La ciudad es sede de los poderes ejecutivos municipal y provincial, además de los correspondientes órganos legislativos y judiciales de ambas jurisdicciones de gobierno.

<sup>8</sup> En el marco del mismo, alumnos de la carrera de Geografía de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) realizaron durante el período 2001-2003, un detallado relevamiento de información sobre los diferentes servicios y funciones existentes en este sector de la ciudad.



Puesto en evidencia la importante relación existente entre transporte público de masas y las áreas metropolitanas, consideramos oportuno explicitar la concepción de espacio urbano utilizada a los fines del trabajo: el mismo es entendido como un espacio socialmente construido a lo largo del tiempo, que actúa como soporte físico para el conjunto de relaciones entre los elementos antrópico-naturales que lo componen.

Bajo esta concepción, cabe la posibilidad de intervenir y modificar la organización del territorio para mejorar la movilidad de las personas, con una acción conjunta entre el rediseño de la estructura urbana y una redistribución en la dotación de infraestructuras y equipamientos relacionada al transporte público. Esta última idea coincide en forma intencionada con una de las principales premisas de la *justicia espacial*, una expresión de profunda raíz geográfica que aspira a un territorio más equitativo, sustentable y justo para quienes lo habitan.

### 3.2. Técnicas Aplicadas: Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica

En el conjunto de actividades económicas de la población, uno de los factores estructurantes del territorio es la infraestructura ligada al uso del transporte. Las redes de transporte tienen la capacidad de incidir en la forma, la cohesión, los límites, la conexión e interacción (flujos) de un territorio, por lo tanto, el *problema* de la distribución espacial es aplicable a los desequilibrios en las mismas, que por sus características específicas es posible estudiarlas desde de la Teoría de Grafos y los Sistemas de Información Geográfica; tal decisión se basa en la fuerte capacidad analítica y de abstracción que conjugan ambos enfoques, con resultados de sencilla interpretación y con posibilidades de aplicación en el ámbito de la planificación y políticas de intervención territorial.

El grafo es un término matemático utilizado para designar a un conjunto de puntos unidos entre sí por segmentos, que pueden representar un proceso o relación funcional de cualquier tipo, pero centra su atención en las relaciones topológicas entre sus elementos. Precisamente fue desarrollada por el matemático Leonhard Euler en el Siglo XVIII como una rama de la Topología Algebraica, e introducida en la Geografía en los años sesenta por W.L. Garrison y F.D. Marble, generalmente para estudiar la *expresión* de las redes de transporte sobre el espacio geográfico (Zárate Martín y Rubio Benito, 2006).

La Teoría de Grafos<sup>9</sup> permite asociar a redes de transporte o de circulación una estructura sencilla pero abstracta de *nodos* y *arcos* conectados, porque sus elementos pueden asociarse fácilmente a objetos geográficos de la vida real. De esta forma los *nodos* pueden representar ciudades, paradas o estaciones, cruces de carreteras, aeropuertos, puertos, centroides de zona, o lugares de referencia; de manera similar, los *arcos* que conectan a los anteriores son asimilables a carreteras, líneas de ferrocarril, tendido de cables, trama de calles, canales, cauces fluviales, rutas aéreas o marítimas, etc. a través de los cuales se mueven flujos de personas, mercaderías, información, materia, etc.

La aplicación de la Teoría de Grafos responde principalmente a un análisis descriptivo-explicativo, es decir, al estudio morfométrico de las redes para conocer su estructura y desarrollo, donde según Haggett (1976) se pone el acento fundamentalmente en las propiedades topológicas (conectividad, accesibilidad) más que en sus dimensiones reales. Bajo esta perspectiva, consideramos que se trata de un buen mecanismo de abstracción para evidenciar las relaciones funcionales e interacciones entre infraestructuras de transporte, asentamientos y actividades humanas con el territorio sobre el cual se emplazan.

<sup>9</sup> Un problema no resuelto aún es la falta de homogeneidad en la terminología utilizada para designar a los elementos del grafo: por ejemplo, los elementos puntuales pueden denominarse nodo, vértice, nudo, etc., mientras que los lineales pueden llamarse arco, arista, eje, segmento, etc. Ante la incertidumbre y debido a que guardan cierta relación con la terminología propia de los SIG, se optó por las primeras denominaciones respectivamente (arco y nodo).



La decisión de utilizar las medidas que a continuación se describen y no otras, reside fundamentalmente en el carácter exploratorio del estudio y la inexistencia de trabajos anteriores que permitan comparar resultados en Resistencia u otras ciudades de la región con características similares.

A partir de dos medidas sencillas como el número de nodos ( $n$ ), y el número de arcos ( $a$ ), es posible comenzar el análisis con grafos.

### 3.2.1. Medidas de Conexión o Cohesión

En primer término se obtuvieron las medidas de *Conexión* o *Cohesión*, que miden el grado de conectividad recíproca entre los nodos de la red. El interés por esta clase de medidas, obedece a que el incremento de las conexiones a través del tiempo significa una mayor cohesión espacial para el territorio donde se emplaza la red. Los índices de este tipo son múltiples, entre los cuales cabe mencionar:

Índice  $\beta$  o de Conexión Máxima: es el más simple, porque surge de dividir el número de arcos con el número de nodos. Señala que un aumento en el número de arcos en la red, representa una mayor conectividad entre los nodos.

$$\beta = a / n$$

Los valores extremos de este índice varían entre 0 y 3. Valores inferiores a 1 indican una red inconexa, valores de 1 significan redes con un único circuito, y de 1 a 3 representan redes complejas.

Una interesante aplicación de éste índice, resulta de compararlo con el valor máximo posible, que se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Máximo de } \beta = n \cdot (n - 1) / 2$$

Este valor indica la máxima conexión o coherencia que podría tener la red, y a partir del cual es posible calcular su porcentaje de conectividad actual. El resultado debe interpretarse con cierta precaución, porque un valor de  $\beta$  igual a 100 % es totalmente ideal, y por lo tanto alejado de la realidad.

Índice  $\mu$  o Número Ciclomático: expresa el número de circuitos que posee la red. Se calcula restando al total de arcos el número necesario para construir un árbol, teniendo en cuenta que el árbol es igual al número de nodos menos uno. La fórmula final se expresa de la siguiente manera:

$$\mu = a - (n - 1)$$

Dicho resultado adquiere mayor sentido cuando se lo compara con el número máximo posible de circuitos en la red.

Índice  $\alpha$ : es un indicador de la complejidad de la red, que se obtiene del ratio entre el Número Ciclomático y el máximo posible de circuitos; éste último se calcula mediante la ecuación:  $2 \cdot n - 5$

También puede ser expresado en porcentajes para su comparación, como lo indica la siguiente expresión:

$$\alpha = (\mu / 2 \cdot n - 5) \cdot 100$$





### 3.2.2 Medidas de Accesibilidad y Centralidad

Otra interesante capacidad de la Teoría de Grafos surge de las medidas de *Accesibilidad* y *Centralidad*. Un tema importante para analizar es la accesibilidad topológica de cada nodo en la red, teniendo en cuenta la cantidad de arcos que es necesario atravesar para llegar a un nodo de referencia desde cualquier otro. De esta forma los nodos adquieren una jerarquía en función de la facilidad de acceso desde cada uno a los demás.

Un primer paso es la construcción de la *Matriz de Conectividad*<sup>10</sup>, que consiste en una tabla binaria de doble entrada donde se consignan el número de arcos y nodos en filas y columnas respectivamente. En ella las relaciones topológicas se representan con valor de 1 si los nodos están conectados por un arco, o valor de 0 en caso contrario (ver Anexo 1). Sumando el número de conexiones en sentido horizontal, conocemos los nodos mejor y peor conectados.

El paso siguiente es la elaboración de la *Matriz de Accesibilidad Topológica* (ver Anexo 2), la cual se genera a partir de la anterior, reemplazando los 0 por las distancias entre los nodos de la red, expresada por el número de arcos que deben atravesarse para llegar de un nodo a otro, siguiendo el camino más corto. A partir de ella se calcularon dos medidas: *Número Asociado* (NS), y el *Índice de Shimbel*, con el objeto de reconocer y analizar la accesibilidad en los nodos de la red.

Los resultados obtenidos en dichas matrices de Grafos al explotarlos en un software SIG (Sistemas de Información Geográfica) a través de representaciones cartográficas de símbolos proporcionales, señalan la integración de ambas técnicas.

*Número Asociado* o de *Köning*: esta medida se refiere a la distancia topológica -expresada en número de arcos- para alcanzar el nodo más distante por el camino más corto. Representa la accesibilidad de ese nodo al más lejano de la red, y significa que cuanto más bajo es el número, más alto es el grado de accesibilidad. En la Matriz de Accesibilidad Topológica se lo identifica porque es el número mayor de cada fila.

