



# MODELACIÓN DE LA ELECCIÓN DE HORA Y MODO DE VIAJE ANTE PICO Y PLACA Y PEAJE EN MEDELLIN

Iván Sarmiento Ordosgoitia, Ph.D

Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín  
Escuela de Ingeniería Civil

2009

# CONTENIDO

1. OBJETIVOS
2. MARCO TEÓRICO
3. METODOLOGÍA
4. MODELACIÓN Y ANÁLISIS
5. ANÁLISIS CUALITATIVO
6. CONCLUSIONES

# 1. OBJETIVOS

1. Modelar la elección del modo y hora de viaje ante la restricción Pico y Placa en automóviles.
2. Modelar la elección de modo y hora de viaje ante una combinación de Pico y Placa y Peaje urbano.
3. Analizar las preferencias de los usuarios de vehículo particular a través de un análisis cualitativo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA:

Domencich y McFadden, 1975, sentaron sus bases metodológicas .

Se supone una decisión, con un número de alternativas finitas para elegir una de ellas. Ej: elección de un modo de transporte; de una universidad; de un candidato, etc.

Interesa conocer el comportamiento de individuos en términos agregados (demanda de mercado por un bien o servicio). Sin embargo, la información se recolecta a nivel de individuos (PR y PD).

# MARCO TEÓRICO

- **Teoría microeconómica del comportamiento del consumidor**

El consumidor racional  $q$ , con información perfecta, elige la combinación de bienes de consumo que le reporte mayor utilidad. Si  $p = (p_1, p_2, \dots, p_k)$  es el vector de precios del conjunto  $X$  de bienes, e  $I$  el ingreso disponible; el conjunto de combinaciones estará dado por  $C(q) = \{x \in X : p \cdot x \leq I\}$  y el problema que enfrenta se expresa como:

$$M a x U ( x )$$

$$s . a . \quad p \cdot x \leq I$$

$$x \in X$$

# MARCO TEÓRICO

- Existe un conjunto  $A = \{A_1, \dots, A_i, \dots, A_J\}$  de alternativas disponibles, y un conjunto  $x \in X$  de atributos de nivel de servicio o características socioeconómica de los individuos.

- El modelador asume que la utilidad  $U_{jq}$  (opción  $A_j$ , individuo  $q$ ) tiene la forma:

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq}$$

- Los errores estocásticos  $\varepsilon$   $(0, s^2)$ ; esto permite tomar en cuenta aparentes inconsistencias en la conducta individual.

- La utilidad sistemática se especifica normalmente como:  $V_{iq} = \sum_{k=1}^K \theta_{ikq} X_{ikq}$

- ⊖ Generalmente los parámetros se suponen constantes entre los individuos pero puede variar para cada alternativa.

- El individuo  $q$  escogerá  $A_{j'}$  si y sólo si:  $U_{jq} \geq U_{iq}, \quad \forall A_i \in A(q)$  si:  $V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq},$

# MARCO TEÓRICO

PRINCIPALES MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA:

Dependiendo de la distribución del término de error: Probit (e normal) y Logit (e Gumbel). Dentro del Logit, según la correlación de alternativas:

**Restringidos:** logit multinomial (MNL), McFadden(1974) y el **Jerárquico (HL)**, William(1977). En el MNL es el más utilizado y las alternativas deben ser independientes. **Jerárquico (HL)** también llamado Anidado (*hierarchical, nested o tree logit*).

**Flexibles:** el logit mixto (ML), McFadden y Train (2000). Similar al probit multinomial (MNP), Daganzo (1979).

# MARCO TEÓRICO

Modelo Logit Multinomial (MNL): Igual varianza a nivel de alternativas y de individuos y las alternativas no están correlacionados (homocedástico):

$$P_{iq} = \frac{\exp(\mu \cdot V_{iq})}{\sum_{A_j \in A(q)} \exp(\mu \cdot V_{jq})} \quad \Sigma = \sigma^2 \begin{pmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

factor de escala relacionado con la varianza del término de error:  $\mu = \frac{\pi}{\sqrt{6}\sigma}$

Generalmente no es identificable, por lo que es necesario fijar este valor (escalamiento de la matriz de varianza covarianza), usualmente se asume  $\mu = 1$

lo que implica  $\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6}$



# MARCO TEÓRICO

FUENTES DE DATOS: Para calibrar cualquier modelo se requiere información PR y/o PD. Las PR reflejan el comportamiento actual de los individuos en sus decisiones de viaje. Fue lo mas usado hasta mediados de los 80. Sin embargo, presentan limitaciones (Ortúzar y Willumsem, 2001).

