

CARACTERÍSTICAS DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN MODAL DE VIAJES EN CENTROS EDUCATIVOS UNIVERSITARIOS

Marcelo Herz, Jorge Galarraga y Graciela Pastor

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Dirección: Av. Vélez Sarsfield 1611, Ciudad Universitaria. X5016. Córdoba, Argentina. Correo electrónico: mherz@efn.uncor.edu

RESUMEN

El conocimiento de las características de Centros Universitarios como Polos Generadores de Viajes resulta importante para establecer diagnósticos de generación y distribución modal, evaluar la potencialidad de soluciones ecoeficientes de transporte y generar medidas que promuevan la sustentabilidad de las actividades universitarias y urbanas en términos de transporte y uso del suelo.

En el presente trabajo se desarrolla la caracterización de viajes en Centros Universitarios de la Ciudad de Córdoba, Argentina, que tiene una población de 1,3 millones de los cuales 145000 son estudiantes de 6 universidades, entre las que se destaca la Universidad Nacional de Córdoba con 110.000 alumnos en 11 Facultades.

Del estudio de viajes en 13 Polos se han formulado modelos de generación y distribución modal en medios motorizado individual, motorizados masivos y no motorizados. Los principales factores explicativos han resultado ser la matrícula de alumnos en el Centro Universitario y la ubicación del Centro en el espacio urbano.

1. INTRODUCCIÓN

Los centros universitarios ubicados en grandes ciudades constituyen Polos Generadores de Viajes (PGV) importantes por la magnitud de la población que atraen y la naturaleza de los estudiantes universitarios, lo que permite analizarlos como casos de rica variabilidad y potenciales laboratorios para proponer procedimientos, modelos y parámetros con el objetivo de analizar impactos de políticas de transporte sustentable.

La naturaleza de la generación y distribución modal en PGV está muy condicionada por variables socioeconómicas y culturales de la demanda, así como por variables de la oferta también influidas por el contexto económico e institucional. La caracterización de estas variables para la realidad de ciudades latinoamericanas es imprescindible en el proceso de formular estrategias y alternativas a la creciente inmovilidad que la motorización y el deterioro de los modos de transporte público van imponiendo en términos de congestión.

Por las características etarias de los estudiantes universitarios, los edificios educacionales ubicados en las tramas urbanas, con mayor o menor grado de aglomeración, pueden potenciar situaciones de deterioro o de mejora ambiental urbana según logre resolverse el flujo de

viajes. De esto deriva la importancia de comprender las características de los viajes generados por centros universitarios.

2. ANTECEDENTES DE TASAS Y MODELOS DE GENERACIÓN EN CENTROS UNIVERSITARIOS

Son escasos los antecedentes sobre generación de viajes en Centros Universitarios (ITE, 2003; Ferreira de Souza et al, 2006), habiéndose a nivel local realizado por este grupo de trabajo estudios que abarcaron 10 Centros de la Universidad Nacional de Córdoba, y 1 de la Universidad Tecnológica Nacional. (Herz et al 2007).

En el caso de los centros universitarios analizados de Córdoba, se consideraron modelos generación de viajes en auto con distintas variables independientes como las superficies totales, las superficies de las aulas y la cantidad de alumnos, siendo esta última la única que proporcionó modelos aceptables, a pesar de distorsiones detectadas por la incidencia de alumnos matriculados inactivos y hábitos de presencialidad variables con las carreras. En términos de dimensiones de la producción de viajes (Portugal, Goldner, 2003) la Tabla N° 1 muestra patrones de interés para estos PGV ubicados en zonas de alta densidad poblacional.

POLO GENERADOR DE VIAJES	Sup. total (m2)	Localización	Dist al centro (km)	Sup. Aulas (m2)	Alumnos	Doc. Y staff
Arquitectura (a) UNC	5620	Centro	0	2812	3431	272
Der. y Cs. Sociales UNC	15489	Centro	0	5343	14045	848
Arquitectura (b) UNC	14156	C. Univ.	2	4331	5147	407
Cs. Agropecuarias UNC	26400	C. Univ	2	6639	3158	401
Ciencias Económicas UNC	17887	C. Univ	2	7701	16610	703
Cs. Ex., Fís. y Nat. UNC	50884	C. Univ	2	13082	5823	1359
Cs. de la Información UNC	3819	C. Univ	2	2877	7677	276
Cs. Químicas UNC	16182	C. Univ	2	2321	2970	555
Lenguas UNC	2999	C. Univ	2	1484	4705	300
Odontología UNC	8235	C. Univ	2	2187	4289	583
Fac Reg. Cba. Univ. Tec. Nac. (UTN)	14623	C. Univ	3	9512	10503	815

