

Generación de viajes en el distrito de Barranquilla

Víctor Cantillo Maza*

Resumen

En los procesos de planificación del transporte urbano es necesario cuantificar la demanda de viajes y contrastarla con la oferta, lo cual exige el desarrollo de modelos. El grupo de Investigación en Geotecnia, Vías y Transporte de la Universidad del Norte ha trabajado durante los dos últimos años en el desarrollo de modelos de transporte urbano, que han permitido estimar uno de los componentes más importantes de la demanda de transporte urbano en la ciudad de Barranquilla como es la generación de viajes. Este artículo presenta los resultados más relevantes de la generación de viajes en los diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad.

Palabras claves: Modelos, transporte urbano, generación de viajes, planificación, Barranquilla.

Abstract

In the processes of urban transportation planning, it is necessary to estimate the demand of trips and to contrast it to the supply. This makes mandatory the development of models. In the last two years, the research group on Geotechnics, ways and transportation in the Universidad del Norte (Barranquilla, Colombia) has been working on the development of urban transportation models. These models have permitted to estimate one of the most important elements of urban transportation demand in Barranquilla: The generation of trips. This article presents the most relevant findings of trip generation in the different socio — economical strata in the city.

Key words: Models, urban transportation, trip generation, planning, Barranquilla.

Introducción

La planificación del transporte es determinante en el desarrollo de una ciudad y, por lo tanto, vital en el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Así mismo, es innegable que lograr un

* Ingeniero Civil; magister en Ingeniería de Transportes y Tránsito; profesor del Departamento de Ingeniería Civil; coordinador del Grupo de Investigación en Geotecnia, Vías y Transporte; coordinador de la Especialización en Vías y Transporte.

sistema de transporte eficiente contribuye significativamente a hacer más competitiva una ciudad. La búsqueda de este objetivo implica unos procesos caracterizados por la complejidad resultante de la cantidad y naturaleza de las variables involucradas. Por consiguiente, para estimar el impacto de las distintas opciones es necesario construir modelos que permitan una definición de las características del sistema y faciliten la toma de decisiones en los niveles estratégicos.

En este orden de ideas, el modelo clásico universalmente utilizado para la planificación del transporte consta de cuatro etapas:

- **Etapla 1. Generación de viajes:** Permite estimar el número de viajes que se efectúan en las distintas zonas de la ciudad.
- **Etapla 2. Distribución de viajes:** Evalúa los orígenes y destinos de los viajes generados.
- **Etapla 3. Partición modal:** Permite determinar cómo se reparten los viajes entre los distintos modos de transporte.
- **Etapla 4. Asignación:** Evalúa las rutas utilizadas por los usuarios.

En el fondo, el modelo lo que intenta es cuantificar y cualificar la demanda de viajes de la ciudad y contrastarla con la oferta considerando distintos escenarios.

En este artículo se presentan los resultados más relevantes de la investigación desarrollada durante 1998 y 1999 en la Universidad del Norte para calibrar modelos correspondientes a la primera etapa; esto es, la generación de viajes en el distrito de Barranquilla. Estos resultados no incluyen a los demás municipios del Area Metropolitana.

Dada la relativa facilidad con que se puede obtener información mediante encuestas domiciliarias de la movilidad de una familia y de ciertas variables relacionadas con ella, no es de extrañar que en los estudios de transporte se utilice muy a menudo como unidad de medida, sobre todo en la etapa de generación, a la familia, aunque ésta sea dividida en varias categorías. Este estudio no es la excepción, y por ello se la tomó como unidad básica de análisis. Ahora, es evidente que el número de viajes realizados por una persona o una familia depende de variables socioeconómicas como las que se indican a continuación:

- **Posesión de vehículo.** Las evidencias demuestran que la disponibilidad de vehículo ofrece mayor posibilidad de desplazamiento.
- **Renta e ingreso familiar.** En este estudio, esta variable se consideró al clasificar a las familias según el estrato socioeconómico al que pertenecen. En este sentido, se organizaron cuatro grupos:
 - *Grupo de ingresos altos:* Correspon-

diente a los estratos 5 y 6 de la población.

- *Grupo de ingresos medios*: Estratos 3 y 4.
- *Grupo de ingresos bajo*: Estrato 2.
- *Grupo de ingresos muy bajos*: Estrato 1.
- **Estructura familiar**. Este es otro factor determinante, considerando no sólo el número total de miembros del hogar sino su ocupación, edad, sexo, posesión de licencia de conducción.