Las PD tratan de reflejar cómo actuarían los individuos frente a diferentes situaciones hipotéticas que le son presentadas y que deben ser lo más aproximadas a la realidad.

Se utilizan diseños experimentales para construir las alternativas hipotéticas. (Ortúzar, 2000)

Los datos obtenidos permiten estimar funciones de utilidad con respecto a las alternativas presentes en el experimento.

# 3. METODOLOGÍA

1. Caracterización de Demanda
2. Investigación cualitativa (Encuestas a profundidad, grupos focales)
3. Diseño de encuestas PD: Ayuda de Diseños por Método Kocur (1982)
4. Encuesta Piloto y diseño definitivo
5. Aplicación de la encuesta
6. Estimación de Modelos: BIOGEME
7. Selección del Mejor Modelo y Validación
8. Pronósticos de demanda con modelo seleccionado

# 4. MODELACIÓN Y ANÁLISIS

## CASO 1: Sólo Pico y Placa

- Alternativa 1: Viajero que ante la medida de restricción (pico y placa) del auto en la hora punta de la mañana cambia al **modo bus** llegando a la hora deseada.

$$U1 = \alpha Tvb + \mu c Cb + \theta b + \varepsilon i$$

- Alternativa 2: Viajero que ante la medida de restricción (pico y placa) del auto en la hora punta de la mañana cambia al **modo taxi** llegando a la hora deseada.

$$U2 = \alpha Tvt + \mu c Ct + \theta t + \varepsilon i$$

- Alternativa 3: Viajero que ante la medida de restricción (pico y placa) viaja en su auto antes de comenzar a regir la medida.

$$U3 = \beta (H^* - HLL) + \alpha Tva + \mu c Ca + \theta a + \varepsilon i$$

- Alternativa 4: viajero que ante la medida de restricción (pico y placa) viaja en su auto después que termina su aplicación.

$$U4 = \lambda (HLL - H^*) + \alpha Tva + \mu c Ca + \theta a + \varepsilon i$$

# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

## CASO 1: Sólo Pico y Placa

- $(H^* - HLL)$  = Es la hora a la que debe llegar menos la hora de llegada cuando le toca pico y placa significa una anticipación a su labor o trabajo.
- $(HLL - H^*)$  = Es la hora de llegada cuando le toca pico y placa menos la hora a la que debe llegar, significa una tardanza.

*U = utilidad.*

*$\lambda$  = parámetro de tardanza o llegada tarde.*

*$H^*$  = Hora de inicio de la labor (trabajo o estudio).*

*$\alpha$  = parámetro del tiempo de viaje.*

*$\mu$  = parámetro del costo*

*$T_v$  = tiempo de viaje.*

*$\Theta_k$  = Constante del modo  $k$  (Auto= $a$ , taxi= $t$ , bus= $b$ , para el bus es cero).*

*$C_k$  = costo del viaje o tarifa de parqueo del modo  $k$  (bus= $b$ , taxi= $t$ , auto= $a$ ).*

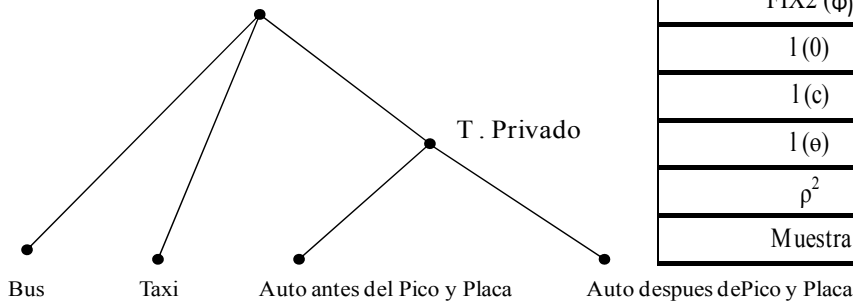
*$\beta$  = parámetro de anticipo o llegada temprana.*

# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

HL-1 y HL-2



HL-3 y HL-4



Atributos Bus(1); Taxi(2); Auto-AP(3); Auto- DP(4)	Coeficientes (Test t)			
	HL - 1 (con os nudos)	HL-2	HL - 3	HL - 4 (con un nudo)
Constante (2)	0,6813(2,07)	1,038(3,03)	1,503(2,23)	1,688(2,80)
Constante (3)	-0,7740(-1,83)	-0,5109(1,13)	0,8896(1,13)	0,711(1,30)
Costo de viaje (1,2,3,4)	-0,0001(-1,71)	-0,0001(-1,718)	-0,0001(-1,22)	-0,0001(-1,45)
Tiempo de viaje(1,2,3,4)	-0,0201(-4,21)	-0,0203(-4,22)	-0,00308(-3,66)	-0,0289(-3,79)
Diferencia horaria I(3)	-0,0059(-1,77)	-0,0058(-1,70)	-0,0269(-2,32)	-0,0155(-2,16)
Diferencia horaria II(4)	-0,029(-4,78)	-0,0229(-4,59)	-0,0102(-2,36)	-0,0131(-3,05)
Flexibilidad Horaria (4)	2,200(8,34)	2,2900(8,60)	1.9078(9,50)	1.89(9,36)
Sexo (1)		0,616(4,16)	0,6237(3,958)	0,913(3,13)
FIX ( $\phi$ )	1,00	1,00	-0.36,00	0,59
FIX2 ( $\phi$ )	0,56	0,55	1,00	1,00
I (0)	-1359,95	-1359,95	-1359,95	-1359,95
I (c)	-1359,95	-1359,95	-1360,95	-1359,95
I ( $\epsilon$ )	-1230,84	-1221,97	-1228,09	-1223,59
$\rho^2$	0,095	0,10	0,097	0,10
Muestra	981	981	981	981

Al introducir la variable específica (sexo) en las estructuras de los modelos HL, se detecta una mejoría en los test de los respectivos parámetros de los modelos. De esta manera se opta por escoger el modelo HL-4, el cual será confrontado con modelos de estructura MNL y ML.

# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

Atributos Bus(1); Taxi(2); Auto- AP(3); Auto-DP(4)	Coeficientes (tes t)						
	MNL-1	MNL-2	ML-1	ML-2	ML-3	ML-4	HL-4
Constante (2)	1.15 (3.24)	0.82 (2.45)	1.39 (2.70)	0.93 (1.88)	0.9733 (1.98)	0.9835(1.99)	1.688(2.80)
Constante (3)	0.61 (2.19)	1.14 (4.92)	1.97 (2.99)	2.56 (4.75)	1.5347(2.31)	3.6807(3.57)	0.7110(1.30)
Constante (4)						-0.1422(-0.12)	
Costo de viaje (1,2,3,4)	-0.00012 (1.44)	-0.00012(-1.44)	-0.0002 (-1.68)	-0.0002 (-1.62)	-0,0002 (-1.70)	-0,0002 (-1.70)	-0.0001(-1.45)
Tiempo de viaje(1,2,3,4)	-0.019 (-3.79)	-0.019(-3.80)	-0.056 (-5.85)	-0.053 (-5.82)	-0.0566 (-5.86)	-0.0566 (-5.78)	-0.0289(-3.79)
Diferencia horaria I(3)	-0.0077(-2.89)	-0.018(-7.70)	-0.062 (6.24)	-0.074(-8.11)	-0.0618(-6.1459)	-0.0889(-5.96)	-0.0155(-2.16)
Diferencia horaria II(4)	-0.023(-6.58)	-0.023(-7.07)	-0.11(-8.27)	-0.10(-7.82)	-0.1103(-8.13)	-0.0962(-6.76)	-0.0131(-3.05)
Flexibilidad Horaria (4)	1.37(7.83)	-	1.84 (3.51)		1,7349 (3.18)	2.9461(3.05)	1.89(9.36)
Sexo (1)	0.63(3.56)	-	0.89 (3.75)				0.913(3.13)
FIX ( $\Phi$ )							0.59
FIX2 ( $\Phi$ )							1.00
Sigma I (Tv)	-	-	-0.064(-8.19)	-0.062(-8.58)	-0.0665(-8.77)	-0.0644(-8.37)	
Sigma II (DH-I)	-	-	0.099(9.13)	0.10(-8.91)	0.0995(-9.24)	0.1083(7.89)	
Sigma III (DH-II)	-	-	-0.17(-8.63)	-0.198(-9.08)	-0.1742(-8.63)	-0.1663(-8.33)	
l (0)	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1359.95
l (c)	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1235.19	-1359.95
l ( $\theta$ )	-1121.93	-1160.51	-592.6	-602.77	-599.69	-596.24	-1223.59
$\rho^2$	0.09	0.06	0.50	0.51	0.51	0.51	0.10
Muestra	891	891	109	109	109	109	891

El mejor es el ML-3 por mejor Rho cuadrado, mejores test t y mejor log-verosimilitud ( $L_e$ ).