Tabla N° 1: Características de los PGV

De información obtenida de censos y encuestas efectuadas en los ingresos peatonales a los Centros se estimaron modelos de generación de viajes de autos, de pasajeros de ómnibus y de viajes peatonales, según muestra la Tabla N° 2

Variable Y	R ²	Curva de regresión	Estadístico t	
			Intercepción	Variable X N° estud. Matriculados
Viajes de Autos	0,787	$y = 0,2676x - 358,14$	-1,01	5,76
Pasajeros ómnibus	0,965	$y = 0,9495x - 1436,2$	-3,11	15,71
Viajes Peatonales	0,958	$y = 0,6847x - 1075,6$	-2,93	14,28

Tabla N° 2: Modelos de generación de viajes

Las tasas de generación de autos diaria y de hora pico en Centros Universitarios de Estados Unidos de Norte América según valores publicados en el Manual de Generación de Viajes (ITE,2003) son del orden de 10 veces mayores a las estimadas de relevamientos en Córdoba, según muestra la Tabla N° 3 La comparación de los resultados de viajes de auto indica que

en Argentina (Córdoba), para universidades en zonas de alta densidad poblacional y con buena oferta de transporte público, el uso del auto es muy inferior.

Base por alumno matriculado	Tasa diaria autos			Tasa hora pico		
	Media	Rango	Desv. Est	Media	Rango	Desv. Est
ITE (EEUU)	2,37	2,03-2,67	1,56	0,20	0,15-0,30	0,45
UNC (Argentina)	0,20	0,06-0,37	0,10	0,02	0,01-0,04	0,01

Tabla N° 3: Comparación con tasas de centros universitarios de EEUU

3. RELEVAMIENTOS Y CARACTERIZACION DE VIAJES

Los estudios antecedentes involucran polos ubicados en o próximos al centro de la ciudad (hasta 3 km), considerando necesario incorporar al análisis centros universitarios localizados más lejos del centro, como el caso de los campus de las 4 universidades privadas que están en la periferia fuera de la Av. de Circunvalación.

Se seleccionó como caso de estudio el campus de la Universidad Católica de Córdoba (UCC), ubicado a 10 km al sur del centro, en los límites urbanizados de la ciudad, con densidad poblacional media. La UCC tiene en el Campus 6 Facultades y el Rectorado, con 5200 alumnos y 1300 docentes y personal, y tiene además otras Facultades en la ciudad. A diferencia de las Facultades de la UNC que tienen accesos por distintos tramos de la red vial, el Campus puede considerarse un PGV unitario pues tiene un ingreso unificado intersectando una arteria de penetración (Av. Armada Argentina-Ruta 5). La oferta de transporte público es baja (sólo llega una línea que ingresa) pero existe un servicio especial de ómnibus (minibuses de 16 asientos) que conecta el Campus con el centro.

Los relevamientos abarcaron un día hábil completo, censando vehículos y personas, según se muestra en la Tabla N° 4, discriminando según tipo de vehículo y si ingresaban o egresaban del Campus.

Censo de	Autos			Ómnibus			Otros Modos			Totales	
	Ing.	Egr.	Total	Ing.	Egr.	Total	Ing.	Egr.	Total	Ing.	Egr.
Vehículos	1594	1577	3171	193	195	388	93	104	197	1880	1876
Personas	2294	2419	4713	2104	2015	4119	105	97	202	4503	4531

Tabla N° 4: Censo de vehículos y personas de 08 a 22 horas en Campus UCC

En base a las personas se obtuvo el siguiente porcentaje de participación modal: 35,1% auto conductor, 17,1% auto acompañante, 45,6% ómnibus y 2,2% otros modos (0,8% taxi, 0,6% moto y 0,8% bicicleta).

Además se consideró conveniente incorporar al análisis otro PGV de la Ciudad Universitaria distinto a los incluidos el estudio anterior, seleccionado la Facultad de Matemáticas Astronomía y Física (FAMAF). Esta Facultad tiene una superficie total de 9894 m², una superficie de aulas de 8591 m², se ubica a 2 Km del centro de la ciudad y cuenta con 1382 alumnos inscriptos y 298 docentes y staff. En la misma se realizaron censos y encuestas con una duración de dos horas en un día hábil.

En base a las personas y considerando la expansión al día completo, se obtuvieron 3144 viajes con la siguiente distribución modal: 20,2 % auto conductor, 3,4% auto acompañante, 36,5% ómnibus, 31,6% caminando, 2,7% taxi, 1,1% moto y 4,6% bicicleta.