Aunque hay otros factores que inciden en la generación de viajes, como la accesibilidad o la densidad residencial, su efecto es marginal, y para simplificar no fueron incluidos en este estudio.

1. MODELOS DE GENERACIÓN DE VIAJES

Durante la investigación se desarrollaron dos tipos de modelos para estimar la generación de viajes: el método de análisis por categorías y clasificación cruzada, y el método de generación de viajes por el análisis de regresión lineal múltiple.

1.1. Método de análisis por categorías y clasificación cruzada

Se fundamenta en determinar la producción de viajes en función de las características del hogar. Supone que las tasas de generación de viajes son relativamente constantes en el tiempo para determinada categoría de hogares. Es un método sencillo, que no involucra

complejas relaciones matemáticas pero presenta la desventaja de que no es posible verificar la significación de las variables escogidas y requiere un muestreo muy grande.

1.2. Método de regresión lineal múltiple

Consiste en obtener una expresión polinómica que permita evaluar una variable dependiente (número de viajes), a partir de una serie de variables independientes (o variables explicatorias del modelo). La forma general del modelo es:

$$y = k + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Donde:

- y : Variable dependiente (número de viajes realizados en el hogar)
- x : Variables independientes o explicativas del modelo
- a : Coeficientes de las variables independientes
- k : Intercepto, que en este caso representa los viajes no explicados por las variables independientes.

La calibración o estimación de los coeficientes y el intercepto se realizó utilizando el procedimiento de mínimos cuadrados. Estos modelos, aunque son más complejos, permiten evaluar estadísticamente la significación de las variables. Es importante recalcar que se calibraron modelos para estimar viajes considerando el modo empleado, el período de realización y el motivo de

los viajes.

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se realizaron encuestas origen-destino domiciliarias. El tamaño de la muestra en cada grupo socioeconómico fue escogido considerando el criterio planteado por Robert Lane, sintetizado en la tabla 1.

Tabla 1

Criterio de proporción de Robert Lane para el muestreo¹

Población del área (Habitantes)	Mínimo viviendas
Menos de 50.000	1 en 10
50.000 a 150.000	1 en 20
150.000 a 300.000	1 en 35
300.000 a 500.000	1 en 50
500.000 a 1'000.000	1 en 70
Más de 1'000.000	1 en 100

En correspondencia con este criterio, el muestreo que se realizó en cada grupo poblacional es el siguiente:

Tabla 2

Muestreo realizado²

Estratos	Nº de hogares	Nº de encuestas
5 y 6	29.754	856
3 y 4	56.409	1.191
2	61.731	1.240
1	50.624	1.013
Total	198.518	4.300

La encuesta fue aplicada descartando épocas del año no representativas o atípicas como los meses de vacaciones. Los días escogidos para el muestreo fueron miércoles, jueves y viernes, debido a que al encuestar se preguntaba a cada uno de los habitantes del hogar mayor de cinco años sobre los viajes realizados el día inmediatamente anterior. Aunque algunos investigadores recomiendan realizar todo el muestreo el mismo día, no fue posible hacerlo así por restricciones de recursos; no obstante, ello no le resta confiabilidad a la toma de datos.

La encuesta permitió obtener la siguiente información:

- *Estructura del hogar.* Definida por variables como el número de personas que residen en el hogar; personas mayores de 5 años; sexo; número de personas que trabajan; número de personas que estudian; número de personas que realizan otra actividad diferente a estudio o trabajo.
- *Disponibilidad de vehículo.* Número de vehículos en el hogar, tipo de vehículo, personas que conducen.
- *Información sobre viajes.* Se consideran los viajes basados en el hogar; es decir, aquellos viajes en los cuales

¹ LANE, Robert. *Planificación analítica del transporte.* Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local. 1973.

² La información demográfica correspondiente al número de hogares por estrato fue obtenida del DANE.

uno de los extremos, origen o destino, es el hogar. Se definió «viaje» como cualquier desplazamiento realizado por una persona de más de 5 años y de longitud mayor a 400 metros. El viaje se definió por sus características, así: Modo del viaje (automóvil, taxi, motocicleta, bus, a pie), motivo (trabajo, estudio, compras, asuntos personales, otros motivos), hora de realización.

Los resultados de las encuestas fueron clasificados y tabulados. Seguidamente fueron expandidos para efectuar estimaciones sobre todo el universo.