El test (t) del costo es significativo al 90% porque los que poseen vehículos propios no perciben los costos, tarifas o valor el pasaje como el caso de los usuarios de bus y taxi.

# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

Para el Mix Logit los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\lambda$  no son fijos, si no que varían en la población induciendo correlación en las utilidades sobre opciones y situaciones, por tal motivo los vectores de los coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\lambda$  para cada individuo se puede expresar como la suma de su media poblacional y desviaciones individuales Sigma (que representa los gustos promedio de la población).

$$U_{bus} = -0.0002 Cos - 0.0745 Tv$$

$$U_{taxi} = 0.9733 - 0.0002 Cos - 0.0745 Tv$$

$$U_{V_{AP}} = 1.5347 - 0.0002 Cos - 0.0745 Tv - 0.1016 DH_I$$

$$U_{V_{DP}} = 1.5347 - 0.0002 Cos - 0.0745 Tv - 0.1862 DH_{II} + 1.7349 FH$$

Los parámetros con sus respectivos valores

PARÀMETRO	NOTACIÒN	VALOR
Tiempo de viaje	$\alpha$	-0.0745
Tiempo de llegada temprano	$\beta$	-0.1016
Tiempo de tardanza	$\lambda$	-0.1862
Costo	$\theta_C$	-0,0002
Constante bus	$\theta_b$	0
Constante taxi	$\theta_t$	0.9733
Constante auto	$\theta_V$	1.5347
Flexibilidad	$\theta_{FH}$	1.7349

# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

Penalidades a pagar

MODELO (ML-1)	VST (\$/min)	VST (\$/hora)
Antes del pico y placa	508	30.465
Al viajar en PP	372	22.342
Después del PP	930	55.852

Se comprueba que  $\alpha < \beta < \lambda$  y las penalidades de la hora de salida antes y después del pico y placa son consistentes, pues a menor tiempo de ocio en casa (los que salen antes) menor valor del tiempo pues estas personas aunque puedan empezar a trabajar antes de la hora normal, no es un tiempo igual de aprovechado o no es lo que hubieran deseado.



# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

## CASO 2: Pico y Placa combinado con Peaje (en estudio)

Elección de modo: bus/metro o taxi

$$U_i = \beta_i + \theta_c C_i + \theta_{tv} TV_i + \theta_{te} TE_i$$

Salir en auto durante pico y placa y pagar el cobro por congestión

$$U_3 = \beta_3 + \theta_c C_3 + \theta_{tv} TV_3 + \theta_{te} TE_3 + \theta_{cc} Cc_3$$

Salir en auto antes del pico y placa y no pagar

$$U_4 = \beta_4 + \theta_c C_4 + \theta_{tv} TV_4 + \theta_{te} TE_4 + \theta_{F1} F_1$$

Salir en auto después del pico y placa y no pagar

$$U_5 = \beta_5 + \theta_c C_5 + \theta_{tv} TV_5 + \theta_{te} TE_5 + \theta_{F2} F_2$$

Variables explicativas

$Tv$	Tiempo de Viaje
$C$	Costo
$Te$	Tiempo de espera
$Cc$	Cargo por Congestión

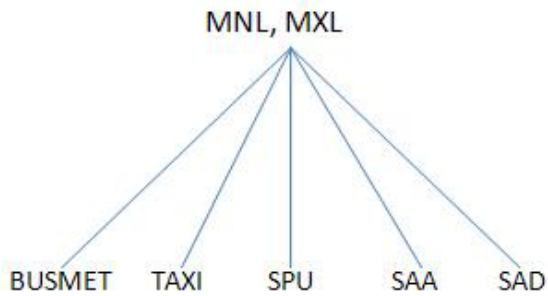
# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

## CASO 2: Pico y Placa combinado con Peaje (en estudio)

Otras variables se han considerado con el objetivo de analizar su relevancia y significancia en el modelo, éstas se han involucrado a la especificación siguiendo el mismo esquema. La Tabla siguiente las define.