Con estos nuevos relevamientos y los antecedentes ya citados, la Tabla N° 5 ofrece, para cada uno de los PGV la cantidad de **viajes de diarios de personas (estudiantes, docentes y otros) clasificados por modo** entre auto conductor, ómnibus, a pie, auto acompañante, taxi, moto y bicicleta. Para aquellos centros en que los relevamientos efectuados tuvieron una duración de dos horas, los mismos se expandieron considerando los datos obtenidos en censos y estudios de cobertura completa de un día hábil.

Univers,	Establec.	Viajes diarios	Auto Cond.	Bus	A pie	Auto Acomp.	Taxi	Moto	Bicicleta
UNC	Arq. Ce	4392	1,90%	36,20%	35,70%	16,40%	9,40%	0,50%	0,00%
UNC	Derecho	11376	5,40%	45,00%	33,80%	12,90%	2,10%	0,80%	0,00%
UNC	Arq. CU	7212	5,40%	36,30%	31,70%	11,30%	15,40%	0,00%	0,00%
UNC	Agron.	3342	13,20%	38,00%	27,80%	9,00%	8,10%	1,30%	2,60%
UNC	C. Econ	26096	7,70%	51,00%	35,80%	0,90%	1,10%	2,60%	0,90%
UNC	CEFYN	5976	19,00%	34,50%	30,50%	4,50%	0,50%	4,50%	6,50%
UNC	C. Infom	6720	3,70%	53,40%	33,30%	6,80%	0,90%	0,50%	1,40%
UNC	C. Quim	3496	6,60%	51,60%	29,90%	6,60%	3,30%	1,20%	0,80%
UNC	Lenguas	5472	4,30%	48,30%	29,10%	15,80%	2,10%	0,00%	0,40%
UNC	Odont.	5200	15,50%	44,50%	15,50%	14,00%	9,50%	1,00%	0,00%
UNC	Famaf	3144	20,20%	36,50%	31,60%	3,40%	2,70%	1,10%	4,60%
UTN	Campus	18494	19,10%	40,70%	29,70%	2,50%	3,30%	2,20%	2,50%
UCC	Campus	9062	35,10%	45,60%	0,00%	17,10%	0,80%	0,60%	0,80%

Tabla N° 5: Viajes diarios de personas y su distribución modal

Puede advertirse como la elección modal varía de manera importante de acuerdo al centro universitario en cuestión. En particular puede señalarse la enorme diferencia de la UCC con respecto al resto, en la participación de viajes en automóvil y caminando. La aplicación a este caso de los modelos de generación previamente obtenidos ofrecen estimaciones muy alejadas de la realidad, subestimando con un factor de tres los viajes en auto y sobreestimando con un factor de veinte los viajes caminando.

Se consideró que la densidad poblacional de la zona cercana al establecimiento universitario y las características socioeconómicas de los estudiantes que asisten, podían ayudar a explicar la elección modal. También se decidió analizar el área de influencia mediante isocotas e isocronas.

3.1. Densidad en área caminable

La densidad poblacional en el área de influencia de viajes caminables (hasta 2 km) puede constituir un factor explicativo. Si bien este tipo de viajes no es de conveniencia como el caso de centros comerciales, a mayor densidad hay mayor oferta de viviendas y constituye un atractor de localización para los estudiantes que no son de la ciudad y deben elegir dónde alojarse.

A efectos de relacionar la cantidad de viajes caminando con la proximidad se computaron las áreas residenciales (A Res) en radios de 1 y 2 km de los Centros Universitarios y con datos de densidad residencial por barrio (D Res) disponibles de censos poblacionales, se estimó la cantidad de habitantes residentes (Hab) y la densidad media del círculo de influencia (D

med), que incluye espacios no residenciales como parques y las áreas internas de los campus, como muestra la Figura N° 1.



La Tabla N° 6 reporta 4 casos de Polos, localizados uno en el centro (Facultad de Derecho UNC), dos en Ciudad Universitaria (Facultad de Ciencias de la Información UNC, en el borde norte a 2 km del centro y Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional, en el borde sur a 3 km del centro),y 1 en la periferia a 10 km del centro (Campus UCC).

Se observa que la Densidad media tanto para 1 km como para 2 km del polo es correlacionable con la distancia al centro de la ciudad.