3. RESULTADOS

Los resultados más relevantes de la investigación se presentan a continuación:

3.1. Composición familiar

La información obtenida acerca de la estructura familiar de los distintos estratos que definen sus características socioeconómicas pueden sintetizarse en las tablas 3 y 4.

Se aprecia que en los estratos más pobres el número de habitantes por hogar es mayor, y así mismo, es mayor el número de personas sin ocupación.

Tabla 4
Estimaciones de la población

Estratos	Población	%
5 y 6	132.642	11.0
3 y 4	315.957	26.2
2	432.366	35.9
1	324.184	26.9
Total	1.205.148	100

Las estimaciones de la población de Barranquilla indicadas en la tabla 4 se realizaron a partir de las encuestas, y se nota que coinciden significativamente con las proyecciones del DANE. Se observa que el 62.8% de la población corresponde a los estratos más pobres (1 y 2).

Según la ocupación, la población se distribuye como se indica en la tabla 5.

Tabla 3
Características de los hogares

Estratos	Habitantes por hogar	Mayores de 5 años	Personas que trabajan	Personas que estudian	Personas sin ocup.
5 y 6	4.5	3.9	1.6	1.5	1.4
3 y 4	5.6	4.9	2.1	1.8	1.8
2	7.0	5.7	2.2	2.1	2.7
1	6.4	5.3	1.7	2.3	2.4

Tabla 5

Proyección del número de personas de las zonas muestrales según el oficio

Actividad u oficio	ESTRATOS				Totales
	1	2	3 y 4	5 y 6	
Trabajo	88.055	146.462	116.465	47.481	398.463
Estudio	118.189	126.897	98.988	44.944	389.018
Otros	117.939	159.007	100.504	40.217	417.667
Totales	324.184	432.366	315.957	132.642	1'205.148

3.2. Tasa de Motorización

Los datos acerca de la motorización en los diferentes estratos se indican en la tabla 6. Es importante aclarar que en

dicha tabla no se discrimina por tipo de vehículo. En la tabla 7 se muestra cómo se distribuyen porcentualmente los vehículos entre los diferentes estratos.

Tabla 6
Motorización

Estratos	% hogares sin vehículo	% hogares con un vehículo	% hogares con dos o mas vehículos	Totales
5 y 6	20.1	45.4	34.5	100
3 y 4	68.1	29.6	2.3	100
2	83.9	12.5	3.6	100
1	91.6	7.8	0.6	100
Total	71.8	21.1	7.1	100

Tabla 7

Porcentajes de proyección de la cantidad de vehículos en el hogar según estrato

Vehículo	ESTRATOS				Totales
	1	2	3 y 4	5 y 6	
Carro	2,370%	4,514%	12,620%	43,205%	62,710%
Moto	3,068%	8,890%	9,977%	5,189%	27,123%
Taxi	0,906%	4,098%	4,097%	1,067%	10,167%
Totales	6,344%	17,501%	26,694%	49,461%	100,000%

Los datos muestran que el 71.8% de los hogares no disponen de vehículo alguno, y éstos están concentrados en los estratos más altos de la población. Es importante aclarar que el 63% de los vehículos son autos, el 27% motocicletas y el 10% taxis.

3.3. Información sobre viajes

3.3.1. Viajes diarios realizados y modo empleado

La tabla 8 indica el número de viajes diarios realizados por todos los motivos en los distintos estratos, en los distintos modos.

Tabla 8

Proyección del número de viajes por modo del viaje en el área de estudio

Modo del viaje	ESTRATOS				Totales
	1	2	3 y 4	5 y 6	
Carro	2.849	6.571	30.312	124.230	163.962
Taxi	3.398	10.056	14.825	37.262	65.541
Moto	3.898	10.654	19.182	13.278	47.012
Bus	127.884	271.119	230.704	102.679	732.386
A pie	92.003	150.494	81.701	32.326	356.524
Totales	230.032	448.894	376.723	309.775	1'365.424

La tabla 9 muestra la distribución de probabilidades de los viajes:

Tabla 9

Porcentaje de la proyección del número de viajes por modo del viaje en el área de estudio

Modo del viaje	ESTRATOS				Totales
	1	2	3 y 4	5 y 6	
Carro	0,209%	0,433%	2,220%	9,098%	14,443%
Taxi	0,249%	0,663%	1,086%	2,729%	5,429%
Moto	0,285%	0,702%	1,405%	0,972%	3,539%
Bus	9,366%	17,864%	16,896%	7,520%	51,925%
A pie	6,738%	9,916%	5,984%	2,367%	24,664%
Totales	16,847%	32,876%	27,590%	22,687%	100,000%

La tabla 10 y la figura 1 indican la distribución del parque automotor de Barranquilla.

