

TASAS Y MODELOS DE GENERACION DE VIAJES EN HIPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Autores: Jorge Galarraga y Marcelo Herz

Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Transporte – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba

Correo electrónico: jorgala@efn.uncor.edu , mherz@efn.uncor.edu

1.- Introducción.

La construcción de grandes superficies cubiertas con variada oferta de bienes y servicios, representa un gran atractivo para la población que encuentra en un solo punto los servicios adecuados para resolver un sinnúmero de necesidades; pero esta localización trae aparejada distintas consecuencias a corto, mediano y largo plazo, en su entorno y en la estructura urbana de la ciudad.

En este contexto la concentración de actividades puede promover ventajas comparativas fruto de las economías de escala, que pueden favorecer a los clientes y a sus emprendedores. Sin embargo, cuando estas concentraciones son excesivas o instaladas en localizaciones inadecuadas, pueden provocar una saturación de las infraestructuras colectivas y disfunciones sociales.

Debido a esta dualidad es fundamental que la implementación de un Polo Generador de Viajes (PGV) sea decidida a través de la realización de estudios apropiados, debidamente respaldados técnicamente, para prever y tratar los impactos, minimizando los de naturaleza negativa, a niveles aceptables, y maximizando los de carácter positivo. Se debe atender los intereses de los emprendedores y de los clientes pero preservando a la sociedad desde la perspectiva de la movilidad sustentable.

Fruto de estos significativos impactos causados por los PGVs, y agregado al crecimiento poblacional, de la motorización y del tránsito en las áreas urbanas, existe una preocupación cada vez más intensa, por parte de los órganos de tránsito y de transporte y empresas involucradas, en conocer adecuadamente la capacidad de generar viajes desde esos emprendimientos. Tales factores han llevado al surgimiento de numerosos trabajos de investigación sobre el tema, inicialmente en los Estados Unidos de Norte América y en Europa, y a partir de la década de los 80 también en Latinoamérica. (Red Iberoamericana de Polos Generadores de Viajes, 2006).

La naturaleza de estos fenómenos, cuyas experiencias no son en general reproducibles, hace difícil la transferencia directa de procedimientos y prácticas de otros contextos, exigiendo ajustes a condiciones locales y consecuentemente un mayor esfuerzo en la comprensión del problema que debe servir de referencia al escoger la solución más indicada.

Bajo este marco el grupo de trabajo se planteó el estudio de la generación de viajes en hipermercados de la ciudad de Córdoba. La ciudad, de aproximadamente 1.300.000 habitantes, cuenta con siete (7) hipermercados de tres cadenas diferentes (Carrefour, Libertad y Walmart).

Se utilizó información secundaria provista por uno de los hipermercados y se efectuaron censos y encuestas en cada una de las siete ubicaciones. Las mismas se realizaron con el objetivo de identificar los viajes de ingreso y egreso en horas de días viernes y sábados, la distribución modal y otras características de los viajes. En este trabajo se analiza exclusivamente las tasas y modelos de viajes de automóviles.

2.- Antecedentes. Información secundaria.

En base a un estudio de antecedentes, se obtuvieron datos de cantidad de operaciones realizadas en uno de los hipermercados de la ciudad, representativas de cada una de las horas de los días de semana y de los meses del año.