Figura N° 1: Radios de 1 y 2 Km para Facultad Regional Córdoba (UTN)

PGV	R= 1km				R= 2 km			
	A Res	D Res	Hab	D med	A Res	D Res	Hab	D med
Derecho UNC	310,6	133,2	41384	131,8	1024,7	112,0	114801	91,4
Cs Inform UNC	122,1	238	29080	92,6	673	133	89513	71,3
FRC UTN	195,6	83,3	16301	51,9	838,4	90,8	76087	60,6
Campus UCC	62,3	65	4050	12,9	253,0	82	20750	16,5

Tabla N° 6: Densidad Media en Radios de 1 y 2 Km de centros universitarios

3.2. Condiciones socio económicas

Las características socioeconómicas y culturales de los estudiantes puede constituir un factor explicativo de la elección modal para los viajes al Centro Universitario. Los polos estudiados en el Centro y Ciudad Universitaria pertenecen a universidades públicas no aranceladas, en tanto el polo ubicado en la periferia es de universidad privada arancelada. Si bien puede presumirse un mayor ingreso medio de las familias de estudiantes en universidades aranceladas, cualquier efecto en la distribución modal quedaría en los casos estudiados correlacionado con la distancia al centro, por lo que se intentó explorar si entre las distintas facultades de la UNC (todas en o próximas al centro) había situaciones de diferencias en la distribución modal que pudieran atribuirse a factores socioeconómicos de los alumnos

La Tabla N° 7 muestra datos etarios, de condición laboral y el nivel de educación alcanzado por los padres de los alumnos de distintas Facultades.

UNC	Edad (años)			Trabaja y estudia		Educación de los padres		
	<25	25-30	>30	No	Sí	Primaria	Secundaria	Universitaria
Arquitectura.	62,3%	27,2%	10,5%	64,6%	35,4%	34,1%	44,1%	21,8%
Derecho y Cs Sociales	32,3%	45,4%	22,3%	69,5%	30,5%	45,3%	38,6%	16,1%
Cs. Agropecuarias	62,6%	27,0%	10,4%	68,5%	31,5%	56,3%	35,2%	8,5%
Cs. Económicas	58,6%	28,3%	13,0%	56,1%	43,9%	39,3%	44,1%	16,6%
FCEF y Naturales	58,5%	30,5%	11,0%	74,3%	25,7%	40,9%	43,5%	15,6%
Cs. Información	59,8%	29,6%	10,6%	49,5%	50,5%	42,0%	43,1%	14,8%
Cs. Químicas	67,5%	20,6%	12,0%	75,4%	24,6%	47,3%	41,3%	11,5%
Lenguas	54,2%	26,2%	19,7%	53,8%	46,2%	53,7%	36,1%	10,3%

Odontología	65,7%	25,4%	8,9%	84,7%	15,3%	42,3%	46,0%	11,7%
-------------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla N° 7: Características socio económicas de los estudiantes

Al relacionar estas variables con la Tabla N° 5 de distribución modal no se ha obtenido ninguna diferencia significativa por lo que no parece posible para los datos analizados incorporar variables socioeconómicas como variable independiente.

3.3. Isocotas e isocronas

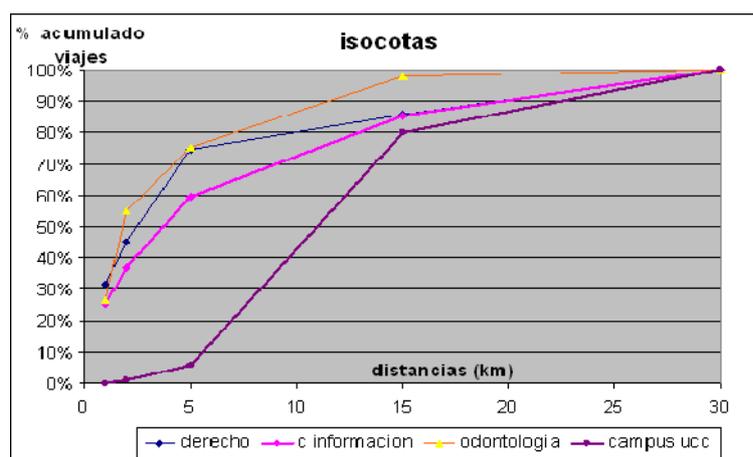
La distribución espacial es mensurable en distancias y en tiempos de viaje del origen al PGV. Con la información de los barrios de origen y el modo de transporte utilizado por los encuestados en los PGV se obtuvieron las distancias de viaje clasificadas por modo.