V	Viaja solo o acompañado
Sex	Sexo
I1	Ingresos Bajos (hasta \$2.000.000)
I2	Ingresos Altos (mayores a \$2.000.000)
FLEX	Flexibilidad
F1	Salir Antes
F2	Salir Después
E1	Estratos Medio-Bajo (1, 2, 3, 4)
E2	Estratos Altos (5 y 6)
ED1	Edades hasta 40 años
ED2	Edades mayores a 40 años
Cargo	Cargo laboral

# MODELACIÓN Y ANÁLISIS



El modelo MNL-01 es el más **general** de todos puesto que contiene todas las variables, los demás modelos son una versión restringida de este al tener menos variables que el que le antecede.

Realizando un ranking de modelos entre los del tipo Logit Multinomial se tiene que el **mejor es el MNL-02**

Variable	Parámetro	MNL-01	MNL-02	MNL-03	MNL-04	MNL-05
-	$\beta_1$	-0.205 (-0.00)	-0.353 (-0.00)	-0.571 (-1.46)	-0.537 (-1.38)	-1.04 (-2.90)
-	$\beta_2$	-0.741 (-0.00)	-0.892 (-0.00)	-1.10 (-3.49)	-1.06 (-3.43)	-1.68 (-6.38)
-	$\beta_3$	-0.198 (-0.29)	-0.206 (-0.30)	-0.240 (-0.35)	-0.206 (-0.31)	-0.209 (-0.31)
-	$\beta_4$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-	$\beta_5$	8.23 (0.32)	9.08 (0.22)	0.0599 (0.43)	0.110 (0.93)	-0.0309 (-0.31)
Costo (1, 2, 3, 4, 5)	$\theta_1$	-0.000183 (-1.87)	-0.000183 (-1.87)	-0.000184 (-1.89)	-0.000184 (-1.89)	-0.000180 (-1.87)
Tiempo agregado (1, 2, 3, 4, 5)	$\theta_2$	-0.0550 (-4.92)	-0.0549 (-4.92)	-0.0545 (-4.92)	-0.0545 (-4.92)	-0.0538 (-4.90)
Cobro congestión (3)	$\theta_3$	-0.000217 (-2.45)	-0.000216 (-2.45)	-0.000215 (-2.44)	-0.000215 (-2.44)	-0.000211 (-2.42)
Sexo (1, 2, 3, 4)	$\theta_4$	0.778 (4.15)	0.773 (4.16)			
Ingresos bajos (1, 2)	$\theta_5$	-0.0345 (-0.00)	-0.137 (- 0.00)			
Ingresos altos (3, 4, 5)	$\theta_6$	0.911 (0.00)	1.11 (0.00)	0.891 (4.27)	0.892 (4.28)	
Solo/Acompañado (3, 4, 5)	$\theta_7$	0.273 (1.28)	0.296 (1.40)	0.302 (1.44)	0.298 (1.43)	
Flexibilidad (3, 4, 5)	$\theta_8$	-0.0218 (-0.09)				
Salir antes (4)	$\theta_9$	-0.0316 (-0.17)	-0.0302 (-0.17)	-0.116 (-0.67)		
Salir después (5)	$\theta_{10}$	-0.447 (-2.23)	-0.460 (- 2.33)	-0.355 (-1.84)	-0.379 (-1.99)	
Edad hasta 40 años (1, 2, 3, 4)	$\theta_{11}$	7.82 (0.30)	8.67 (0.21)			
Edad mayores de 40 años (1, 2, 3, 4)	$\theta_{12}$	7.60 (0.29)	8.45 (0.21)			
Cargo (3, 4, 5)	$\theta_{13}$	-0.0749 (-0.59)				
Estratos medio-bajo (1, 2)	$\theta_{14}$	-0.402 (-0.00)				
Estratos altos (1, 2, 3)	$\theta_{15}$	0.544 (0.00)				
Razón de Verosimilitud	$L_0$	-916.503	-916.886	-929.837	-930.061	-943.224
Rho cuadrado	$\rho^2$	0.339	0.339	0.330	0.339	0.320