Con una atención de 9 a 22 horas se alcanzan 14 horas diarias. La Tabla N° 1 indica, en porcentajes, la participación de la cantidad de ventas (operaciones) en cada una de las horas en cada día de la semana.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
9	2,1%	2,1%	2,1%	2,0%	1,9%	1,5%	1,4%
10	5,2%	4,7%	5,2%	5,6%	5,1%	3,7%	4,5%
11	7,3%	6,9%	7,7%	8,6%	7,4%	6,5%	8,1%
12	7,4%	7,4%	7,4%	7,5%	6,4%	8,3%	10,3%
13	6,3%	6,6%	6,0%	5,0%	5,2%	8,1%	8,3%
14	4,8%	4,7%	4,9%	4,8%	4,6%	7,1%	5,1%
15	5,9%	5,7%	5,4%	5,6%	6,2%	6,9%	5,1%
16	6,6%	7,4%	6,4%	6,4%	6,7%	8,1%	7,2%
17	8,0%	8,8%	7,7%	8,5%	7,4%	8,8%	8,9%
18	9,0%	10,0%	9,1%	9,2%	9,4%	8,3%	9,4%
19	12,2%	11,9%	11,9%	12,1%	10,7%	9,5%	10,5%
20	12,7%	11,8%	12,6%	11,7%	12,8%	8,7%	10,3%
21	10,1%	9,6%	10,5%	10,1%	11,7%	9,3%	7,8%
22	2,4%	2,3%	3,0%	3,1%	4,5%	5,3%	3,1%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla N° 1: Cantidad de operaciones, como porcentaje sobre el total del día, para cada hora y día de la semana.

La Tabla N° 1 revela que entre las 17 y las 22 horas se realizan del orden del 50% del total de las operaciones diarias. La hora pico tiende a ubicarse entre las 19 y las 21 hs. Para los días hábiles el período pico tiende a ubicarse algo más tarde que para los días de fin de semana.

Las Tablas N° 2 y N° 3 ofrecen similar información, pero referidas a los días de la semana y a los meses del año respectivamente.

Día de la semana	Porcentaje sobre el total semanal
Lunes	9,82%
Martes	10,57%
Miércoles	9,97%
Jueves	10,59%
Viernes	13,39%
Sábado	26,49%
Domingo	19,16%
Total	100,00%

Tabla N° 2: Cantidad de operaciones, como porcentaje sobre el total de la semana, para cada día de la semana.

Mes del año	Porcentaje sobre el total anual
Enero	8,08%
Febrero	7,57%
Marzo	8,04%
Abril	8,00%
Mayo	8,36%
Junio	9,04%
Julio	8,94%
Agosto	8,09%
Setiembre	7,73%
Octubre	8,22%
Noviembre	7,57%
Diciembre	10,38%
Total	100,00%

Tabla N° 3: Cantidad de operaciones, como porcentaje sobre el total anual, para cada mes del año.

La Tabla N° 2 indica importantes variaciones entre los días de la semana. El 45% del total de las operaciones de una semana se realizan entre sábado y domingo. De lunes a jueves las ventas son similares y del orden del 10% del total semanal. El viernes es el día hábil con mayor cantidad de operaciones.

La Tabla N° 3 muestra que la distribución anual tiende a ser relativamente uniforme. Once meses se encuentran dentro de la media más/menos una desviación estándar. La única excepción se presenta para el mes de Diciembre, que presenta la media más 2,5 desviaciones estándar, es decir un nivel de ventas claramente superior.

La Tabla N° 4 ofrece la cantidad de viajes vehiculares de ingresos y egreso, en porcentajes sobre el total, para cada hora para día de semana y de fin de semana.

Hora	Día de semana		Día de fin de semana	
	Ingresos	Egresos	Ingresos	Egresos
9	4,59%	2,00%	3,43%	1,43%
10	6,41%	5,17%	5,58%	4,00%
11	7,38%	7,65%	8,13%	7,15%
12	6,40%	7,11%	8,65%	9,11%
13	5,21%	5,68%	7,21%	8,18%
14	5,26%	4,75%	6,19%	6,24%
15	6,25%	5,78%	6,94%	6,13%
16	7,39%	6,73%	8,31%	7,75%
17	8,73%	8,05%	8,82%	8,86%
18	10,49%	9,40%	9,35%	8,77%
19	11,92%	11,58%	9,66%	9,93%
20	11,41%	12,26%	9,03%	9,38%
21	6,92%	10,55%	6,53%	8,68%
22	1,64%	3,28%	2,19%	4,38%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla N° 4: Viajes de ingreso y egreso, como porcentaje sobre el total del día, para cada hora de día de semana y de fin de semana.