Para el análisis de distribución se consideraron 5 rangos de distancia y 3 grupos modales: No motorizados (NM), Motorizados masivos (MM) y Motorizados individuales (MI). Los rangos de distancia se definieron entre las isocotas de 1km, 2 km, 5 km, 15 km y 30 km del PGV. Para orígenes distantes a más de 30 km que corresponden a ciudades del área metropolitana se tomó ésta como distancia tope. Hasta 2 km es el rango de viajes caminando, de 2 a 15 km es el rango de viajes en ómnibus urbanos, y más de 15 km son viajes metropolitanos.

Se reportan 4 casos de Polos, localizados uno en el centro (Facultad de Derecho UNC), dos en Ciudad Universitaria (Facultad de Ciencias de la Información y Facultad de Odontología), UNC y uno en la periferia (Campus UCC).

La Figura N° 2 muestra las curvas de porcentaje acumulado de viajes a distintas distancias de los PGV, hasta 30 km. Se observa un comportamiento similar a nivel de viajes metropolitanos (> 15 km) que participan en hasta un 20%, pero hay diferencias importantes a nivel de viajes urbanos asociables con la ubicación respecto al centro de las ciudad. En la isocota de 5 km los Polos del centro y CU acumulan del 60 al 75% de los viajes en tanto el campus de la UCC ubicado en la periferia sólo produce el 8% de los viajes en un radio de 5 km.

Figura N° 2: Isocotas

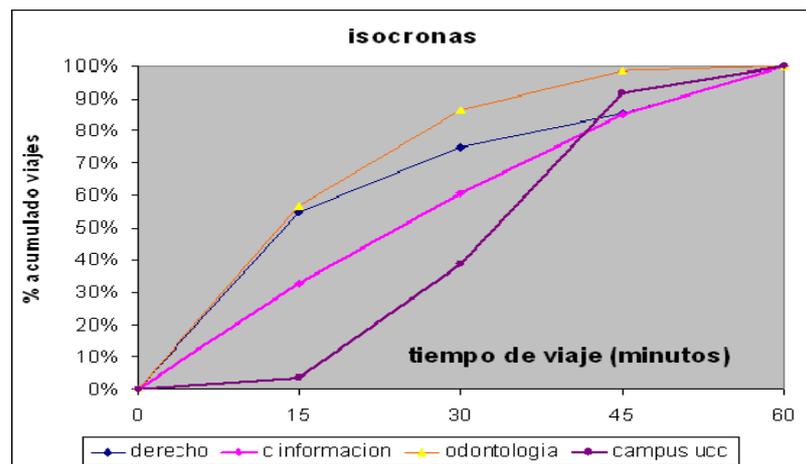


En la isocota de 1 km, distancia caminable cómoda, los Polos del centro y CU acumulan del 27 al 32% y aumentan al rango del 37 al 55 % en el radio de 2 km. Estos altos valores de proximidad reflejan que los estudiantes no originarios de la ciudad buscan domicilios próximos, fenómeno urbano ejemplificado en el gran crecimiento de edificaciones con departamentos de un dormitorio en el barrio Nueva Córdoba que se ubica entre el centro y la

Ciudad Universitaria. El campus de la UCC por otra parte sólo produce el 1,2% de los viajes en el radio de 2 km.

Considerando el rango de distancias y el modo se clasificaron los viajes en tiempo entre 15, 30, 45 y 60 minutos. Se asignaron dentro de la isocrona de 15 minutos los viajes caminando hasta 1 km, en ómnibus hasta 2 km y en auto hasta 5 km. Los viajes caminando entre 1 y 2 km, en ómnibus entre 2 y 5 km y en auto entre 5 y 15 km se asignaron entre las isocronas de 15 y 30 minutos, y análogamente para el resto.

Figura N° 3: Isocronas



La Figura N° 3 muestra la curva de tiempos de viaje relacionada con los Polos. Más del 85% de los viajes a los Centros Universitarios en Córdoba tienen tiempos menores a 45 minutos, lo cuál es consistente con el porcentaje de viajes urbanos y metropolitanos asociados con la isocota de 15 km. Los tiempos de viaje iguales o menores a 30 minutos varían de un 86 % de los viajes totales de la Facultad de Odontología al 39% de los viajes al campus de la UCC, y dichos porcentajes varían del 57% al 3% para viajes con tiempos iguales o menores a 15 minutos. En términos de tiempos de viaje las diferencias entre el Polo de la periferia y los Polos cercanos al centro de la ciudad se atenúan.