# MODELACIÓN Y ANÁLISIS

## CASO 2: Pico y Placa combinado con Peaje (en estudio)

El mejor es el MNL-02 cuya formulación se presenta a continuación:

$$U_{BUSMET} = \theta_c C_{BUSMET} + \theta_{Ta} Ta_{BUSMET} + \theta_{SEX} SEX_i$$

$$U_{TAXI} = \theta_c C_{TAXI} + \theta_{Ta} Ta_{TAXI} + \theta_{SEX} SEX_i$$

$$U_{SPU} = \theta_c C_{SPU} + \theta_{Ta} Ta_{SPU} + \theta_{Cc} Cc_{SPU} + \theta_{SEX} SEX_i$$

$$U_{SAA} = \theta_c C_{SAA} + \theta_{Ta} Ta_{SAA} + \theta_{SEX} SEX_i$$

$$U_{SAD} = \theta_c C_{SAD} + \theta_{Ta} Ta_{SAD} + \theta_{F2} F_2$$

El Modelo en modalidad predictiva tiene como funciones de utilidad para cada una de las alternativas las siguientes:

$$U_{BUSMET} = -0.000183C_{BUSMET} - 0.0549Ta_{BUSMET} + 0.773SEX_i$$

$$U_{TAXI} = -0.000183C_{TAXI} - 0.0549Ta + 0.773SEX_i$$

$$U_{SPU} = -0.000183C_{SPU} - 0.000216Cc_{SPU} + 0.773SEX_i$$

$$U_{SAA} = -0.000183C_{SAA} - 0.0549Ta + 0.773SEX_i$$

$$U_{SAD} = -0.000183C_{SAD} + -0.0549Ta - 0.460F_2$$

Se estima el Valor Subjetivo del Tiempo (**VST**) utilizando la relación:  $\theta_i/\theta_c$ .

$$VST = \frac{-0.0549[\$]}{-0.000183[\text{min}]} = \$300/\text{min}$$

Esto es equivalente a  
\$18.000/hora.

# 5. ANÁLISIS CUALITATIVO

## CASO 2: Pico y Placa combinado con Peaje (en estudio)

- Las opiniones son diversas en cuanto a la viabilidad y beneficio de la medida, en este aspecto salen a relucir opiniones desfavorables en cuanto a lo excluyente que puede ser para usuarios con bajo nivel de ingreso.
- La comodidad es un atributo altamente valorado por los usuarios de vehículo particular, una vez que el usuario se percata del bienestar que éste le genera, dejando a un lado los traumatismos propios del transporte público, difícilmente logra desvincularse del automóvil voluntariamente. Esto está asociado además, a la percepción de seguridad visto como a un aislamiento del exterior y a la tranquilidad por el cubrimiento del seguro.

# ANÁLISIS CUALITATIVO

## CASO 2: Pico y Placa combinado con Peaje (en estudio)

### SOBRE EL PICO Y PLACA:

“No, sabes porque?, porque lo que hace es que el taco lo pone para cuando el pico y placa para, o sea, a las 8:30 am que tu coges el carro ya hay taco... Yo diría que debería ser todo un día, pero solamente un día a la semana, dos me parece demasiado”. (María del Carmen, estrato 6, 50 años)

“Me parece bien, aunque preferiría que fuera un solo día el día entero”. (María del Carmen, estrato 6, 50 años)

## 6. CONCLUSIONES

- Para el caso en estudio con solo Pico y Placa, sólo el 60% de los encuestados deja el vehículo en su residencia. De allí la importancia que se haga uso del desarrollo de las técnicas de análisis y predicción de demanda para la planificación del transporte.
- Las encuestas de PD se constituyen en la base para estimar los modelos econométricos de elección discreta. Estos consideran que los individuos deben escoger entre un conjunto de alternativas predeterminadas, aquella que maximiza su utilidad neta personal sujeto a restricciones legales, sociales, ambientales, presupuestarias, etc.

# CONCLUSIONES

- Los resultados de las estimaciones de la encuesta definitiva, fueron bastante consistentes. Las variables presentaron signos esperados correctos y significancia de parámetros superior al 95% excepto el parámetro del costo que fue del 90%. En términos generales se escogió como mejor modelo aquel de menos variables y que presentara el rho cuadrado más próximo a uno. El modelo formulado se validó comparando los resultados de las PR con el logit basado en PD, llegando a una variación promedio menor que la unidad (0.75%) en valor absoluto.



# CONCLUSIONES

- No todas las personas usuarias del vehículo estarían dispuestas a pagar, los resultados observados en los modelos indican que pese a que el valor del tiempo de las personas es alto (cerca de \$18.000) pocas estarían dispuestas a pagar una tarifa más (junto a los demás gastos que genera la tenencia de automóvil) para salir en los períodos de regencia del Pico y Placa.
- Esta investigación pretende abrir el panorama de nuestro conocimiento acerca de medidas nunca antes exploradas en el contexto de la ciudad de Medellín, y es por esto que el tema debe ser explorado aún más, analizando otras situaciones como un peaje urbano sin pico y placa, etc.