La Tabla N° 4 se complementa con las Tabla N° 1 y N° 2. Un día de fin de semana medio presenta del orden del doble de viajes vehiculares de un día hábil medio. La hora pico para los días de semana se presenta de 20 a 21 hs. y para los días feriados de 19 a 20 hs. El pico del viernes representa la condición más desfavorable para el tránsito en el sistema vial y el pico del sábado representa la mayor generación del hipermercado.

3.- Relevamiento de Información Primaria.

Basado en el análisis de la información secundaria se decidió realizar censos y encuestas, en cada uno de los siete hipermercados existentes en la ciudad, en días viernes y sábados de 17 a 20 horas. Los relevamientos fueron realizados, previa autorización de las empresas, en fines de semana de los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto de 2006.

Se reproducen a continuación imágenes de tres de los hipermercados, con el fin de ilustrar sobre las vías de acceso y el entorno inmediato.

Imagen N° 1: Hipermercado ubicado sobre arteria principal y entorno inmediato con baja densidad de población.



Imagen N° 2: Hipermercado ubicado sobre colectora y entorno inmediato con alta densidad de población.



Imagen N° 3: Hipermercado ubicado sobre arteria principal y entorno inmediato con densidad media de población.



Los censos se orientaron a cuantificar la cantidad de viajes en automóviles (particulares y taxis/remises) de entrada y de salida del hipermercado en intervalos continuos de 10 minutos, abarcando las tres horas ya citadas. Para cada vehículo se registró también la cantidad de ocupantes. Para estimar los viajes en la hora pico y para completar intervalos faltantes se empleó la información secundaria consignada en el apartado anterior.

La Tabla N° 5 informa sobre la cantidad de viajes vehiculares totales (ingresos más egresos) registrados en las tres horas para cada supermercado, en día viernes y en día sábado. También ofrece la estimación de los viajes en la hora pico.

Hipermercado	Día Viernes		Día Sábado	
	3 horas	Hora pico	3 horas	Hora pico
Nº 1	2275	895	3739	1322
Nº 2	1672	658	2696	954
Nº 3	3665	1441	6107	2160
Nº 4	2072	815	3402	1203
Nº 5	839	330	1356	480
Nº 6	679	267	1102	390
Nº 7	1587	624	2587	915

Tabla Nº 5: Viajes vehiculares (ingresos más egresos) en horas de días viernes y sábados

La Tabla Nº 6 ofrece la ocupación media para automóviles particulares y taxis / remises relevada en cada uno de los hipermercados.

Hipermercado	Auto Particular	Taxi – Remisse
Nº 1	2,04	1,71
Nº 2	2,39	2,25
Nº 3	2,22	2,08
Nº 4	2,02	1,90
Nº 5	2,17	1,87
Nº 6	2,28	2,52
Nº 7	2,31	2,34
Promedio	2,20	2,10

Tabla Nº 6: Ocupación media

4.- Tasas y modelos de generación de viajes.

Se estimaron tasas y modelos de generación de viajes para las horas picos de los días viernes y sábados. El pico del viernes representa la condición más desfavorable para el tránsito en el sistema vial y el pico del sábado representa la mayor generación del hipermercado.

Se consideraron como variables independientes: a) el área total construida en m^2 , b) el área total de ventas del salón del hipermercado en m^2 y c) el número de cajas de atención. Los hipermercados relevados presentaban áreas totales construidas entre 5500 y 23600 m^2 , áreas totales de ventas entre 3000 y 11000 m^2 y número de cajas de atención entre 32 y 63.