4. MODELOS DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN MODAL

Se decidió ajustar estadísticamente modelos de generación de viajes de personas por día en función de los alumnos matriculados. Los datos empleados para la obtención de los modelos son los ofrecidos por la Tabla N° 1. Se calibraron cuatro (4) tipo de modelos:

- Para la totalidad de los viajes, considerando todas las modalidades en conjunto
- Para los viajes en medios motorizados individuales, considerando las modalidades de auto conductor, auto acompañante, taxi y moto.
- Para los viajes en medios motorizados masivos, considerando la modalidad de ómnibus (de línea o contratado)
- Para los viajes en medios no motorizados, considerando las modalidades de bicicleta y a pie.

Considerando el ya citado gran cambio en la distribución modal que se advierte en el único establecimiento ubicado fuera del centro y ciudad universitaria, se decidió en todos los casos calibrar dos (2) tipos diferentes de modelos:

- Considerando a todos los centros universitarios en una única categoría

- Considerando una variable muda (dummy variable) que adopta el valor cero (0) si el establecimiento está a menos de 5 Km del centro de la ciudad y el valor uno (1) si el establecimiento está a más de 5 Km del centro.

Corresponde consignar que se considera viaje tanto al de entrada como al de salida del centro universitario, es decir que una persona al ir y volver genera dos viajes.

4.1 Modelos para la totalidad de los viajes diarios

Según ha sido mencionado se ajustaron dos tipos de modelos. Uno considerando a todos los centros universitarios en una única categoría, con una única variable independiente (X1), el número de estudiantes matriculados conjunto. El otro empleando además una variable muda (X2), que toma el valor cero (0) si el establecimiento está a menos de 5 Km del centro de la ciudad y el valor uno (1) si el establecimiento está a más de 5 Km del centro.

Variable dependiente: Y (número de viajes diarios por todas las modalidades)

VARIABLES INDEPENDIENTES: X1 (número de alumnos matriculados) y X2 (variable muda)

Modelo N° 1: $Y = a + b X1$

Modelo N° 2: $Y = a + b X1 + c X2$

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		Coeficiente c		R ²
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
N° 1	- 1224	- 1,37	1,61	13,0	NA	NA	0,94
N° 2	- 1439	- 1,61	1,60	13,3	2107	1,18	0,94

Tabla N° 8: Modelos para viajes diarios por todas las modalidades

La Tabla N° 8 resume los resultados obtenidos y muestra que los dos modelos resultan bastante similares. Considerando que el valor del estadístico t para la variable muda no resulta significativamente diferente de cero con una confiabilidad adecuada, se propone adoptar el Modelo N° 1, el cual se muestra en la Figura N° 4

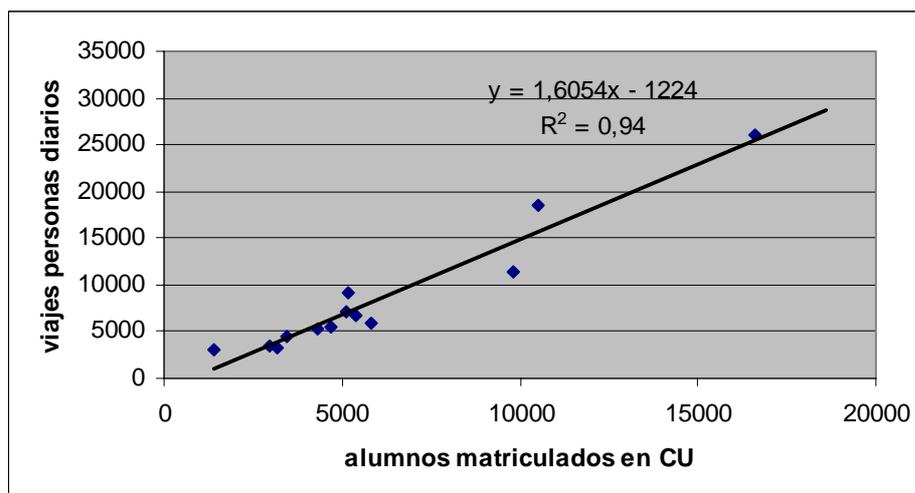


Figura N° 4: Modelo N° 1 para viajes diarios para todas las modalidades

Puede advertirse que el modelo predice 1,6 viajes por día por cada alumno matriculado, debiendo deducir del total 1224 viajes, es decir que en promedio los alumnos no viajan todos los días.

4.2 Modelos para los viajes diarios en medios motorizados individuales

Los medios motorizados individuales incluyen auto conductor, auto acompañante, taxi y moto. Corresponde aquí señalar que en todos los casos el porcentaje de utilización de moto es relativamente pequeño. El uso de taxis puede ser relevante para los establecimientos ubicados cercanos al centro de la ciudad y sin importancia para la Universidad ubicada en la periferia.