*Índice* o *Número de Shimbel*<sup>11</sup>: se obtiene sumando los valores de cada fila en la Matriz de Accesibilidad, y representa el número de arcos que es necesario atravesar desde un nodo a los demás por el tramo más corto, siendo más accesible el nodo que presente el índice más bajo.

$$Shimbel = \sum d_{xy}$$

Donde  $d$  es el número de arcos que separa a los nodos  $x$  e  $y$  por el tramo más corto; en caso de que los nodos tengan igual NS, será más accesible el de menor índice de Shimbel.

A partir de esta última medida, es posible derivar otros dos índices para evaluar la accesibilidad global de la red: *índice G* y *IAM*.

*Índice G* de *Dispersión*: este mide el nivel de accesibilidad para el conjunto de la red, y se obtiene de la suma de todos los índices Shimbel del grafo (número de arcos que es preciso atravesar para llegar desde un nodo a los demás).

$$\text{Índice } G = \sum Shimbel$$

Si relacionamos dicho valor con el número total de nodos, se calcula un índice de accesibilidad que permite comparar la red con otras de similares características.

<sup>10</sup> También es conocida como Matriz de Adyacencias o de Conexión.

<sup>11</sup> También conocido como Índice de Accesibilidad Topológica.



Índice de *Accesibilidad Media* (IAM): este índice determina un valor promedio de la accesibilidad en la red a partir del cociente entre, el índice *G* de Dispersión y el número de nodos existentes. Este promedio de la red permite comparar diferentes grafos, o ver dentro de una misma red la accesibilidad de cada nodo (índice de Shimbel) respecto a la media (índice *G*); los que superan el promedio, son los menos accesibles.

$$IAM = \text{Índice } G / n$$

Por otra parte, los Sistemas de Información Geográfica -en adelante SIG- son un *conjunto de herramientas y técnicas capaces de capturar, organizar, almacenar, manipular y analizar toda información de componente espacial, es decir, aquella que es capaz de ser georreferenciada* (Bosque Sendra, 1992). El sistema permite modelizar la realidad al separar la información espacial en distintas capas temáticas, facilitando el tratamiento y análisis diferencial de cada elemento en estudio como así también abordarlo desde una visión global.

En un SIG es posible manejar dos tipos de información geográfica: ráster y vectorial. El modelo ráster se ha desarrollado para modelar características continuas, una capa ráster comprende un conjunto de celdas que poseen asociado un valor y su mínima unidad es el pixel; en cambio el modelo vectorial, utiliza tres elementos fundamentales para la modelización de elementos reales: puntos, líneas y polígonos. Estas propiedades de los datos otorgan alta potencialidad a los SIG frente a otros sistemas de información.

Entre las variadas aplicaciones de los SIG en diferentes campos disciplinares se destacan aquellas funciones vinculadas al análisis de redes en sus diversas formas (eléctricas, ferroviarias, telefónicas, agua potable, etc.). Por ello, un SIG puede ser utilizado para el análisis espacial en redes de transporte: como instrumento de consulta sobre la red vial (sentidos, flujos, dimensiones); para el cálculo de las propiedades de la red (conectividad, diámetro, selección de ruta óptima); para la gestión y control del tráfico. Por tal motivo, las ventajas que supone el empleo de un sistema informatizado para la administración y procesamiento de la información espacial son variadas:

- El formato magnético de la información permite su almacenamiento físico, compacto reduciendo costes en su mantenimiento y acelerando el acceso a los datos.
- La facilidad en la actualización de la información.
- El análisis de la información georreferenciada mediante la aplicación de operadores matemáticos o lógicos.

Un dato de suma importancia para evaluar el equilibrio espacial del servicio y reconocer patrones de accesibilidad diferencial, se obtiene por medio del cálculo de densidad de infraestructuras. Entre las técnicas más usadas se encuentran los estimadores kernel.

*Estimadores Kernel o Densidad Focal*: otra manera de representar la distribución de las paradas del transporte público es a partir de un tipo de densidad focal. Su utilidad principal en este campo, deriva de la gran capacidad visual para mostrar en forma directa e ilustrada la relación entre la densidad de la oferta y el territorio.

Profundizando la explicación cabe señalar que, el valor de la función de intensidad kernel en un punto o píxel determinado, se obtiene centrando en el mismo una especie de *ventana* con un radio o alcance determinado, contando los eventos que hay dentro de ella y tomando en cuenta la distancia al punto de referencia -de manera que los más lejanos al centro del píxel tienen un menor peso en el cálculo-, para luego dividir el resultado entre su superficie



(Moreno Jiménez, 2006; Santos Preciado y García Lázaro, 2008). El mismo, podría interpretarse de manera genérica como la suma ponderada de las contribuciones de todos los eventos del área de estudio al valor de la intensidad del proceso en cada punto, dando como resultado una superficie de tendencia<sup>12</sup> (Smith, Goodchild and Longley, 2008).

### 3.3. Tratamiento de los Datos

Como referencias metodológicas obligadas sobre Teoría de Grafos en Geografía podemos mencionar las obras de Tinkler (1977), Seguí Pons y Petrus Bey (1991), Bosque Sendra (1992), Rodrigue (2006), así como otros trabajos concretos de Brunet Estarellas (1979), Garrido Palacios (1995) o Seguí Pons (1995), por mencionar algunas. En ellos se explica detenidamente la potencialidad (descriptiva o explicativa) de los diferentes tipos de índices que pueden aplicarse.

En cuanto a las etapas metodológicas, una de las más importantes es la recolección de la información. En este sentido, los datos esenciales para este estudio provienen de un trabajo de campo realizado por Parras (2008), que consistió en el relevamiento de la infraestructura relacionada al transporte público y la movilidad -entre ellas paradas de colectivo-, en el casco céntrico de la ciudad de Resistencia, obteniendo con un receptor GPS<sup>13</sup> sus coordenadas geográficas. Por otra parte, la base cartográfica de la red vial y manzanero actualizada al año 2007 fue suministrada por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Resistencia.

A partir de aquella información se procedió a la construcción del grafo asignando un identificador (ID) a cada una de las rutas y paradas del transporte público de pasajeros, que representan respectivamente a los 61 arcos y 48 nodos de la red (ver Fig. 3); cabe aclarar que para la representación de los nodos del grafo fue necesario realizar una simplificación de las paradas reales del transporte público, de manera que dos paradas existentes a ambos lados de una calle constituyan un solo punto en el grafo.

Seguidamente se elaboraron las correspondientes matrices, fundamentales para la cartografía temática realizada posteriormente. La primera de ellas fue la de *conectividad*, y a partir de ésta se obtuvo la de *accesibilidad*, para finalmente aplicar una serie de medidas e índices matemáticos propios de la Teoría de Grafos.

En virtud de que el interés central de la propuesta consiste en enriquecer el tradicional análisis por medio de Teoría de Grafos, se propone la generación de representaciones cartográficas temáticas (mapas de densidades focales, símbolos proporcionales y perspectiva en 3D) en un software SIG<sup>14</sup>, para ayudar en la interpretación de las medidas e índices que de otra manera resultan algo abstractos y poco intuitivos.

Para la elaboración de los mapas temáticos se aplicaron simbologías de tipos *categorico* y *cuantitativo* por medio de los métodos de *valor único* y *símbolos graduados* respectivamente, en tanto que para los mapas de densidad *Kernel* se decidió utilizar una ponderación por el número de conexiones en cada nodo, junto a un radio de búsqueda de

<sup>12</sup> Reconociendo la complejidad de esta técnica, consideramos que su comprensión podría requerir una mayor explicación que la dedicada en este párrafo, por lo que remitimos a los interesados a consultar la bibliografía citada para mayores detalles.