La Tabla Nº 7 muestra los valores de las variables independientes para cada uno de los hipermercados

Hipermercado	Área Cubierta (m ²)	Área de Ventas (m ²)	Número de Cajas (N°)
N° 1	16976	7112	44
N° 2	20302	8696	48
N° 3	23653	9687	63
N° 4	16348	10776	44
N° 5	5866	4607	32
N° 6	12315	3130	37
N° 7	20378	9704	38

Tabla N° 7: Características de los Hipermercados

La Tabla N° 8 reporta la tasa media de generación, la desviación estándar y los valores mínimo y máximo, para cada una de las variables independientes, para el pico del viernes, la Tabla N° 9 resume similar información para el pico del sábado.

Variable	Media	D. Estándar	Mínimo	Máximo
Área total (m ²)	0,0435	0,0150	0,0217	0,0609
Área ventas (m ²)	0,0924	0,0320	0,0643	0,1488
N° Cajas (N°)	15,6270	5,5747	7,2174	22,8796

Tabla N° 8: Tasas de generación hora pico viernes

Variable	Media	D. Estándar	Mínimo	Máximo
Área total (m ²)	0,0640	0,0225	0,0316	0,0913
Área ventas (m ²)	0,1362	0,0487	0,0943	0,2230
N° Cajas (N°)	23,0212	8,4319	10,5339	34,2843

Tabla N° 9: Tasas de generación hora pico sábado

Las tasas medias de generación de la hora pico del día viernes se encuentran alrededor del 68% de las tasas de generación de la hora pico del día sábado. Cabe consignar que se consideran viajes tanto a los entrantes como los salientes, es decir que una compra genera dos viajes (uno de entrada y otro de salida).

Se estimaron modelos de generación empleando regresión lineal, considerando como la variable dependiente (y) a los viajes en hora pico, para cada variable independiente (x) se ajustaron los siguientes modelos:

$$y = a + b x$$

$$\ln y = a + b \ln x$$

La Tabla N° 10 reporta los resultados obtenidos para la hora pico del viernes y la Tabla N° 11 para la hora pico del sábado. Para cada variable independiente se reporta el modelo con mejor ajuste (R^2)

Variable	Modelo	R^2	Coef. t p/ x
Área total (m ²)	$\ln y = 0,9224 \ln x - 2,447$	0,56	2,52
Área ventas (m ²)	$\ln y = 1,0681 \ln x - 3,001$	0,71	3,51
N° Cajas (N°)	$y = 36,1403 x - 861,30$	0,85	5,32

Tabla N° 10: Modelos de generación para hora pico de viernes

Variable	Modelo	R ²	Coef. t p/ x
Área total (m ²)	$\text{Ln } y = 0,9351 \text{ Ln } x - 2,185$	0,56	2,50
Área ventas (m ²)	$\text{Ln } y = 1,0799 \text{ Ln } x - 2,750$	0,71	3,46
Nº Cajas (Nº)	$y = 54,5072 x - 1322,27$	0,85	5,31

Tabla Nº 11: Modelos de generación para hora pico de sábado

Las Figuras Nº 1, Nº 2 y Nº 3 ofrecen los valores y modelos de regresión ajustados, para la hora pico del sábado con las tres diferentes variables independientes.

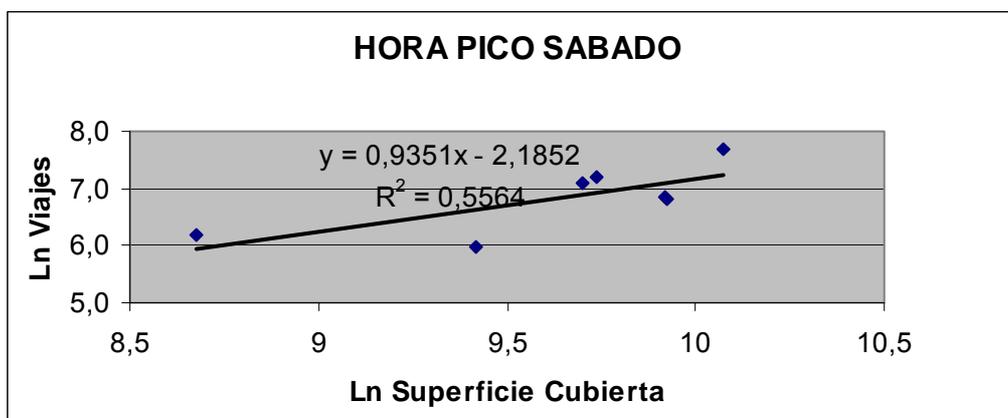


Figura Nº 1: Modelo de generación con área total cubierta

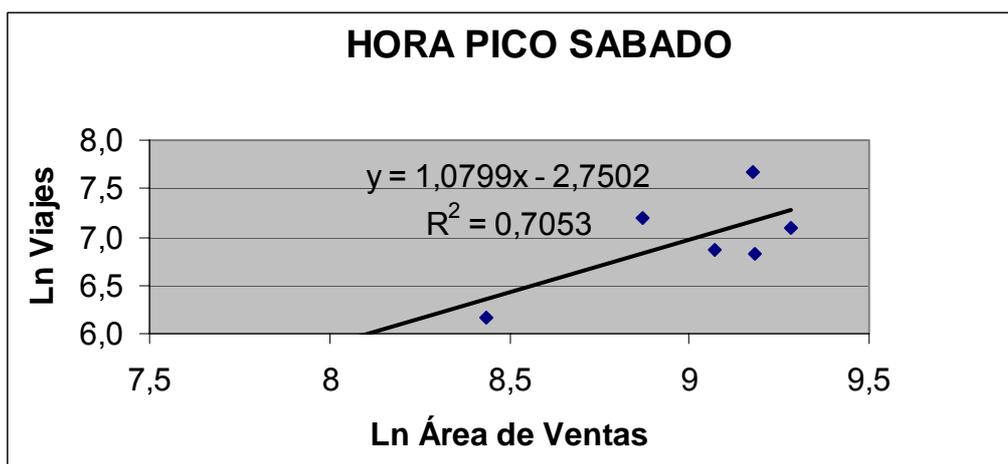


Figura Nº 2: Modelo de generación con área de ventas

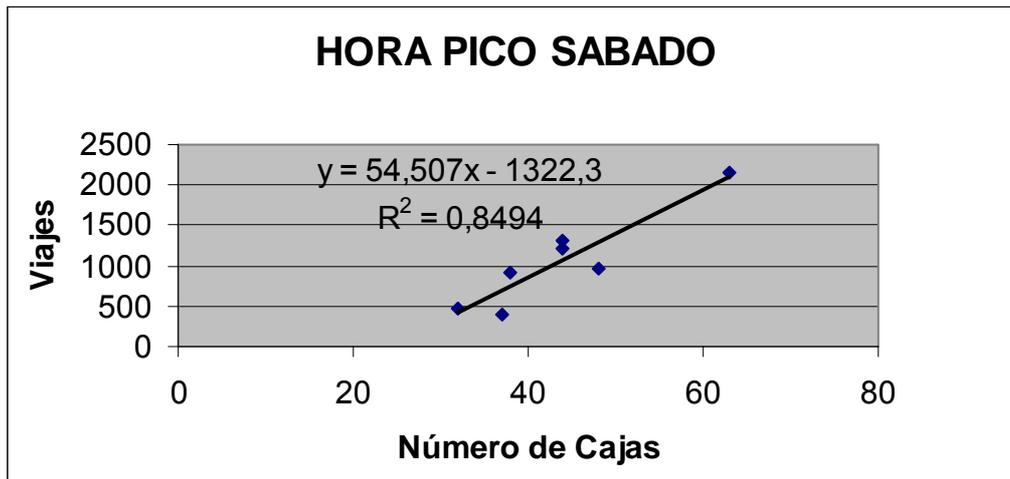


Figura Nº 3: Modelo de generación con número de cajas

5.- Comparación con tasas y modelos de generación de viajes de otros países.

Se analizaron modelos de generación de viajes con diferentes variables independientes. El área de ventas (m² cubiertos de los salones de ventas del hipermercado, incluyendo las cajas) demostró ser una variable explicativa superior al área total (m² cubiertos del hipermercado, incluyendo además depósitos, oficinas, otros locales, áreas y pasillos de ingreso/egreso, pero sin incluir estacionamiento).

Los resultados se consideran lógicos, ya que el área total se encuentra muy influenciada por los depósitos y las estrategias logísticas. Dentro de los casos analizados se presentan algunos con superficies de ventas similares, pero con gran diferencia en el área total. En términos generales el área total duplica a la de ventas, sin embargo se presentan casos en donde el área total resulta solamente del orden de un 25% superior al área de ventas, debido a la reducción al mínimo de depósitos con estrategias de abastecimiento de otro centro.

En ambos casos (área total y área de ventas) las regresiones tomando logaritmo presentaron mejores resultados que las lineales directas.

Con el número de puestos de servicio (cajas) el mejor ajuste se obtuvo mediante la regresión lineal directa, obteniendo en este caso el mejor índice de ajuste (R² más alto).

Existe gran cantidad de información internacional referida a Polos Generadores de Viajes. Las publicaciones Trip Generation, del Institute of Transportation Engineers (ITE) de Estados Unidos de Norte América han conformado la información de referencia, desarrollada para condiciones de Estados Unidos de Norte América. Portugal, L. S. y Goldner, L.G. (2003) han realizado una importante sistematización del conocimiento disponible en la literatura y agregado datos para la realidad de Brasil.

12

Comparando con las tasas de generación de viajes reportadas por el Institute of Transportation Engineers (ITE) de Estados Unidos de Norte América se advierte que los valores locales resultan mucho menores, del orden de la tercera parte (33%).

La Tabla N° 12 muestra la comparación para las tasas de la hora pico del tránsito (día de semana) y del emprendimiento (fin de semana). La comparación se realiza para mil pies cuadrados de área total construida.

Hora Pico	ITE 1997 (USA)		Valores locales	
	Tasa media	Mín. – Max.	Tasa media	Mín. – Max.
Día Hábil	11,51	5,32 – 20,29	4,04	2,02 – 5,66
Día Feriado	18,93	17,79 – 19,75	5,95	2,94 – 8,48

Tabla N° 12: Tasas de generación de viajes cada 1000 pies cuadrados de área total construida.

Por su parte la Tabla N° 13 permite comparar los modelos de regresión para la hora pico del tránsito (día de semana).

Caso	Variable x	Modelo	R ²
ITE 1997 (USA)	1000 pies ² área total	$\text{Ln } y = 0,870 \text{ Ln } x + 2,902$	0,77
Modelo local	1000 pies ² área total	$\text{Ln } y = 0,922 \text{ Ln } x + 1,733$	0,56

Tabla N° 13: Comparación modelos de generación de viajes.

Corresponde consignar que en todos los casos se están comparando exclusivamente las tasas y modelos de generación de viajes en automóviles.

En el caso de Córdoba los censos y encuestas realizados han mostrado que un porcentaje importante del total de los viajes (del orden del 25%) se realiza por otras modalidades, ya sea a pie, en bicicletas ó en ómnibus.

Para comparar con Brasil se consideró el trabajo de Silva, L.R. y Silva, P.C.M. (2006), basado en un estudio anterior (Silva, 2005). El modelo propuesto predice los viajes motorizados diarios (en un sentido, es decir la cantidad de entradas), para supermercados e hipermercados, en día pico de semana en función de: a) el área de ventas (en m²), b) la densidad poblacional del área de influencia primaria (en hab/m²) y c) del tamaño de la isocota límite del área de influencia primaria (en Km).

La ecuación propuesta es:

$$Y = -1915 + 0,624 X_2 + 68627 X_9 + 655,3 X_{35}$$

siendo y los viajes diarios, X₂ el área de ventas, X₉ la densidad poblacional y X₃₅ el límite del área de influencia primaria.

Con el fin de obtener un orden de magnitud de comparación se empleó el modelo citado para estimar los viajes motorizados diarios de entrada para un

12

área de ventas de 10.000 m², que se obtendrían para las condiciones medias de la Ciudad de Córdoba, estimando una densidad poblacional de 140 hab/Ha y un tamaño de la isocota límite de 3 Km.

El resultado es del orden de 7250 viajes. Debe considerarse aquí que el valor incluye motos (con un orden de magnitud del 15% del total) y que los supermercados e hipermercados contemplados en la muestra estaban abiertos al público un total de 16 horas. En Córdoba los bicis (motos y bicicletas) representan del orden del 5% de los automóviles y en los locales se encuentran abiertos un total de 14 horas diarias. Considerando por estas razones, una reducción del 25%, el nuevo valor se encuentra alrededor de 5450 viajes, el cual resulta del mismo orden de magnitud que un promedio entre viernes y sábado estimado con los modelos propuestos en este trabajo, asumiendo una extensión al día en base a la distribución temporal consignada en el apartado de antecedentes e información secundaria.

6. Conclusiones

El conocimiento de la generación de viajes en polos generadores es imprescindible para planificación y gestión del uso del suelo y transporte. Se han estudiado para la ciudad de Córdoba las características de generación de viajes en auto producidas por hipermercados. Estas grandes superficies construidas en la década de los 90 constituyen una nueva modalidad de comercialización que ha modificado la estructura de viajes de compras basada anteriormente en la oferta de almacenes y supermercados .

El estudio ha permitido caracterizar los viajes en auto, y relacionarlos con variables de estos polos generadores tales como superficie total, superficie de ventas, número de cajas, para obtener tasas de generación expresadas con un modelo logarítmico.

La comparación de los resultados obtenidos con similares de Estados Unidos de Norte América y de Brasil estaría indicando que las tasas de generación de viajes de automóviles en hipermercados de Argentina y Brasil resultan del mismo orden de magnitud y muy inferiores a las de Estados Unidos de Norte América, del orden de un tercio.

Finalmente se puede especular que siendo los índices de motorización de Argentina y Brasil similares (entre 5 y 6 habitantes /vehículo), y siendo el índice de Estados Unidos de Norte América menor a 2 habitantes/vehículo, podría esperarse una tendencia al crecimiento de la tasa de generación de viajes en auto a hipermercados acorde al crecimiento de las tasas de motorización en el país.

Referencias

ITE (1997). *Trip Generation*. 6ta Edición Institute of Transportation Engineers – Washington DC.

Portugal, L.S.; Goldner, L.G. (2003). *Estudo de Pólos Geradores de Viagens e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes*. Editora Edgard Blucher Ltda. Sao Paulo.

RED IBEROAMERICANA DE POLOS GENERADORES DE VIAJES (2006). <http://redpgv.coppe.ufrj.br> accedido octubre 2006

Silva, L.R. (2005) *Metodologia de delimitacao da Area de Influencia dos Polos Geradores de Viagens para estudos de Geracao de Viajens – Um estudo de caso nos supermercados e hipermercados*. Dissertacao (Mestrado) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasilia.

Silva, L.R.; Silva, P.C.M. (2006) *Modelos de Geracao de Viagens Endoexogenos para Polos Geradores de Viagens – Estudo de caso nos Supermercados e Hipermercados*. .

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) de la Universidad Nacional de Córdoba y la colaboración de todo el personal docente, becarios y alumnos de la Cátedra de Transporte I de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC en I año 2006.