Variable dependiente: Y (número de viajes diarios en medios motorizados individuales)

Variables independientes: X1 (número de alumnos matriculados) y X2 (variable muda)

Modelo N° 1: $Y = a + b X1$

Modelo N° 2: $Y = a + b X1 + c X2$

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		Coeficiente c		R ²
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
N° 1	856	1,34	0,21	2,33	NA	NA	0,33
N° 2	531	1,15	0,22	3,49	3181	3,44	0,63

Tabla N° 9: Modelos para viajes diarios por medios motorizados individuales

La Tabla N° 9 muestra que el Modelo N° 2 es claramente superior, ofreciendo un mucho mejor coeficiente de determinación R² y un estadístico t significativo para la variable muda. Este resultado puede considerarse previsible, ya que se ha comentado previamente la gran diferencia en el uso del automóvil cuando el establecimiento universitario se encuentra ubicado alejado del centro de la ciudad. El empleo de la variable muda implica aumentar el valor del término independiente de 856 a 3712 (531 + 3181), siendo que el valor de la pendiente casi no se modifica (de 0,21 a 0,22).

4.3 Modelos para los viajes diarios en medios motorizados masivos

Los medios motorizados masivos son los ómnibus, para los establecimientos ubicados en el centro y ciudad universitaria corresponden ómnibus regulares de línea, para el caso de la Universidad ubicada en la periferia se agregan servicios especiales contratados.

Variable dependiente: Y (número de viajes diarios en medios motorizados masivos)

Variables independientes: X1 (número de alumnos matriculados) y X2 (variable muda)

Modelo N° 1: $Y = a + b X1$

Modelo N° 2: $Y = a + b X1 + c X2$

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		Coeficiente c		R ²
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
N° 1	-1041	-2,23	0,80	12,33	NA	NA	0,93
N° 2	-1154	-2,46	0,80	12,59	1106	1,18	0,93

Tabla N° 10: Modelos para viajes diarios por medios motorizados masivos

La Tabla N° 10 muestra que en este caso el valor del estadístico t para la variable muda no resulta significativamente diferente de cero con una confiabilidad adecuada, por lo que se prefiere el Modelo N° 1. La cantidad de viajes en ómnibus resulta similar, independientemente de la ubicación del centro universitario.

4.4 Modelos para los viajes diarios en medios no motorizados

Los medios no motorizados incluyen viajes peatonales y en bicicleta. Corresponde aquí señalar que casi en todos los casos el porcentaje de utilización de bicicleta es relativamente pequeño.

Variable dependiente: Y (número de viajes diarios en medios no motorizados)

Variables independientes: X1 (número de alumnos matriculados) y X2 (variable muda)

Modelo N° 1: $Y = a + b X1$

Modelo N° 2: $Y = a + b X1 + c X2$

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		Coeficiente c		R ²
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
N° 1	-1039	- 2,27	0,60	9,41	NA	NA	0,89
N° 2	- 816	- 2,33	0,59	12,40	- 2180	- 3,11	0,93

Tabla N° 11: Modelos para viajes diarios por medios motorizados masivos

La Tabla N° 11 muestra que el Modelo N° 2 es superior, ofreciendo un mejor coeficiente de determinación R² y un estadístico t significativo para la variable muda. Este resultado puede considerarse previsible, ya que se ha comentado previamente la gran diferencia en la cantidad de viajes peatonales cuando el establecimiento universitario se encuentra ubicado alejado del centro de la ciudad. El empleo de la variable muda implica disminuir el valor del término independiente de - 1039 a - 2996 (- 816 - 2180), siendo que el valor de la pendiente casi no se modifica (de 0,60 a 0,59).

4.5 Tasas y Modelos para estimar viajes de automóviles

De la Tabla N° 5 puede advertirse que la participación porcentual de viajes de auto conductor y auto acompañante varía de manera importante entre los centros considerados. En particular para los establecimientos ubicados en el centro de la ciudad los viajes de acompañantes superan en gran medida (con un factor entre 3 y 8) a los de los conductores, lo cual implica que deben estar presente modalidades de “kiss and ride” que generan viajes, pero no estacionamientos. En el campus de la UCC se presenta la situación inversa, en la cual los viajes de conductores superan (con un factor 2) a los de acompañantes, lo cual se debe a una ocupación media del orden de 1,5 pasajeros por vehículo.

Se asumió que los viajes en auto pueden estimarse razonablemente a través de los porcentajes de auto conductor y taxi, este supuesto es válido en la mayoría de los casos y estaría subestimando la generación donde la modalidad “kiss and ride” fuera importante.