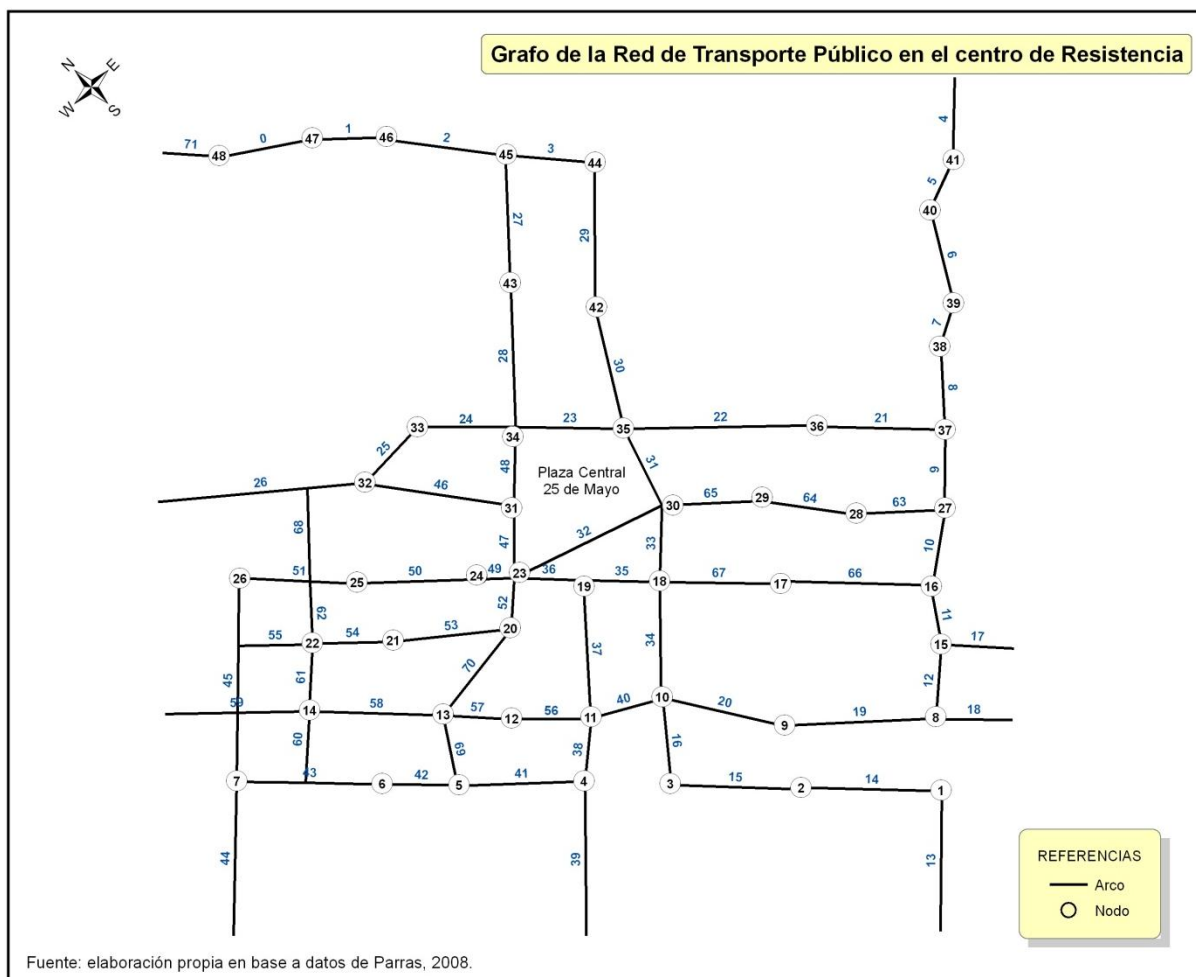
<sup>13</sup> Es el acrónimo en inglés para el Sistema de Posicionamiento Global. Se trata de un sistema de radio-emisión y recepción de información proveniente de satélites que giran alrededor de la Tierra, usado para determinar las coordenadas geográficas de una localización concreta sobre la superficie terrestre.

<sup>14</sup> El soporte informático SIG fue brindado por dos plataformas: ArcGIS 9x de la empresa Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI) con licencia del LabTIG (UNNE-CONICET), y TerraView 3.2 desarrollado por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de distribución gratuita.



200 metros y un tamaño del píxel de 5 metros, con lo cual nos aseguramos una buena resolución de la información.

**Figura 3: Representación del Grafo de la Red del Transporte Público Urbano de Pasajeros en el casco céntrico de la ciudad de Resistencia**



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Medidas de Conexión o Cohesión

En primer término se obtuvieron las medidas de Conexión o Cohesión, que miden el grado de conectividad recíproca entre los nodos de la red. En la tabla siguiente se presentan los valores calculados para cada índice.

**Tabla 1: Medidas Globales de Conexión**

Índice	Valor
Índice $\beta$	1.27
Máximo de $\beta$	1128
Índice $\mu$	14
Índice $\alpha$	0,154

*Elaboración propia en base a datos de Parras, 2008.*





La conexión máxima de nuestra red es de de 1,27 (Índice  $\beta$ ), y como supera el umbral de 1, indica la existencia de una red compleja; comparado con el máximo posible de  $\beta$  se obtiene que 0,113 es el porcentaje actual de conectividad. Por otra parte, el número total de circuitos calculado para la red es 14 (índice  $\mu$  o Número Ciclomático), que relacionado con el máximo posible de circuitos (índice  $\alpha$ ) permite conocer la complejidad de la red. El resultado de ello es 15,4 %, lo cual indica que esta red posee algo más del 15 % del máximo número posible de circuitos, un valor considerado como aceptable.

#### 4.2. Medidas de Accesibilidad y Centralidad

Del análisis de la matriz de Conectividad<sup>15</sup> surgen las siguientes consideraciones: el nodo mejor conectado en la red corresponde al número 23, con el valor máximo de 5 enlaces y ubicado aproximadamente en la intersección de las calles Julio A. Roca y Santa María de Oro, mientras que los nodos 5-10-11-12-18-30-34 y 35 se ubican en segundo término con 4 conexiones. Por otra parte, se identifican a los nodos 1-41 y 48 con el mínimo número de conexiones, correspondientes a los extremos de la red del transporte público (ver Tabla 2).

**Tabla 2. Identificador de Nodos y Número conexiones correspondientes.**

<b>Nodo</b>	<b>Número de conexiones</b>
23	5
5	4
10	4
11	4
12	4
18	4
30	4
34	4
35	4
1	1
41	1
48	1

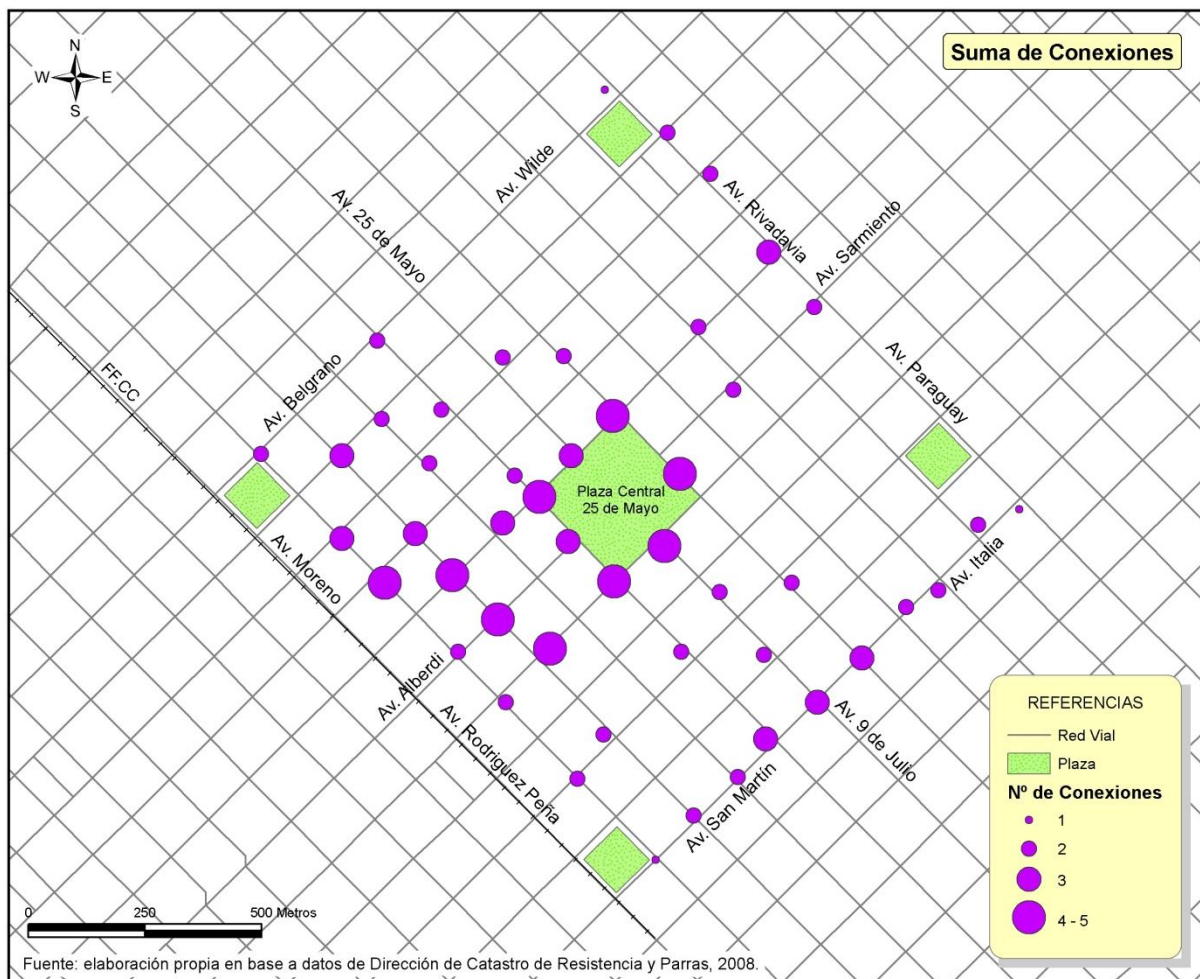
*Elaboración propia en base a datos de Parras, 2008.*

<sup>15</sup> También es conocida como Matriz de Adyacencias o de Conexión.



Como se observa en el siguiente mapa que representa la suma de conexiones (ver Fig. 4), los nodos con mayor número de enlaces se encuentran en el centro de la red -en torno a la plaza central- y con una leve tendencia de desplazamiento hacia el Sudoeste, mientras que en la periferia se hallan los menos conectados de la misma.

**Figura 4: Suma de Conexiones del Grafo de las paradas del Transporte Público de Pasajeros – Líneas urbanas de colectivo. Casco céntrico de Resistencia.**

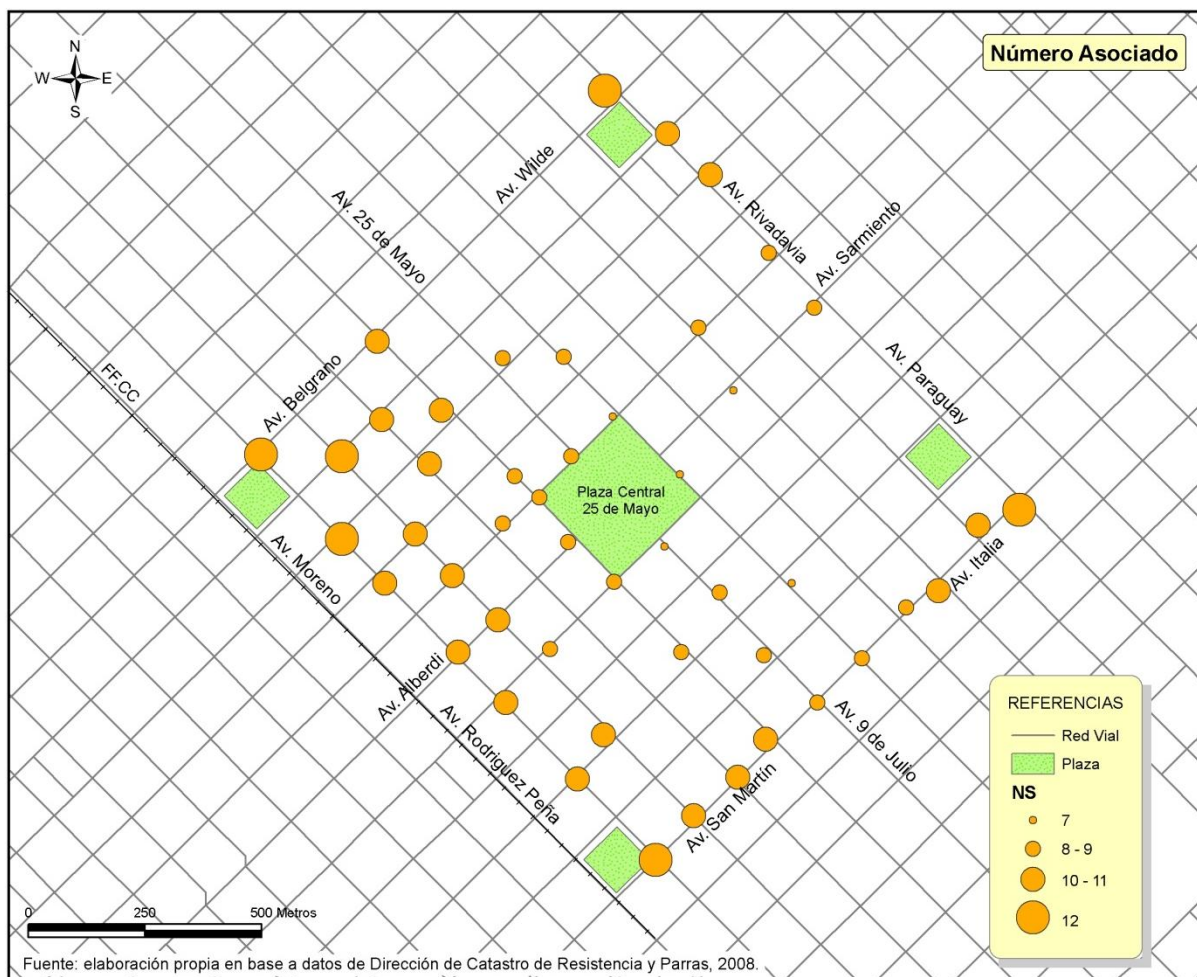


A partir de la Matriz de Accesibilidad Topológica se calculan dos medidas, el *Número Asociado* (NS) y el *Índice de Shimbel*.



Para el grafo en estudio los nodos más accesibles según el correspondiente NS, se ubican en el centro de la red, y en particular hacia el Este, lo que en parte se explica por el menor número de paradas existentes en dicho sector de la ciudad (ver Fig. 5). En cambio aquellos con menor accesibilidad se localizan en la periferia.

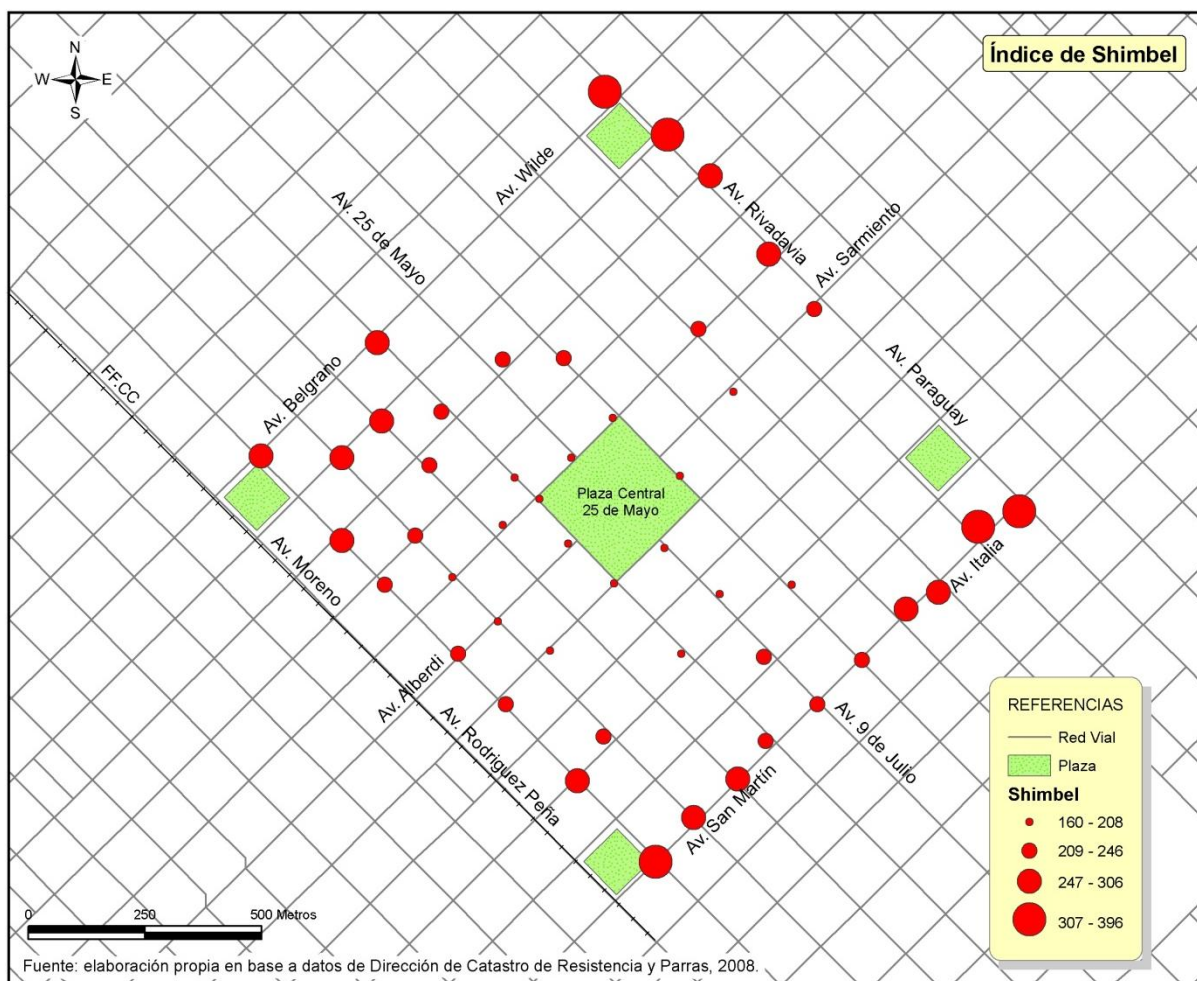
**Figura 5: Número Asociado (NS) de las paradas del Transporte Público de Pasajeros – Líneas urbanas de colectivo. Casco céntrico de Resistencia.**





La disposición geográfica del índice de *Shimbel* (ver Fig. 6) muestra un patrón similar al de los anteriores -*Número Asociado* y *Suma de Conexiones*-, con un aumento paulatino de los valores desde el centro de la red hacia la periferia donde se presentan los máximos (extremos Norte y Este).

**Figura 6: Índice de Shimbel en la red de Transporte Público de Pasajeros – Líneas urbanas de colectivo. Casco céntrico de Resistencia**



Los índices *G* y *IAM* obtenidos a partir del índice de *Shimbel*, permiten conocer la accesibilidad global de la red (ver Tabla 3).

**Tabla 3: Medidas de Accesibilidad Global**

Índice	Valor
Índice <i>G</i> de Dispersión	11564
<i>IAM</i>	241

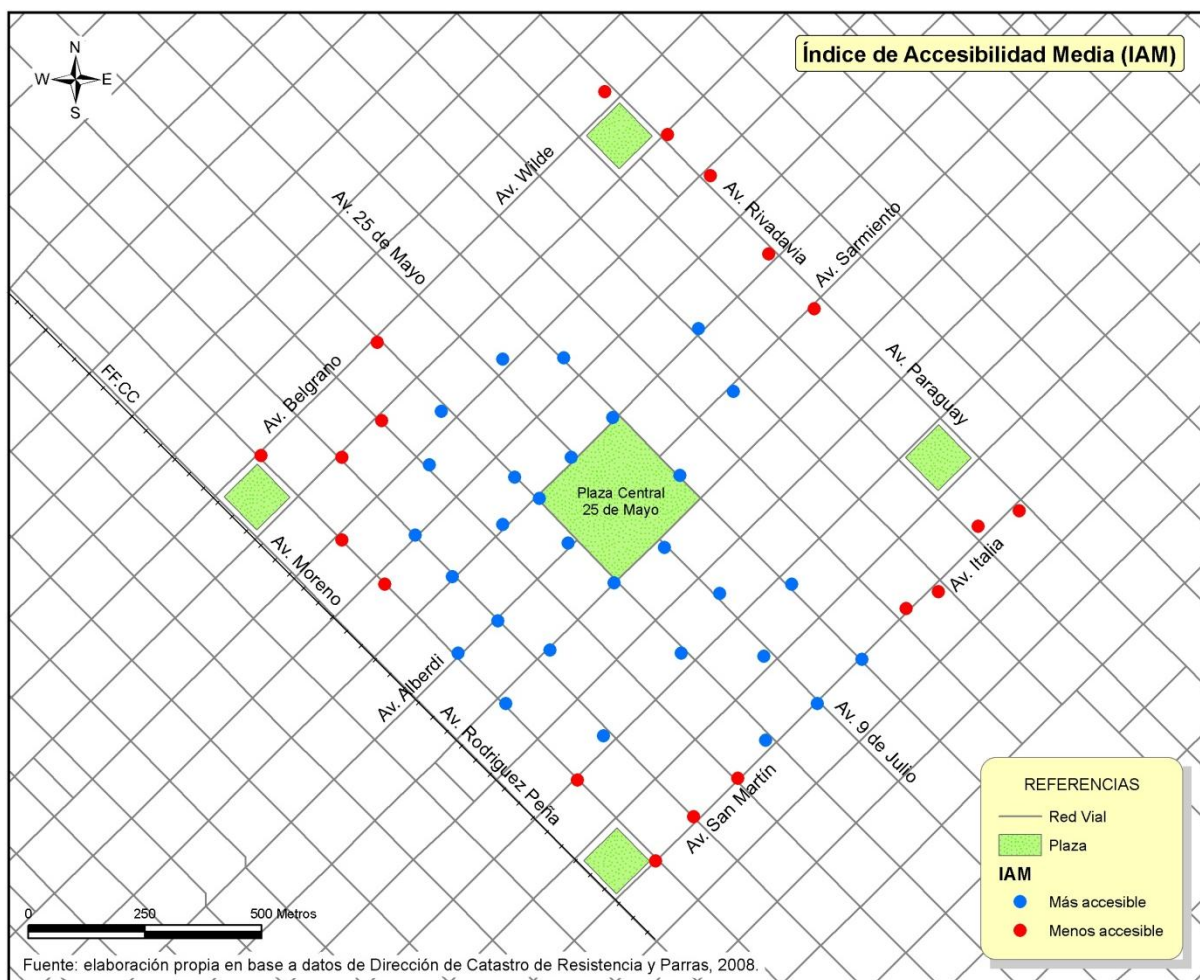
*Elaboración propia en base a datos de Parras, 2008.*





El mapa que representa al Índice de *Accesibilidad Media* de la red (ver Fig. 7), muestra que los nodos más accesibles son aquellos que se localizan en el centro, en torno de la Plaza 25 de Mayo, mientras que los menos accesibles se hallan en la periferia de la misma.

**Figura 7: Índice de Accesibilidad Media en la red de Transporte Público de Pasajeros – Líneas urbanas de colectivo. Casco céntrico de Resistencia**

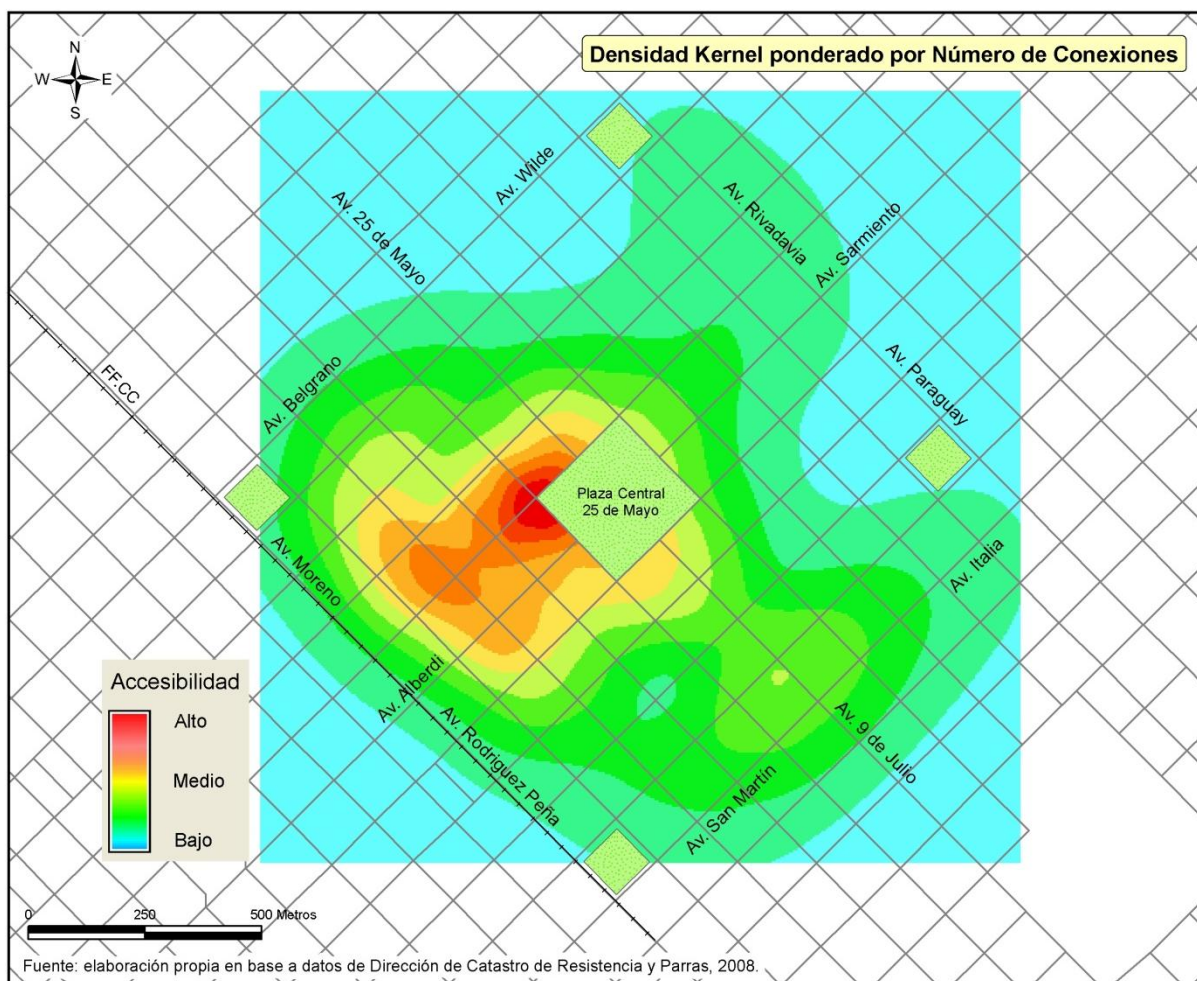




### 4.3 Estimadores de Densidad Focal o Kernel

En este trabajo, los estimadores *kernel* son utilizados para representar la densidad de oferta de las paradas del transporte público y analizar la accesibilidad espacial. A modo de ejemplo de los mapas de densidad focal, se presenta el resultado obtenido para el conjunto de paradas de colectivo ponderados por el número de conexiones (ver Fig. 8).

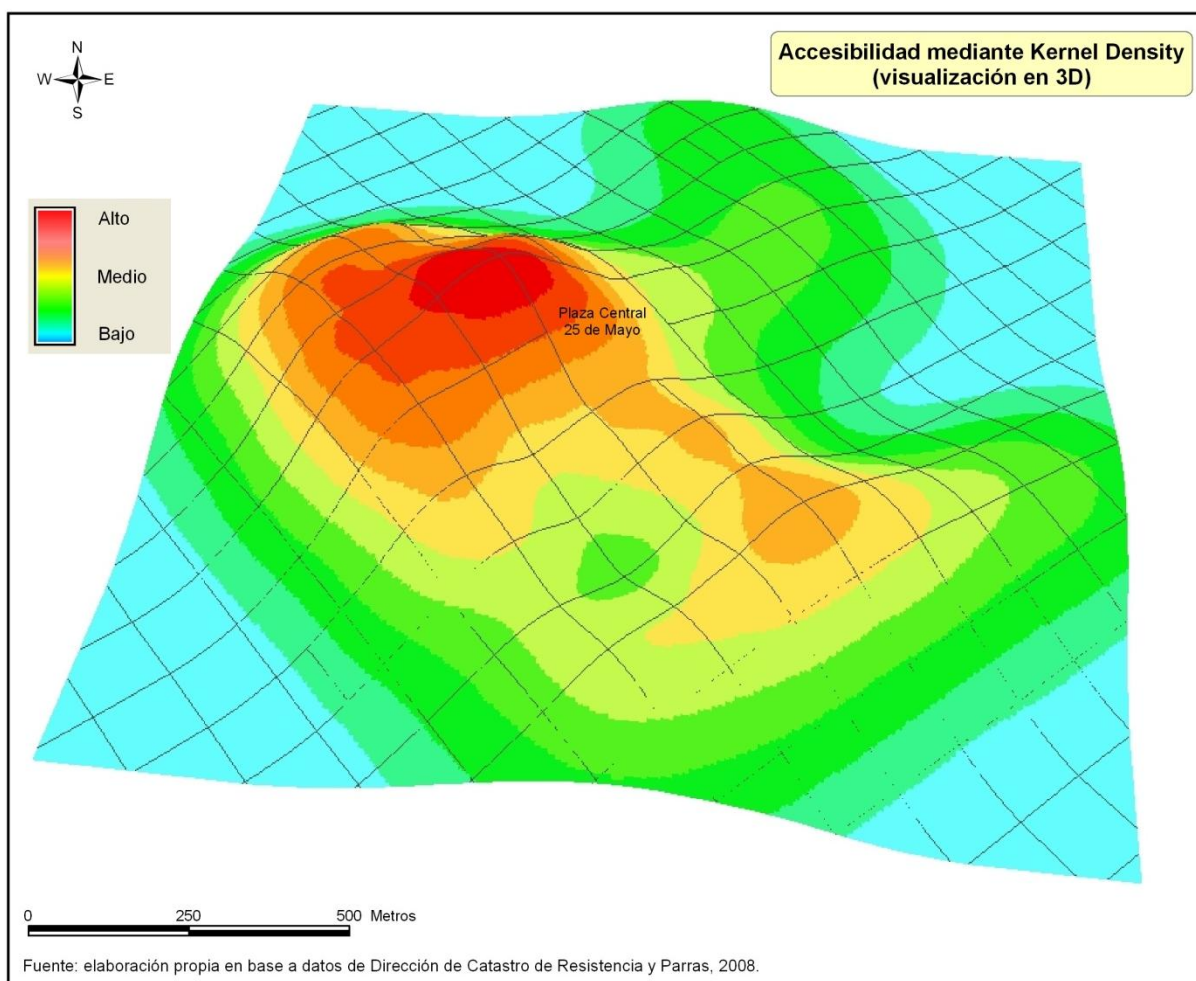
**Figura 8: Mapa de accesibilidad (densidades Kernel) de la Red del Transporte Público Urbano de Pasajeros en el centro de Resistencia.**



El mismo denota claramente la intensidad de la variable en el área de estudio, con un centro de gravedad -alta densidad- desplazado hacia el Centro-Oeste del caso céntrico; este patrón espacial responde a la existencia de paradas que satisfacen la demanda de viajes al área comercial de la ciudad (calle J. D. Perón), mientras que son más dispersos o nulos hacia el Nordeste y la periferia de la red donde predominan las áreas residenciales. Un complemento interesante para este análisis es la posibilidad de representarlo en perspectiva tridimensional (ver Fig. 9) y de esta forma incorporar la variable volumen en las representaciones cartográficas.



**Figura 9: Perspectiva en 3D de la accesibilidad en el área de estudio**



## 5. CONSIDERACIONES FINALES

Son escasos los trabajos que presentan una integración del análisis con Grafos y los Sistemas de Información Geográfica, sin embargo, algunas de las áreas que muestran progresos corresponden a la representación espacial de redes, algoritmos de rutas, servicios y aplicaciones web, etc. Al respecto, este trabajo muestra avances de dicha integración en el campo de representaciones cartográficas de medidas e índices calculados, siendo más significativo el mapa de densidad kernel ponderado por el número de conexiones en cada nodo de la red.

Respecto a los índices de accesibilidad, el Número Asociado muestra un fuerte agrupamiento de valores bajos en torno a la plaza central, lo cual supone una mejor situación de acceso a tales nodos, y con una tendencia creciente hacia la periferia donde las distancias topológicas son mayores. Por su parte, el índice de Shimmel muestra un comportamiento similar al anterior, ya que los valores bajos -más accesibles- se localizan en torno a la plaza central de la ciudad, aumentando paulatinamente hacia los extremos de la red donde se ubican los nodos con peor accesibilidad. Así mismo, el Índice de Accesibilidad Media (IAM) estimado en 241 como valor promedio para toda la red, permite observar los nodos que se hallan por encima y debajo del mismo. La cartografía resultante nos confirma las situaciones antes descritas, ya que la mayoría de los nodos con accesibilidad superior a la media se distribuyen en el centro de la red.





Respecto del análisis de accesibilidad a la red de transporte público de pasajeros en el centro de la ciudad de Resistencia, se advierte la existencia de un fuerte grado de concentración de la oferta del servicio en el Centro-Oeste del área de estudio; ello podría responder al predominio del uso de suelo comercial que como es sabido genera una importante atracción de población diaria, y por lo tanto, una alta demanda de viajes cotidianos. Este fenómeno disminuye hacia la periferia, alcanzando la menor densidad de paradas en aquellas áreas situadas al Este y Noroeste donde predomina el uso de suelo residencial. Por otra parte, se observa una prolongación de las densidades intermedias hacia el sector Sudeste, que revela a la presencia de una de las vías de acceso principal -la Avenida 9 de Julio- de líneas urbanas e interurbanas del transporte público de pasajeros al centro de la ciudad.

A partir de estas consideraciones, se desglosan futuras líneas de investigación: por un lado ampliar el espacio de trabajo para extender el análisis de accesibilidad a toda la ciudad de Resistencia o su área Metropolitana; por otro parte, sería de interés comparar las medidas de conectividad globales ( $\alpha, \beta y \mu$ ) con estudios urbanos similares en la región, o un estudio temporal para analizar la evolución de la red. Con respecto al aspecto técnico, explorar las capacidades de software libres específicos; en este sentido actualmente se evalúa el programa *Grafos v1.2* creado por Rodríguez Villalobos de la Universidad Politécnica de Valencia, para su aplicación en la investigación de las redes de transporte.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los comentarios y sugerencias del Mc. Noel Pineda Jaimes de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México (México) y del Mc. Wenseslao Plata Rocha de la Escuela de Ciencias de la Tierras de la Universidad Autónoma de Sinaloa (México).

## BIBLIOGRAFÍA

BARBERO, José A. y QUINN, Elena. El Transporte en el Espacio Económico. En: Yanes, L., Liberali, A. *Aportes para el Estudio del Espacio Socio-económico*. Buenos Aires, El Coloquio, 1986.

BORGES, Julio y SCORNIK, Carlos. *Conflictos entre Circulaciones y Desarrollo Potencial del Sistema Peatonal en la Ciudad de Resistencia*. En: *Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Resistencia, Universidad Nacional del Nordeste, 2002/2003.

BOSQUE SENDRA, Joaquín. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Editorial Rialp, 1992.

BRUNET ESTARELLAS, Pere J. La red viaria de Mallorca. Estudio de la densidad de carreteras y aplicación de la teoría de los grafos. En: *Mayurqa*, 1979, vol. 19, núm. 1.

CARDOZO, Osvaldo Daniel. Medidas Estadísticas Aplicadas al Estudio de la Distribución Espacial de la Población. En: *Nordeste. Revista de la Facultad de Humanidades*. Serie Docencia. Resistencia, Universidad Nacional del Nordeste, 2006, núm. 19.

FERNÁNDEZ, Rodrigo. Análisis del Problema del Transporte Urbano. En: *Ciencia al Día Internacional. Tecnología y Ciencias de la Ingeniería*. Chile, 1998, vol. II, núm. 1.

GARRIDO PALACIOS, José. La organización espacial de la red de carreteras en Aragón: aplicación metodológica de la teoría de grafos. En: *Geographicalia*. Zaragoza, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, 1995, núm. 32.

HAGGETT, Peter. *Análisis Locacional en la Geografía Humana*. Colección Ciencia Urbanística 17. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1976.

LUACES, Miguel R; PARAMÁ, José R. y NAVEIRAS Diego Seco. Servicio web de análisis de redes en Sistemas de Información Geográfica. La Coruña, Universidade da Coruña, 2007.

MANHEIM, M. L. *Fundamentals of Transportation Systems Analysis*. Basic Concepts. Cambridge: The MIT Press Classics Series, 1979, vol. 1.





MONTILVA, Jonás A. y RAMOS, Yajaira. Patrones de Diseño para el Modelado de Redes en Sistemas de Información Geográfica. En: *Revista Colombiana de Computación*. Bucaramanga, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2000, vol. 1. núm. 1.

MONTILVA, Jonás y GRANADOS, Gerardo. Modelado y Manipulación de Redes de Servicios usando Grafos Espaciales en C++. En: *Web del Profesor*. Mérida, Universidad de Los Andes, 1996.

MORENO JIMÉNEZ, Antonio. *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica*. Madrid: Ra-Ma Editorial, 2006.

PARRAS, Miguel Alejandro. *Distribución espacial de la Infraestructura del servicio de Transporte Público de Pasajeros -Líneas Urbanas e Interurbanas de colectivo- en el casco céntrico de Resistencia*. Informe inédito. Resistencia, Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), 2008.

REY, Celmira E. y CARDOZO, Osvaldo Daniel. Vulnerabilidad en Situaciones de Movilidad Urbana. Criterios Teóricos e Indicadores Válidos para su Estudio. En: Foschiatti, A. *Aportes Conceptuales y Empíricos de la Vulnerabilidad Global en el Nordeste Argentino*. Corrientes, Eudene, 2007.

RODRIGUE, Jean-Paul; COMTOIS, Claude and SLACK, Brian. *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge, 2006.

SALGUERO, Carlos. *Estructuras geográficas y mecanismos de ordenamiento espacial para la definición de recorridos*. Buenos Aires, Departamento de Sistemas Geográficos y Técnicos de Aguas Argentinas SA, 1997.

SANTOS PRECIADO, José Miguel y GARCÍA LÁZARO, Francisco Javier. *Análisis Estadístico de la Información Geográfica*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 2008.

SEGUÍ PONS, Joana María y MARTÍNEZ REYNÉS, María Rosa. *Geografía de los Transportes*. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears, 2004.

SEGUÍ PONS, Joana María. Análisis y estructuración de las redes en el espacio. En: Gamir O. et. al. *Prácticas de Análisis Espacial*. Barcelona, Oikos-Tau Ediciones, 1995.

SEGUÍ PONS, Joana María; PETRUS BEY, Joana María. *Geografía de Redes y Sistemas de Transporte*. Madrid: Editorial Síntesis, 1991.

SMITH, Michael, GOODCHILD, Michael, and LONGLEY, Paul. *Geospatial Analysis. A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Second Edition. Leicester, Winchelsea Press, 2008.

TINKLER, K. J. An Introduction to Graph Theoretical Methods in Geography. En: *Geo Abstracts*. Concepts and Techniques in Modern Geography (CATMOG), 1977, vol. 14.

TOLEDO LÓPEZ, Antonio y MONTIEL PÉREZ, Jesús Yajja. Generador de Rutas de Viaje utilizando un Sistema de Información Geográfica y Procesamiento de Video. En: *Revista Digital Universitaria*. Universidad Autónoma de México, 2004, vol. 5, núm. 7.

ZÁRATE MARTÍN, Manuel Antonio. *El Espacio Interior de la Ciudad*. Serie Espacios y Sociedades 12. Madrid: Editorial Síntesis, 1991.

ZÁRATE MARTÍN, Manuel Antonio; RUBIO BENITO, María Teresa. *Glosario y Prácticas de Geografía Humana*. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces, 2006.





**Anexo 2: Matriz de accesibilidad**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	NS	Shimbel			
1	0	1	2	5	6	7	8	5	4	3	4	5	6	7	6	6	5	4	5	6	7	8	6	7	8	9	7	7	6	5	7	8	8	7	6	7	8	9	10	11	12	7	8	8	9	10	11	12	12	323			
2	1	0	1	4	5	6	7	4	3	2	3	4	5	6	5	5	4	3	4	6	6	7	5	6	7	8	6	5	4	6	7	8	7	5	6	7	8	9	10	11	6	7	7	8	9	10	11	11	280				
3	2	1	0	3	4	5	6	3	2	1	2	3	4	5	4	3	2	3	4	5	6	4	5	6	7	5	4	3	5	6	7	5	4	3	5	6	7	8	9	10	5	6	6	7	7	8	9	10	10	234			
4	5	4	3	0	1	2	3	4	3	2	1	2	2	3	5	5	4	3	2	3	4	3	4	4	3	4	5	4	6	5	4	4	5	6	5	5	6	7	8	9	10	11	6	6	7	7	8	9	10	11	231		
5	6	5	4	1	0	1	2	5	4	3	2	1	1	2	6	6	5	4	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	6	5	4	5	6	5	5	6	7	8	9	10	11	6	6	8	7	8	9	10	11	242			
6	7	6	5	2	1	0	1	6	5	4	3	2	2	1	7	7	6	5	4	3	3	2	4	4	3	2	4	3	2	7	7	6	5	5	6	7	6	6	7	8	9	10	11	12	7	7	8	8	9	10	11	267	
7	8	7	6	3	2	1	0	7	6	5	4	3	3	2	8	8	7	6	5	4	4	3	2	4	4	3	2	1	8	7	6	5	5	6	7	6	7	7	8	9	10	11	12	7	7	8	8	9	10	11	12	286	
8	5	4	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	1	2	3	3	4	5	6	7	5	6	7	8	3	4	5	4	6	8	9	7	5	5	4	5	6	7	8	6	7	7	8	9	10	11	11	256			
9	4	3	2	3	4	5	6	1	0	1	2	3	4	5	2	3	3	2	3	4	5	6	4	5	6	7	4	5	4	3	5	6	6	5	4	5	5	6	7	8	9	5	6	6	7	8	9	10	10	226			
10	3	2	1	2	3	4	5	2	1	0	1	2	3	4	3	3	2	1	2	3	4	5	3	4	5	6	4	4	3	2	4	5	6	4	3	4	5	6	7	8	9	4	5	5	6	6	7	8	9	9	192		
11	4	3	2	1	2	3	4	3	2	1	0	1	2	3	4	3	2	1	2	3	4	2	3	4	2	3	4	5	5	5	4	3	3	4	5	4	5	6	7	8	9	10	5	5	6	6	7	8	9	10	196		
12	5	4	3	2	1	2	3	4	3	2	1	0	1	2	5	5	4	3	2	1	2	3	2	3	4	4	6	5	4	3	3	4	5	4	4	5	6	7	8	9	10	5	5	6	6	7	8	9	10	200			
13	6	5	4	2	1	2	3	5	4	3	2	1	0	1	6	6	5	4	3	2	3	2	3	2	3	4	5	4	7	6	5	4	4	5	6	5	5	6	7	8	9	10	11	6	6	7	7	8	9	10	237		
14	7	6	5	3	2	1	2	6	5	4	3	2	1	0	7	7	6	5	4	3	2	1	4	5	4	3	8	7	6	5	5	6	7	6	6	7	8	9	10	11	12	7	7	8	8	9	10	11	12	271			
15	6	5	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	6	7	8	5	6	7	8	2	3	4	4	6	7	8	6	5	4	3	4	5	6	7	8	9	10	5	6	7	7	8	9	10	11	258
16	6	5	4	5	6	7	8	2	3	3	4	5	6	7	1	0	1	2	3	5	6	7	4	5	6	7	1	2	3	3	5	6	6	5	4	3	2	3	4	5	6	5	6	6	7	8	9	10	10	227			
17	5	4	3	4	5	6	7	3	3	2	3	4	5	6	2	1	0	1	2	4	5	6	3	4	5	6	2	3	3	2	4	5	5	4	3	4	3	4	5	6	7	8	9	4	5	5	6	7	8	9	9	203	
18	4	3	2	3	4	5	6	3	2	1	2	3	4	5	3	2	1	0	1	3	4	5	2	3	4	5	3	3	2	1	3	4	4	3	2	3	4	5	6	7	8	3	4	4	5	6	7	8	9	8	175		
19	5	4	3	2	3	4	5	4	3	2	1	2	3	4	4	3	2	1	0	2	3	4	4	1	2	3	4	4	3	2	2	3	4	3	3	4	5	6	7	8	9	4	4	5	5	6	7	8	9	10	180		
20	6	6	4	3	2	3	4	5	4	3	2	1	2	3	6	5	4	3	2	0	1	2	1	2	3	4	5	4	3	2	2	3	4	3	3	4	5	6	7	8	9	4	4	5	5	6	7	8	9	10	188		
21	7	6	5	4	3	3	4	6	5	4	3	2	3	2	7	6	5	4	3	1	0	1	2	3	4	5	6	5	4	3	3	4	5	4	4	5	6	7	8	9	10	5	5	6	6	7	8	9	10	227			
22	8	7	6	4	3	2	3	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	2	1	0	3	4	5	4	7	6	5	4	4	5	6	5	5	6	7	8	9	10	11	6	6	7	7	8	9	10	11	261			
23	6	5	4	3	3	4	4	5	4	3	2	2	3	4	5	4	3	2	1	1	2	3	0	1	2	3	4	3	2	1	1	2	3	2	2	3	4	5	6	7	8	3	3	4	4	5	6	7	8	9	8	164	
24	7	6	5	4	4	4	3	6	5	4	3	3	4	5	6	5	4	3	2	2	3	4	1	0	1	2	5	4	3	2	2	3	4	3	3	4	5	6	7	8	9	4	4	5	5	6	7	8	9	10	203		
25	8	7	6	5	5	3	2	7	6	5	4	4	5	4	7	6	5	4	3	3	4	5	2	1	0	1	6	5	4	3	3	4	5	4	4	5	6	7	8	9	10	5	5	6	6	7	8	9	10	241			
26	9	8	7	4	6	2	1	8	7	6	5	4	4	3	8	7	6	5	4	3	8	7	6	5	4	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	5	6	5	5	6	7	8	9	10	11	6	6	7	7	8	9	10	274
27	7	6	5	6	7	7	8	3	4	4	5	6	7	8	2	1	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7	0	1	2	3	5	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	4	5	5	6	7	8	9	9	225			
28	7	6	5	6	7	7	7	4	5	4	5	5	6	7	3	2	3	3	4	4	5	6	3	4	5	6	1	0	1	2	4	5	5	4	3	3	2	3	4	5	6	4	5	5	6	7	8	9	9	221			
29	6	5	4	5	6	6	6	5	4	3	4	4	5	6	4	3	3	2	3	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	1	0	1	3	4	4	3	2	3	4	5	6	7	3	4	4	5	6	7	8	8	195
30	5	4	3	4	5	5	5	4	3	2	3	3	4	5	4	3	2	1	2	2	3	4	1	2	3	4	3	2	1	0	2	3	3	2	1	2	3	4	5	6	7	2	3	3	4	4	5	6	7	7	160		
31	7	6	5	4	4	5	5	6	5	4	3	3	4	5	6	5	4	3	2	2	3	4	1	2	3	4	5	4	3	2	0	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	3	2	4	3	4	5	6	7	8	8	185	
32	8	7	6	5	5	6	6	8	6	5	4	4	5	6	7	6	5	4	3	3	4	5	2	3	4	5	6	5	4	3	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	4	3	5	4	5	6	7	8	9	9	230	
33	8	8	7	6	6	7	7	9	6	6	5	5	6	7	8	6	5	4	4	4	5	6	3	4	5	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	3	2	4	3	4	3	4	5	6	7	8	9	236
34	7	7	5	5	5	6	6	7	5	4	4	4	5	6	6	5	4	3	3	3	4	5	2	3	4	5	4	4	3	2	1	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	2	1	3	2	3	4	5	6	7	7	188	
35	6	5	4	5	5	6	7	5	4	3	4	4	5	6	5	4	3	2	3	3	4	5	2	3	4	5	3	2	1	2	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	7	173	
36	7	6	5	6	6	7	7	5	4	5	5	6	7	7	4	3	4	3	4	4	5	6	3	4	5	6	2	3	3	2	3	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	200	
37	8	7	6	7	7	8	8	4	5	5	6	6	7	8	3	2	3	4	5	5	6	7	4	5	6	7	1	2	3	3	4	5																					



**Oswaldo Daniel Cardozo** ([odcardozo@hum.unne.edu.ar](mailto:odcardozo@hum.unne.edu.ar)).

Profesor en Geografía (2002) egresado de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Prof. Auxiliar de 1º Categoría en la cátedra Geografía de la Población (2002) y Auxiliar de Investigación con funciones en el Instituto de Geografía (2007). Participó en numerosos cursos de posgrado y perfeccionamiento, realizó una pasantía (3 meses) en la División SIG del Instituto Geográfico Militar (2004), y obtuvo una beca cofinanciada (Ministerio de Educación de la Nación y Fundación Carolina) para estudios doctorales en Cartografía, SIG y Teledetección de la Universidad de Alcalá, España (2005). Actualmente es miembro del Instituto de Geografía (UNNE), del Laboratorio de Cartografía Digital (UNNE-CONICET), representante de la Facultad de Humanidades (UNNE) en el Equipo de Trabajo Interinstitucional en Sistemas de Información Geográfica (ETISIG) de la Provincia del Chaco, y Coordinador del GEMSIT -Grupo de Estudio en Movilidad, Servicios, Infraestructura y Territorio- (UNNE).

**Erica Leonor Gómez** ([erical\\_gomez@yahoo.com.ar](mailto:erical_gomez@yahoo.com.ar)).

Profesora en Geografía (2006) egresada de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Ha realizado pasantías en el Proyecto SIG-100 Corrientes (Instituto de Geografía UNNE-Dir. de Catastro de Corrientes-Instituto Geográfico Militar) y en la Municipalidad de Resistencia (Relevamientos Catastrales S.A-Instituto de Geografía UNNE) para la actualización del catastro municipal. Se desempeñó como supervisora de pasantes en el Proyecto SIG-100 Corrientes (2007) y Profesora Adscripta a la cátedra Geografía de la Población (2006-2008). Actualmente es Profesora Auxiliar de 1º Categoría en la cátedra Geografía de la Población y Becaria de Iniciación en la Investigación de la Secretaría General de Ciencia y Técnica (UNNE). Integrante del Laboratorio de Tecnología de la Información Geográfica (UNNE-CONICET), del GEMSIT -Grupo de Estudio en Movilidad, Servicios, Infraestructura y Territorio- (UNNE), y del Instituto de Geografía (UNNE).

**Miguel Alejandro Parras** ([aleparras@hotmail.com](mailto:aleparras@hotmail.com)).

Profesor en Geografía (2004) egresado de la Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Realizó una pasantía en el proyecto SIG-100 Corrientes (Instituto de Geografía UNNE-Dir. de Catastro de Corrientes-Instituto Geográfico Militar (2005-2007). Fue Miembro del equipo técnico del Sistema de Información Geográfica Educativa (SIGE) de la Dirección General de Planeamiento, Departamento de Estadística. Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Provincia del Chaco (Octubre 2005 - Mayo 2008), y Becario de la Secretaría General de Ciencia y Técnica (SGCyT) en 2007. Actualmente es integrante de GEMSIT -Grupo de Estudio en Movilidad, Servicios, Infraestructura y Territorio- (UNNE), del Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (UNNE-CONICET), Profesor Adscripto a la Cátedra Técnicas en Geografía II (UNNE) y Becario de Iniciación en la Investigación de la Secretaría General de Ciencia y Técnica (UNNE).