Tabla 10Número de vehículos matriculados en el Area Metropolitana de Barranquilla³

TIPO DE VEHÍCULO	SERVICIO	TOTAL
AUTOMÓVIL	Total	45.359
	OFICIAL	119
	PÚBLICO	13.635
	PARTICULAR	31.602
BUSES, BUSETAS Y MICROBUSES	Total	7.415
	OFICIAL	77
	PÚBLICO	6.587
	PARTICULAR	751
CAMIÓN TRACTOCAMIÓN VOLQUETA, MAQUINARIA INDUSTRIAL	Total	11.803
	OFICIAL	133
	PÚBLICO	3.382
	PARTICULAR	8.288
CAMPEROS, CAMIONETAS Y OTROS	Total	24.499
	OFICIAL	762
	PÚBLICO	896
	PARTICULAR	22.841
MOTOCICLETA	Total	15.537
	OFICIAL	74
	PARTICULAR	15.463
Total vehículos		106.809

Según estos datos, en Barranquilla se generan diariamente 1.13 viajes por cada habitante basados en el hogar. Se observa que el bus urbano absorbe alrededor del 52% de los viajes totales, seguido por la marcha a pie, que constituye el 24.7% de los viajes. El

vehículo particular (automóviles, camionetas y camperos) y la motocicleta juntos representan sólo el 18% de los viajes, a pesar de que son la mayor parte del parque vehicular.

La figura 2 muestra cómo se distribuyen los modos motorizados; esto es, excluyendo la marcha a pie. Se aprecia que los sistemas de transporte público (bus y taxi) representan el 76% de la demanda.

³ CHIQUILLO, Katina y JURIS, Xiomara. Alternativas de soluciones para las carreteras urbanas de la ciudad de Barranquilla. Trabajo de Grado. Barranquilla, Universidad del Norte, 2000.

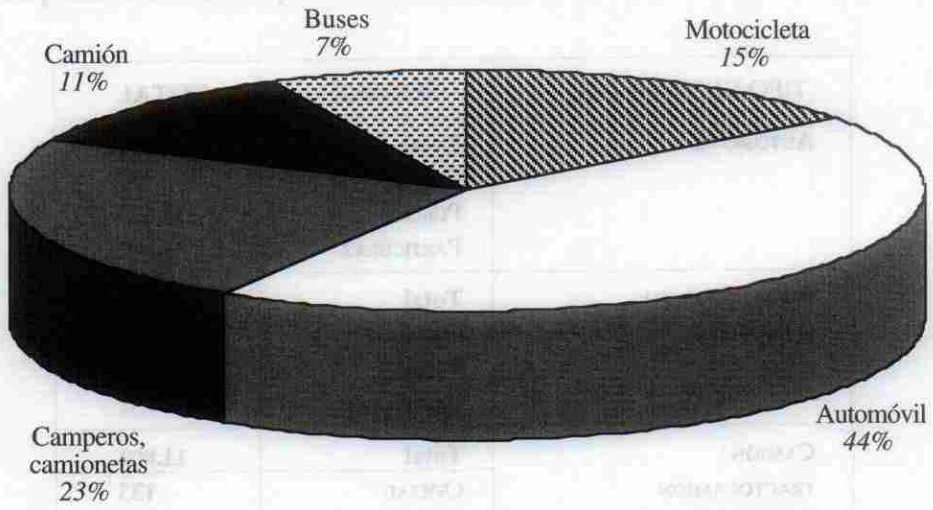


Figura 1
Composición vehicular

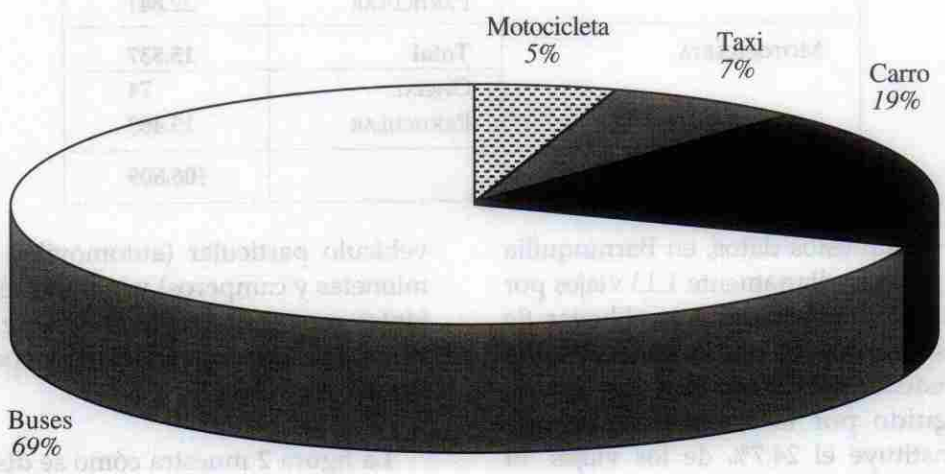


Figura 2
Distribución de los viajes motorizados

3.3.2. Viajes realizados según motivo

considerando el motivo se indica en las tablas 11 y 12.

La distribución absoluta y porcentual de los viajes en los distintos estratos

Tabla 11
Proyección del número de viajes según el motivo, en el área de estudio

Motivo del viaje	ESTRATOS				Totales
	1	2	3 y 4	5 y 6	
Trabajo	88.155	135.310	178.889	83.353	485.707
Estudio	116.790	100.512	106.092	77.965	401.360
Compras	5.147	77.861	34.291	38.409	155.708
Asuntos personales	18.341	127.246	34.054	54.781	234.421
Otros	1.599	7.965	23.397	55.267	88.229
Totales	230.032	448.894	376.723	309.775	1'365.424

Tabla 12
Porcentajes de la proyección del número de viajes según el motivo, en el área de estudio

Motivo del viaje	ESTRATOS				Totales
	1	2	3 y 4	5 y 6	
Trabajo	6,456%	9,910%	13,101%	6,105%	35,572%
Estudio	8,553%	7,361%	7,770%	5,710%	29,395%
Compras	0,377%	5,702%	2,511%	2,813%	11,404%
Asuntos personales	1,343%	9,319%	2,494%	4,012%	17,168%
Otros	0,117%	0,583%	1,714%	4,048%	6,462%
Totales	16,847%	32,876%	27,590%	22,687%	100,000%

Es evidente que los viajes con motivo de trabajo o estudio constituyen la mayor proporción, ya que representan conjuntamente el 65% de la demanda total de viajes.

4. MODELOS

4.1. Modelos utilizando el método de análisis por categoría

Para este análisis se establecieron cate-

gorías en cada estrato considerando dos variables: el número de personas que viven y el número de vehículos de que se dispone en el hogar.

Así, en la tabla 13 se muestra el número de viajes diarios por hogar, consi-

derando todos los motivos y todos los modos para los distintos estratos en función del número de personas que habitan en el hogar, en tanto que la tabla 14 muestra las tasas de generación según el número de vehículos que se posee.

Tabla 13
Número de viajes proyectados por hogar por personas que residen

Número de personas	ESTRATOS				Barranquilla
	1	2	3 y 4	5 y 6	
1 o 2	1,18	4,43	3,46	5,41	4,42
3	2,09	5,61	4,05	7,06	5,19
4	3,13	6,81	5,30	9,42	6,11
5	3,97	6,87	6,38	11,54	6,81
6	4,32	7,32	7,08	13,45	7,12
7 o más	5,75	7,68	8,27	16,60	7,63
Total Estrato	4,54	7,27	6,68	10,41	6,88

Tabla 14
Número de viajes proyectados por hogar por número de vehículos

Número de vehículos	ESTRATOS				Barranquilla
	1	2	3 y 4	5 y 6	
0	4,48	7,23	6,44	9,54	6,22
1	5,19	7,40	7,16	8,80	7,55
>=2	6,17	7,86	7,50	13,05	11,57
Total Estrato	4,54	7,27	6,68	10,41	6,88

En la tabla 15 se muestra el número medio de viajes diario por persona en los diferentes estratos.

Tabla 15
Número de viajes diarios por persona para todos los motivos

	ESTRATOS				
	1	2	3 y 4	5 y 6	Barranquilla
Viajes por persona	0,710	1,038	1,192	2,335	1,133

Es claro que los hogares de los estratos más altos, a pesar de tener en promedio menos integrantes, realizan más viajes diarios que los hogares de menos ingresos.

Considerando la información de todos los estratos, y teniendo como variables el tamaño del hogar y la posesión de vehículo, es posible expresar las tasas de generación de Barranquilla según se indica en la tabla 16.

Tabla 16
Promedio de número de viajes para todos los motivos según la cantidad de vehículos y el número de personas que residen

Vehículos	PERSONAS QUE RESIDEN						Promedios
	1 o 2	3	4	5	6	7 o más	
0	3.70	4.19	5.22	5.77	6.22	7.18	6.22
1	5.41	6.37	6.96	7.71	8.22	8.56	7.55
>= 2	6.12	7.63	10.21	11.88	12.35	12.46	11.58
Promedios	4.42	5.19	6.11	6.82	7.13	7.62	6.88

En desarrollo de la investigación también se obtuvieron tasas de generación de viajes para los distintos motivos y para varios períodos. Por limitaciones de espacio, esos modelos no se presentan en este estudio, pero están disponibles para quienes los quieran consultar.

4.2. Modelos utilizando el método de regresión lineal múltiple

Para los distintos estratos se calibraron modelos utilizando el análisis de regresión lineal múltiple, ajustando los pará-

metros por mínimos cuadrados para evaluar el número de viajes totales, así como el número de viajes por motivo y por hora. A estos modelos se les realizaron las pruebas estadísticas que permiten evaluar su confiabilidad. A continuación se presentan los mejores modelos obtenidos para evaluar el número total de viajes por hogar diarios en los distintos estratos de la población.

- Estratos 5 y 6
 $y = 1,096 + 1,983x_1 + 0,399x_5$
 $R^2=0,48$

- Estratos 3 y 4
 $y = 2,12 + 0,77x_1 + 0,74x_5$
 $R^2=0,36$
- Estrato 2
 $y = 5,467 + 0,366x_2 + 0,429x_3 + 0,324z$
 $R^2=0,16$
- Estrato 1
 $y = 0,3836 + 0,9320x_2 + 0,9738x_3 + 0,0965x_6 + 0,4432z$
 $R^2=0,76$

Las variables declaradas tienen el siguiente significado:

- y : Número total de viajes por hogar en el día
- x_1 : Número de personas que residen en el hogar
- x_2 : Número de personas que trabajan
- x_3 : Número de personas que estudian
- x_5 : Número de vehículos en el hogar
- x_6 : Número de personas desocupadas en el hogar
- z : Variable muda que toma un valor de 1 para los hogares que tienen vehículo y cero para los que no tienen.

CONCLUSIÓN

Los estudios han permitido establecer y definir la correlación que existe entre las características socioeconómicas de la población y la tasa de motorización con respecto a la demanda de transporte en Barranquilla. Es relevante el hecho de que la participación del transporte público colectivo sea altamente significativa; por tanto, es necesario implementar políticas para favorecer este

modo de transporte y hacerlo más eficiente. También es importante resaltar el alto número de viajes que se efectúa a pie, lo cual indica que se deben proveer facilidades a los peatones para su desplazamiento.

En promedio, cada barranquillero realiza 1.13 viajes diarios, y existe una alta dispersión respecto a la media en los diferentes grupos estudiados. Así mismo, se nota que los estratos de mayores ingresos realizan muchos más viajes que los hogares más pobres.

Bibliografía

- BETANCOUR, Carlos y CORONADO, Luis. Modelos de generación de viajes para los estratos 5 y 6 del Distrito de Barranquilla. Barranquilla, Universidad del Norte, 1998. Trabajo de grado.
- BETANCOUR, Félix y OLMOS, Juan. Modelos de generación de viajes para el estrato 2 de Barranquilla. Barranquilla, Universidad del Norte, 1998. Trabajo de grado.
- ESCAMILLA, José y SEGEBRE, David. Modelos de generación de viajes para el estrato 1 del Distrito de Barranquilla. Barranquilla, Universidad del Norte, 1999. Trabajo de grado.
- HABIB, Yusif y VILLARREAL, Nicanor. Modelación de la generación de viajes de los estratos 3 y 4 del Distrito de Barranquilla. Barranquilla, Universidad del Norte, 1998. Trabajo de grado.
- OSPINO, John. Modelos de generación de viajes para el Distrito de Barranquilla. Barranquilla, Universidad del Norte, 2000. Trabajo I+D.
- ORTUZAR, Juan y WILLUMSEN, Luis. *Modeling Transport*. 2ª ed. Londres: John Willey and Sons, 1994. 439 p.