La Tabla N° 12 muestra la cantidad de alumnos matriculados, viajes diarios y viajes de automóvil (calculados de acuerdo a lo expresado en el párrafo anterior) realizados en cada uno de los trece (13) centros estudiados.

Centro Universitario	Alumnos matriculados	Viajes Diarios	Viaje de autos
1.Arquitectura UNC	3431	4392	496
2.Derecho Cs. Soc. UNC	9832	11376	853
3.Arquitectura UNC (C U)	5147	7212	1500
4.Cs. Agropecuarias UNC	3158	3342	712
5.Cs. Económicas UNC	16610	26096	2296
6.Cs. E., F. y Nat. UNC	5823	5976	1165
7.Cs. Información UNC	5374	6720	309
8.Cs. Químicas UNC	2970	3496	346
9.Lenguas UNC	4705	5472	350

10.Odontología UNC	4289	5200	1300
11. FAMAf UNC	1382	3144	720
12.F. R. Córdoba UTN	10503	18494	4143
13.Campus UCC	5200	9062	3253
Total	78423	109982	17445

Tabla N° 12: Viajes de automóvil

De la Tabla N° 12 puede calcularse una tasa media de generación de viajes de auto de 0,22 viajes diarios por estudiante matriculado. En el caso del campus de la UCC la tasa resulta mucho mayor, con un valor de 0,63 viajes diarios por estudiante matriculado. Si se consideran los otros doce (12) centros en conjunto la tasa media obtenida es de 0,19 viajes diarios por estudiante matriculado. Los casos del centro y ciudad universitaria confirman los estudios anteriores con tasas del orden de 10 veces menores a las reportadas por el ITE, en cambio para la Universidad ubicada en la periferia las tasas tienden a ser 3 a 4 veces menores.

Al igual que en los casos anteriores, se calibraron los dos tipos de modelos de generación, considerando o no la inclusión de la variable muda. En este caso, como era de esperar, resultó más conveniente el Modelo N° 2: $Y = a + b X1 + c X2$, siendo Y el número de viajes diarios de autos, con los valores de los coeficientes y su confiabilidad estadística reportada en la Tabla N° 13. La variable muda X2 permite incrementar la generación del establecimiento ubicado en la periferia, de acuerdo a las consideraciones efectuadas previamente.

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		Coeficiente c		R ²
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
N° 2	173	0,74	0,17	2,63	2220	2,40	0,54

Tabla N° 13: Modelo para viajes diarios de automóvil

5. CONCLUSIONES

Del estudio de viajes en 13 Centros Universitarios se han formulado modelos de generación y distribución modal en medios motorizado individual, motorizados masivos y no motorizados. Los principales factores explicativos han resultado ser la matrícula de alumnos en el Centro Universitario y la ubicación del PGV en el espacio urbano. En el caso de generación de viajes totales y viajes en ómnibus es suficiente considerar la cantidad de alumnos, pero para viajes en auto y caminando existe un importante efecto de la conformación de la ciudad. La interacción con la demanda de residencias de los estudiantes no originarios de la ciudad que buscan domicilios próximos a los Centros Universitarios viabiliza una alta participación del modo peatonal, fenómeno de proximidad que no se da en los Polos Universitarios ubicados en la periferia.

Los modelos con variable muda (distancia al centro) han mostrado su aplicabilidad para reflejar el muy importante cambio que opera sobre los viajes en medios motorizados individuales y en medios no motorizados si el establecimiento universitario está ubicado cerca o lejos del centro de la ciudad. Los modelos de viajes no motorizados resultan importantes para poder estimar los viajes peatonales y de mayor sustentabilidad ambiental, para un adecuado gerenciamiento de la movilidad.

REFERENCIAS.

- Ferreira de Souza S. C., Prudencio Jacques M. A. “ Modelos para estimativa de viagens geradas por institucoes de ensino superior” XX ANPET, Brasilia, 2006
- Herz M, Galarraga J, Pastor G, “ Centros universitarios como polos generadores de viajes” . XIV CLAPTU, Rio de Janeiro, 2007

ITE *Trip Generation Handbook*. 7ta Ed. Institute of Transportation Engineers –Washington DC. 2003.
Portugal, L.S.; Goldner, L.G. *Estudo de Pólos Geradores de Viagens e de seus impactos nos sistemas viarios e de transportes*. Editora Edgard Blucher Ltda. Sao Paulo. 2003.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo recibido de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) de la Universidad Nacional de Córdoba, la colaboración de docentes, becarios y alumnos de la Cátedra de Transporte I de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC