

# Modelo de comportamiento del usuario en la búsqueda de aparcamiento

Gonzalo Antolín San Martín\*, Luigi dell'Olio, Jose Luis Moura Berodia, Ángel Ibeas Portilla

GIST- Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte, Universidad de Cantabria, Santander, España

\* Autor para correspondencia:  
antoling@unican.es

## RESUMEN

En este artículo se presenta una metodología para diseñar encuestas de preferencias declaradas orientadas a definir el comportamiento del usuario en la elección de la tipología de aparcamiento y se estiman modelos de elección discreta para estudiar dicho comportamiento. El diseño de la encuesta se lleva a cabo usando la técnica del D-error y se estiman modelos logit considerando variaciones sistemáticas y aleatorias en los gustos de los usuarios. Los modelos evidencian la heterogeneidad en la percepción de la tarifa, así como, la alta influencia de otras variables como la edad del vehículo o la posesión de tarjeta de residencia.

Palabras clave: parking choice, D-error, modelos de elección discreta

## ABSTRACT

*This paper describes a methodology to design stated preference surveys focus to define users' behaviour when choosing a parking place and we estimate discrete choice models to study that behaviour. To create the survey questionnaire, we used an efficient design minimising the D-error and we estimated logit models which consider systematic and random change in users' taste. Models shows heterogeneity in the perception of the cost of parking, and also, the highest influence of other variable like age of car and possession of residential card.*

*Keywords: parking choice, D-error, discrete choice models*

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los sistemas de aparcamientos dentro de las ciudades ha sido un aspecto altamente estudiado dentro de la movilidad urbana. Sin embargo, gran parte de las investigaciones se han centrado en la implantación de políticas de park pricing o determinación de la disponibilidad al pago (WTP).

En la literatura internacional se encuentran algunos ejemplos de implementación y estudio de políticas de park pricing para corregir la diferencia existente entre demanda y oferta de plazas de aparcamiento como los de Chang *et al.* (2012), Habib *et al.* (2012). En cuanto a la disponibilidad del pago, también se encuentran ejemplos en la literatura internacional como, Ibeas *et al.* (2014), dell'Olio *et al.* (2009), Ahmadi *et al.* (2013).

Sin embargo, la alta concentración de actividades económicas y de población en las ciudades ha generado que las demandas de aparcamiento aumenten en gran medida. Esto ha influido a la vez en el aumento del tráfico y la incomodidad, tanto para los usuarios de vehículos como para los viandantes. Estudios como el de Shoup (2006) indican que cerca de la tercera parte del

tráfico de las ciudades se debe a la búsqueda de aparcamiento. Por ello, es necesario desarrollar un estudio del comportamiento de los usuarios de las diferentes alternativas de aparcamiento para poder desarrollar políticas de aparcamiento que ayuden a reducir la afección del aparcamiento a la movilidad de las ciudades.

El objetivo principal de esta investigación es caracterizar los usuarios de las diferentes alternativas de aparcamiento, así como simular la disposición de los mismos a cambiar de alternativas de aparcamiento. Para la simulación de los escenarios, como novedad se ha tenido en cuenta la disponibilidad actual de las alternativas de aparcamiento en cada una de las zonas de encuesta.

Para lograr el objetivo principal, se han de lograr otros objetivos importantes, como son:

- Definir cuáles son las variables más influyentes en la elección de alternativa de aparcamiento por parte del usuario.
- Tener en cuenta las distintas alternativas de aparcamiento que se han tenido en cuenta son aparcamiento gratuito en la calle (Libre), aparcamiento de pago en la calle (Ola), aparcamiento en parking subterráneo (Subterráneo) y park and ride (P&R).
- Desarrollar una metodología que permita un mayor realismo en la simulación de escenarios de aparcamiento en cada zona de la ciudad, obteniendo los datos de los escenarios ficticios mediante pivoteo de los datos reales del viaje realizado por el conductor.

En esta investigación se va a aplicar un modelo de elección de tipo de aparcamiento al caso de estudio de Santander (Cantabria, España) estudiando los usuarios que aparcan en las zonas de principal interés de la ciudad así como los modos disponibles en dichas zonas.

Los datos de comportamiento de los usuarios de los diferentes tipos de aparcamiento han sido obtenidos de una campaña de encuestas realizada en mayo de 2015 en las principales zonas de aparcamiento. Estos datos han sido utilizados para estimar modelos logit considerando variaciones sistemáticas y aleatorias en los gustos. El modelo obtenido, por tanto, nos permitirá la determinación de los principales factores que influyen en el comportamiento de los usuarios a la hora de elegir un tipo de aparcamiento determinado en la ciudad de Santander.

El documento está estructurado de la siguiente manera: en el epígrafe 2 se ha realizado una revisión literaria de los artículos publicados más relevantes relacionados con el tema de la investigación. En el epígrafe 3 se describe la metodología empleada para la obtención de los datos y variables, así como, el diseño experimental de la encuesta de preferencias declaradas. En el epígrafe 4 se explica el proceso de obtención de datos con la encuesta. En el epígrafe 5 se presentan los resultados de la encuesta y los modelos calibrados para dicha encuesta. Por último, en el epígrafe 6 se presentan las conclusiones más relevantes del estudio.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA INTERNACIONAL (PARKING CHOICE)

La saturación de los sistemas de aparcamiento de las ciudades ha sido uno de los principales efectos que han llevado al empeoramiento del tráfico en las ciudades. Uno de los principales problemas asociados a la saturación de los aparcamientos es el aumento del tiempo de búsqueda de aparcamiento, lo cual influye negativamente en la movilidad de la ciudad. Autores como Shoup (2006), encontraron que en determinados momentos del día en el centro de las ciudades, alrededor del 30% del tráfico se debe a la búsqueda de aparcamiento. Este es un problema que ha influido en el aumento de los niveles de congestión, de las emisiones y de los tiempos de viaje, como han estudiado autores como Box (2004) o por Ukpong *et al.* (2006).

En relación a estos problemas, Hensher y King (2001) estudiaron el comportamiento de los usuarios del CBD de Sídney ante un futuro cambio en la política de estacionamiento (introducción de tarifas y máxima duración del estacionamiento), también Ahmadi *et al.* (2013) estudiaron la disposición que tendrían los usuarios que viajan al CBD de Mashhad (Malasia) de vehículo privado a cambiarse al transporte público, a pie, en función de la tarifa de estacionamiento.

En la misma línea, Washbrook *et al.* (2006) realizaron un estudio para estimar la disponibilidad de los usuarios a compartir coche o al cambio al transporte público, si existiese un carril BUS-VAO y tasas por el estacionamiento; Kuppam *et al.* (1998) estudiaron en el área de Washington D.C. cómo reaccionarían los usuarios ante la introducción de tasas de aparcamiento y la posibilidad de que las empresas diesen a sus empleados pases para el transporte público, también Habib *et al.* (2012) desarrollaron cómo influyen las diferentes políticas de park pricing a la elección del tipo de aparcamiento en los usuarios de la ciudad de Montreal, Canadá. Otros, (Chang *et al.*, 2012) estudiaron como puede ser mitigada la diferencia entre la demanda y la oferta de plazas de estacionamiento aplicando medidas y cambios en la política de estacionamiento. Otros

muchos ejemplos de estudios de los impactos de las políticas de park pricing en la elección de modo de transporte son los de Kuppam *et al.* (1998), Bianco (2000), Shiftan y Burd-Eden (2001) y Kelly y Clinch (2006).

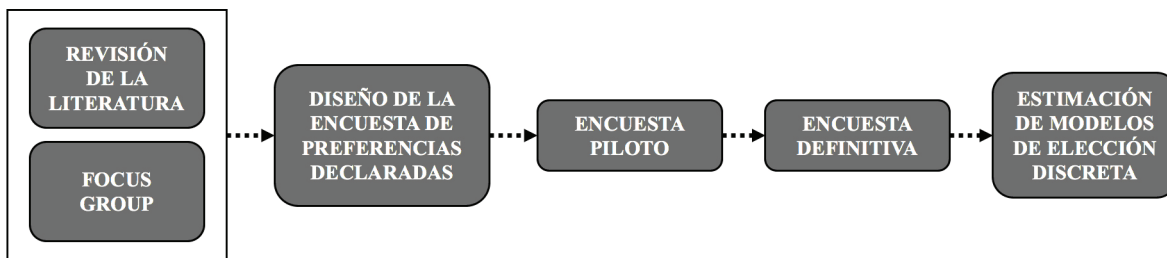
Relacionados con esta investigación nos encontramos los modelos de búsqueda y elección de aparcamiento, los cuales han sido estudiados por autores como Shoup (2006), Hensher y King (2001), Sattayhatewa y Smith (2003) y Guo *et al.* (2013) que han propuesto modelos para predecir la decisión que el usuario va a tomar sobre dónde va a estacionar, teniendo en cuenta la tarifa de estacionamiento, la proximidad al destino, la disponibilidad de transporte público, etc. Todos ellos se basan en el uso de modelos de elección discreta centrados en diseños experimentales de preferencias declaradas (PD). En cambio, estos modelos no tienen en cuenta la disponibilidad de aparcamiento en cada una de las zonas en las que se encuentran los usuarios en el contexto de elección.

Hess y Polak (2004) desarrollaron una investigación del comportamiento de los conductores en la elección de aparcamiento en varias ciudades de Reino Unido usando modelos logit mixto. En esa investigación, encontraron que el tiempo de búsqueda de aparcamiento y el tiempo hasta el destino final contenía variaciones significantes en los gustos; la variación en estos parámetros se debía principalmente al motivo del viaje realizado. Otro ejemplo de los mismos autores, es el artículo de Hess y Polak (2009), donde desarrollaron un modelo en el que entre las alternativas de aparcamiento incluyeron el estudio del aparcamiento ilegal, para mostrar como variaba este en si cambiaban las características de los otros tipos de aparcamiento.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología desarrollada en este artículo consiste en el desarrollo de un proceso de toma de datos, diseño de una encuesta de preferencias declaradas (PD) y estimación de modelos de elección discreta. En la Figura 1 se representa un esquema de las diferentes fases de la metodología empleada en la investigación.

**Figura 1: Esquema de la metodología desarrollada**



Inicialmente se ha desarrollado un grupo focal con usuarios habituales de los diferentes modos de aparcamiento de la ciudad de Santander con el fin de obtener los lugares más significativos de la ciudad para realizar las encuestas así como, para obtener las principales variables que afectan al aparcamiento.

Para la realización de los grupos focales, se reunió a un grupo de conductores habituales en Santander, este grupo estuvo formado por 8 usuarios, número suficiente de usuarios para obtener una idea de las variables más importantes que están presentes a la hora de elegir la alternativa de aparcamiento, como se obtuvo de la experiencia anterior del grupo de investigación en la realización de grupos focales (Ibeas *et al.*, 2010).

Posteriormente, se ha diseñado una encuesta de preferencias declaradas para analizar el uso de los diferentes sistemas de aparcamiento de la ciudad de Santander por los conductores, así como su disposición a cambiarse a otras alternativas existentes en la zona de encuesta, si cambiaran sus características. Mediante la encuesta, también se han caracterizado las principales variables que condicionan a los conductores a la hora de elegir un modo de aparcamiento u otro.

La encuesta PD diseñada, consiste en doce escenarios de elección basados en las siguientes cuatro alternativas:

- Aparcamiento gratuito en la calle (Libre).
- Aparcamiento de pago en la calle (Ola).
- Aparcamiento en parking subterráneo (Subterráneo).
- Park and Ride (P&R).

En la ciudad de Santander, actualmente, existen las alternativas Libre, Ola y Subterráneo, sin embargo, aunque la alternativa Park&Ride no existe actualmente se ha tenido en cuenta. Esta alternativa no aparece disponible para todos los usuarios, ya que solo aparece como alternativa disponible a los usuarios cuyo lugar de residencia es fueran de la ciudad de Santander y están realizando un viaje cuyo origen está fuera de Santander.

El experimento diseñado para llevar a cabo con la encuesta de preferencias declaradas PD estará compuesto por las variables que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1: Variables usadas para el diseño del experimento**

| Variable   | Abreviatura | Alternativas en la que aparecen |     |             |           |
|--|-------------|---------------------------------|-----|-------------|-----------|
|  |             | Libre                           | Ola | Subterráneo | Park&Ride |
| Tarifa   | TAR         |                                 | X   | X           | X         |
| Tiempo hasta destino final                         | TD          | X                               | X   | X           | X         |
| Tiempo de búsqueda de aparcamiento                 | TBU         | X                               | X   |             | X         |
| Tiempo de estacionamiento máximo permitido         | TMAX        |                                 | X   |             | X         |
| Anchura de las plazas de aparcamiento              | APLS        |                                 |     | X           |           |
| Hora de llegada a destino en función de la deseada | EA,LA       | X                               | X   | X           | X         |

Para el diseño de los escenarios de la encuesta PD se ha aplicado el diseño la técnica del D-Error (Rose y Blimer, 2009), obteniéndose 12 escenarios que se han dividido en dos bloques de 6 para que la encuesta fuese más fácil de gestionar de cara a los encuestados que normalmente no disponen de mucho tiempo para contestar a 12 escenarios. En función de la zona en la que se ha realizado la encuesta, los conductores tienen disponibles unas alternativas de aparcamiento u otras, las alternativas de aparcamiento ficticias a mostrar a cada uno de los conductores en función de la zona se han creado a partir de la variación de las características del viaje realizado. Por ello, las alternativas a mostrar varían en función de la tarifa, el tiempo de búsqueda, el tiempo de estacionamiento y el lugar de residencia.

En la Tabla 2 se muestran los niveles de variación de cada una de las variables usadas en la encuesta definitiva diseñada. Como se observa en la Tabla 2, para los casos de los valores de Tiempo de búsqueda (TBU) y Tiempo a destino (TD) los valores mostrados en el escenario eran resultantes de la multiplicación de los factores mostrados por el tiempo que el usuario había expresado en el viaje realizado.

Para elegir las variables que definen la encuesta y sus niveles de variación correspondiente, hemos tenido en cuenta la experiencia previa del grupo de investigación en este campo (dell'Olio *et al.*, 2009), (Ibeas *et al.*, 2011), así como, el análisis del trabajo llevado a cabo en los grupos focales que han sido realizados y mediante la revisión de la literatura.

Con el fin de optimizar los resultados obtenidos en la encuesta a realizar, se llevó a cabo una primera encuesta piloto. Los objetivos principales de esta encuesta piloto fueron:

- Analizar el correcto funcionamiento de la encuesta y su correcta comprensión.
- Comprobar que la encuesta estaba diseñada correctamente para lograr los objetivos de la investigación.
- Optimizar los parámetros a priori de la encuesta piloto para obtener parámetros más robustos para el diseño de la encuesta definitiva.

El número de encuestas definitivas realizadas fueron determinadas después del diseño de la encuesta definitiva, ya que el diseño se llevó a cabo usando el software NGENE, software que permite calcular el S-estimate que permite determinar para cada parámetro el número mínimo de encuestas necesarias. De esta forma se determina el número de encuestas necesarias utilizando el valor del S-estimate más crítico para cada una de las diferentes alternativas de aparcamiento. Así, tras el diseño definitivo se obtuvo que para la alternativa de aparcamiento Libre eran necesarias la realización de 80 encuestas, mientras que para las alternativas Ola y Subterráneo bastaban con 60 encuestas.

**Tabla 2: Variables de la encuesta y niveles de variación**

| Variable                                 | Libre |                                     | Ola   |                                     | Subterráneo |                                     | Park&Ride |                                     |
|--|-------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
|  | Nivel | Valores                             | Nivel | Valores                             | Nivel       | Valores                             | Nivel     | Valores                             |
| Tarifa                                   | -     | -                                   | 4     | €0,30 / €0,60 / €0,90 / €1,20       | 4           | €0,60 / €0,90 / €1,20 / €1,50       | 4         | €1,50 / €2,00 / €2,50 / €3,00       |
| Tiempo de Búsqueda                       | 4     | TBU / 2*TBU / 3*TBU / 4*TBU         | 4     | 0 / 0,25*TBU / 0,50*TBU / TBU       | -           | -                                   | 4         | 0 min / 2 min / 4 min / 8 min       |
| Tiempo a destino                         | 4     | TD / 1,50*TD / 2*TD / 2,50*TD       | 4     | 0 / 0,50*TD / TD / 1,50*TD          | 4           | 0 / 0,50*TD / TD / 1,50*TD          | 4         | 0 / 0,50*TD / TD / 1,50*TD          |
| Tiempo de estacionamiento máximo         | -     | -                                   | 4     | 1 h / 2 h / 4 h / 8 h               | -           | -                                   | 4         | 4 h / 8 h / 12 h / 24 h             |
| Información                              | -     | -                                   | -     | -                                   | -           | -                                   | 2         | Plazas libre / Ocupación máxima     |
| Ancho de las plazas                      | -     | -                                   | -     | -                                   | 2           | Plazas amplias / Plazas justas      | -         | -                                   |
| Hora de llegada en relación a la deseada | 4     | -15 min / -5 min / +5 min / +15 min | 4     | -15 min / -5 min / +5 min / +15 min | 4           | -15 min / -5 min / +5 min / +15 min | 4         | -15 min / -5 min / +5 min / +15 min |

\*TBU: Tiempo de búsqueda de aparcamiento encuestado al usuario en el viaje que acababa de realizar.

\*TD: Tiempo a destino de aparcamiento encuestado al usuario en el viaje que acababa de realizar.

Los encuestados fueron interceptados en la calle o a la salida de los parkings (en el caso de parkings subterráneos) en cada una de las zonas en las que se llevaron a cabo encuestas. El momento elegido para preguntar a los usuarios fue cuando habían acabado de aparcar.

Para solventar la dificultad de encuestar una muestra aleatoria de conductores en cada zona a realizar la encuesta, a cada encuestador se le asignó un tramo de calle de cada zona y debía encuestar a uno de cada tres conductores que aparcaban.

#### 4. OBTENCIÓN DE LOS DATOS

Se han llevado a cabo 223 encuestas en las principales zonas de aparcamiento de la ciudad, Figura 2. Estas zonas para la realización de las encuestas, han sido elegidas mediante un análisis de los principales destinos de los usuarios de transporte privado. Con todo ello, se han obtenido cinco grandes zonas de la ciudad en las que realizar las encuestas, teniendo cada una de estas zonas más de uno de los diferentes modos de aparcamiento disponibles en la ciudad, aparcamiento gratuito en la calle (Libre), aparcamiento de pago en la calle (Ola) y aparcamiento en parking subterráneo (Subterráneo).

Las alternativas de aparcamiento disponibles de aparcamiento que se han tenido en cuenta en cada una de las zonas para la posterior creación de los escenarios a mostrar en función de dichos modos, se muestran en la Tabla 3. Cabe destacar, que la alternativa Park&Ride solo estaba disponible en el caso de que el encuestado fuera no residentes y su viaje tuviese el origen fuera de la ciudad.

Para llevar a cabo la encuesta, ha sido diseñada una aplicación móvil (plataforma Android) con la cual de una forma clara y concisa se ha presentado la encuesta a las personas encuestadas. La utilización de la aplicación se debió principalmente a que mediante esta, se pudieron calcular automáticamente las alternativas a mostrar pivotando los valores respecto a los datos proporcionados por el encuestado en la caracterización del viaje que acababa de realizar. La primera parte de la encuesta se centra en la caracterización del usuario, posteriormente se realizan las preguntas de caracterización del viaje, usadas para la posterior generación de alternativas a mostrar.

Figura 2: Localización en Santander de los puntos de la encuesta



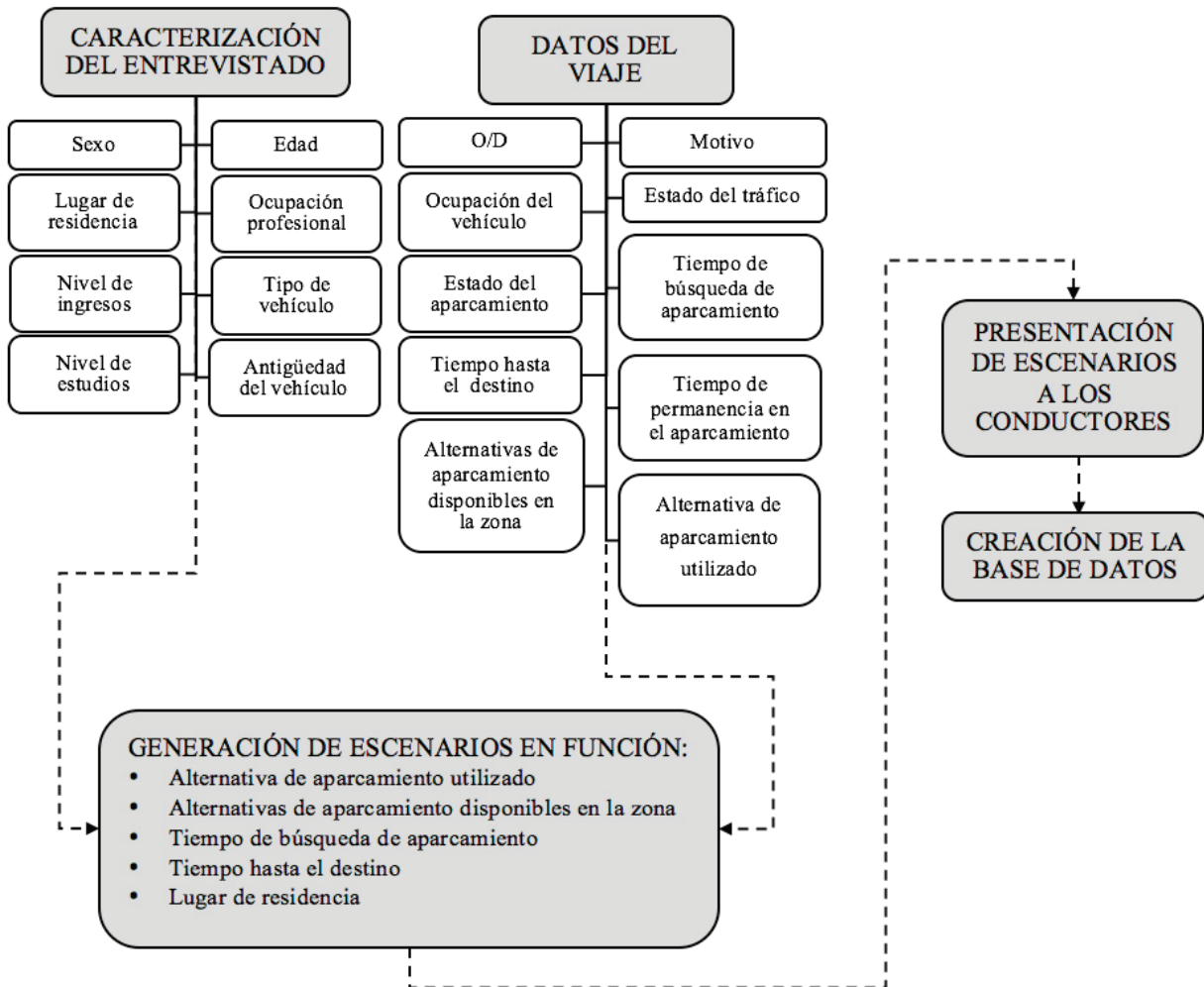
Tabla 3: Modos de aparcamiento disponibles en cada una de las zonas de encuesta

| Zona de encuesta | Alternativas de elección disponibles en cada zona |     |             |
|------------------|---|-----|-------------|
|                  | Libre   | Ola | Subterráneo |
| Zona 1           | X   | X   | X           |
| Zona 2           |   | X   | X           |
| Zona 3           |   | X   | X           |
| Zona 4           | X   | X   |             |
| Zona 5           | X   | X   |             |

Por último, al encuestado se le muestran los escenarios, mostrándose estos, de dos en dos, el escenario realizado en ese viaje por el usuario y los escenarios hipotéticos posibles, con el fin de simplificar la realización de la encuesta. Se pudo observar, que para los encuestados era más fácil elegir entre dos escenarios varias veces, que una sola vez entre más escenarios, ya que, exponiéndoselo de dos en dos, apreciaba mejor todas las variables de cada escenario y además, se permite llevar a cabo el ranking entre las diferentes alternativas de elección disponibles a cada usuario.

En la Figura 3, se muestra un gráfico explicativo del funcionamiento de la aplicación desarrollada para la realización de la encuesta:

**Figura 3: Esquema de funcionamiento de la aplicación desarrollada para la realización de la encuesta**



En la encuesta, el tiempo que tardaban en realizar la maniobra de aparcamiento, no fue preguntado ya que en comparación con los demás tiempos preguntados era muy poco significativo. Además, en el modo de aparcamiento subterráneo, se ha supuesto tiempo de búsqueda de aparcamiento igual a cero, ya que en el grupo focal realizado se observó que los usuarios de parkings subterráneos consideraban dicho tiempo nulo.

## 5. RESULTADOS Y MODELOS ESTIMADOS

El mejor modelo logit considerando variaciones sistemáticas y aleatorias en los gustos estimados considera cuatro alternativas de elección diferentes para cada uno de los modos de aparcamiento estudiados: Libre, Ola, Subterráneo y Park&Ride. Para la estimación del modelo, se han considerado interacciones entre las variables indicativas de los escenarios y las variables socioeconómicas. Asimismo, algunos los parámetros asociados a las variables han sido estimados como aleatorios, para mejorar la estimación.

Las siguientes variables han sido encontradas como significativas para introducirlas en el modelo:

- **TBU:** Tiempo de búsqueda de aparcamiento (parámetro específico en Libre y Ola).
- **TD:** Tiempo hasta el destino del viaje (parámetro específico en Libre, Ola, Subterráneo y Park&Ride).
- **TAR:** Tarifa del aparcamiento (parámetro específico en Ola, Subterráneo y Park&Ride)
- **TR:** Posesión de tarjeta de residente en otra zona distinta a la de aparcamiento (parámetro específico de Ola).
- **TMAX:** Tiempo máximo permitido de estacionamiento (parámetro específico de Ola y Park&Ride).
- **LA:** Variable referente a llegar tarde y aparcar en subterráneo (parámetro específico de Subterráneo).
- **AGEC:** Edad del vehículo menor de 3 años (parámetro específico de Subterráneo).
- **TSAN:** Interacción de la tarifa y la variable de residentes en Santander (Variable especificada solo para la alternativa subterráneo).
- **CO:** Constante específica de la alternativa Ola.
- **CS:** Constante específica de la alternativa Subterráneo.
- **CM:** Constante específica de la alternativa Park&Ride.

En la Tabla 4 se muestra la composición de la muestra de conductores encuestados durante la realización de la encuesta. Dicha tabla, muestra la composición global de todos los usuarios encuestados y además, para obtener una mejor caracterización de los usuarios de cada una de las alternativas, se ha disgregado dicho análisis en función de la alternativa de aparcamiento elegida.

**Tabla 4: Análisis estadístico de los datos**

| Composición de la muestra |                    |                    |                   |                 |                         |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|
|                           |                    | Todos los usuarios | Usuarios de Libre | Usuarios de OLA | Usuarios de Subterráneo |
| Género                    | Masculino          | 58%                | 63%               | 49%             | 58%                     |
|                           | Femenino           | 42%                | 37%               | 51%             | 42%                     |
| Edad                      | <24                | 14%                | 20%               | 9%              | 10%                     |
|                           | 25-34              | 18%                | 16%               | 25%             | 15%                     |
|                           | 35-44              | 27%                | 28%               | 26%             | 28%                     |
|                           | 45-54              | 19%                | 16%               | 17%             | 25%                     |
|                           | 55-64              | 13%                | 13%               | 14%             | 12%                     |
|                           | >65                | 8%                 | 6%                | 9%              | 10%                     |
| Lugar de residencia       | Santander          | 46%                | 46%               | 66%             | 52%                     |
|                           | Fuera de Santander | 54%                | 54%               | 34%             | 48%                     |
| Nivel de ingreso          | <900               | 25%                | 29%               | 18%             | 25%                     |
|                           | 900-1500           | 23%                | 17%               | 25%             | 30%                     |
|                           | 1500-2500          | 20%                | 21%               | 17%             | 22%                     |
|                           | >2500              | 3%                 | 1%                | 2%              | 7%                      |
|                           | Ns/nc              | 30%                | 32%               | 38%             | 17%                     |
| Tamaño de la muestra      |                    | 223                | 98                | 65              | 60                      |

Las funciones de utilidad usadas para estimar el modelo de elección de aparcamiento se muestra a continuación:

$$U(\text{Lib}) = \alpha_{\text{tbul}} \cdot \text{TBU} + \alpha_{\text{tal}} \cdot \text{TD} / \quad (1)$$

$$U(\text{Ola}) = \text{co} + \alpha_{\text{tr}} \cdot \text{TR} + \alpha_{\text{taro}} \cdot \text{TAR} + \alpha_{\text{tbuo}} \cdot \text{TBU} + \alpha_{\text{tmaxo}} \cdot \text{TMAX} / \quad (2)$$

$$U(\text{Sub}) = \text{cs} + \alpha_{\text{agec}} \cdot \text{ANT}_3 + \alpha_{\text{tsans}} \cdot \text{TSAN} + \alpha_{\text{tars}} \cdot \text{TAR} + \alpha_{\text{tas}} \cdot \text{TD} + \alpha_{\text{ls}} \cdot \text{LA} / \quad (3)$$

$$U(\text{P\&R}) = \text{cm} + \alpha_{\text{tarc}} \cdot \text{TAR} + \alpha_{\text{tac}} \cdot \text{TD} + \alpha_{\text{tmaxc}} \cdot \text{TMAX} \quad (4)$$



Tabla 5: Modelo estimado

| Variable   | Coficiente | Test-t    |
|--|------------|-----------|
| Parámetros aleatorios en la función de utilidad                      |            |           |
| $\alpha_{\text{taro}}$   | -0,677     | -5,322    |
| $\alpha_{\text{tars}}$   | -0,456     | -3,221    |
| Parámetros NO aleatorios en la función de utilidad                   |            |           |
| $\alpha_{\text{tbul}}$   | -0,046     | -8,109    |
|  | -0,081     | -4,823    |
| CO   | -1,313     | -5,388    |
| $\alpha_{\text{tr}}$   | 0,701      | 2,009     |
| $\alpha_{\text{tbuo}}$   | -0,063     | -5,688    |
| $\alpha_{\text{tmaxo}}$  | 0,087      | 3,322     |
| CS   | -0,748     | -2,520    |
| $\alpha_{\text{agec}}$   | 0,518      | 1,573     |
| $\alpha_{\text{tds}}$  | -0,116     | -3,734    |
| $\alpha_{\text{ls}}$   | 0,056      | 3,680     |
| CM   | -1,946     | -3,463    |
| $\alpha_{\text{tarc}}$   | -0,363     | -1,803    |
| $\alpha_{\text{tdc}}$  | -0,066     | -2,286    |
| $\alpha_{\text{tmaxc}}$  | 0,020      | 1,404     |
| Interacciones de parámetros aleatorios con variables socioeconómicas |            |           |
| $\alpha_{\text{tsans}}$  | -0,787     | -3,107    |
| Desviación de la distribuciones de los parámetros aleatorios         |            |           |
| NsTaro   | 0,904      | 6,504     |
| NsTars   | 0,996      | 6,200     |
|  |            |           |
| Logverosimilitud   |            | -1116,434 |
| Logverosimilitud (Sólo Constantes)                                   |            | -1339,495 |

Los modelos han sido estimados mediante NLOGIT, además, mediante el modelo logit considerando variaciones sistemáticas y aleatorias en los gustos podemos introducir variaciones de elección, en caso de existir, para lograr una mejor definición de cada alternativa de aparcamiento. Por ello, nos permite trabajar con parámetros aleatorios en el modelo ( $\alpha_{\text{taro}}$  y  $\alpha_{\text{tars}}$ ) y con interacciones entre las variables de los escenarios y variables socioeconómicas ( $\alpha_{\text{tsans}}$ ).

Los parámetros  $\alpha_{\text{taro}}$  y  $\alpha_{\text{tars}}$  presentan distribuciones aleatorias. Esto representa la heterogeneidad en la población de la percepción de estas variables, lo cual se corroboró durante la realización de la encuesta.

- Tarifa de los aparcamiento de ola ( $\alpha_{\text{taro}}$ ).
- Tarifa de los aparcamientos subterráneo ( $\alpha_{\text{tars}}$ ).

Para estos parámetros, se ha encontrado que la distribución normal representa bien la situación en estudio; lo cual, también ha sido corroborado con análisis de investigaciones en otras áreas de estudio (Sillano y Ortúzar, 2005).

Con el fin de analizar la aleatoriedad de la variables tarifa de los aparcamientos subterráneos, se ha realizado la interacción de dicha variable con la variable socioeconómica que representa la residencia en Santander (SAN), resultando la variable de interacción TSANS. Esta variable ha resultado significativa y negativa, lo cual representa la falta de disposición de los residentes a aparcar en dichos aparcamientos subterráneos.

La variable específica TR aparece únicamente para los usuarios del modo de aparcamiento Ola, lo cual significa la disposición de tarjeta de residentes para poder estacionar de forma ilimitada en otra zona distinta a la que estaba estacionado en el momento de la encuesta. Tras el análisis de dicha variable, se obtiene que los usuarios de aparcamiento Ola en la zona de su domicilio, están más dispuestos a aparcar en Ola cuando se desplazan a otra zona distinta a la de su residencia.

En lo que se refiere a la alternativa de aparcar en subterráneo, se observa que la variable LA cuyo parámetro específico de subterráneo es  $\alpha_{als}$ , resulta significativa y positiva. Esta variable (LA) nos indica la utilidad de aparcar en subterráneo en caso de llegar tarde respecto de la hora prevista de llegada. Por lo tanto, el hecho de que sea positiva y significativa nos indica que los usuarios ven el aparcamiento subterráneo como una buena opción en el caso de llegar tarde a su destino.

En el caso de la alternativa de aparcamiento Ola, se aprecia en el modelo que el parámetro  $\alpha_{tmaxo}$ , el cual hace referencia al tiempo máximo de estacionamiento permitido, es positivo y significativo, ya que los usuarios son más propensos a usar este modo en el caso de que se aumente el tiempo máximo permitido.

## 6. CONCLUSIONES

Esta investigación está dirigida a desarrollar una metodología aplicable para comprender el comportamiento de los usuarios a la hora de elegir la alternativa de aparcamiento a utilizar así como las características que más influyen en dicha elección.

El diseño de la encuesta, mediante la creación de los escenarios pivoteando los datos a partir de las características (tarifa, el tiempo de búsqueda, el tiempo de estacionamiento y el lugar de residencia) del viaje realizado por el usuario, ha permitido un mayor realismo en la generación de los escenarios. Esto se debe a que no se tratan de escenarios fijos sino que los escenarios se adaptan a las características del viaje realizado por cada usuario.

Por otro lado, el hecho de haber tenido en cuenta las alternativas de aparcamiento disponibles en cada una de las zonas de encuesta, permite caracterizar cómo es el comportamiento de los usuarios a la hora de elegir entre las alternativas de aparcamiento existentes.

Los resultados de la investigación aportan información acerca de la importancia de la tarifa de los aparcamientos y del tiempo de búsqueda de los mismos a la hora de elegir una alternativa u otra, ya que como podemos observar en el modelo, son las variables con un mayor valor del test-t.

El tiempo de búsqueda, tanto para Libre y Ola, con sus parámetros específicos, presenta una alta significatividad, lo cual detalla la importancia para los usuarios de esta variable. En el caso de subterráneo, como se ha explicado anteriormente, no se ha tenido en cuenta este dato ya que en la encuesta piloto se observó que era muy insignificante para los conductores.

Como resultado relevante, se observa la mayor disposición de los no residentes a aparcar en los parkings subterráneos respecto a los residentes, lo cual explica que los no residentes son más propensos a pagar por aparcar que los residentes, esto principalmente se debe a que suelen realizar viajes con menor frecuencia.

Es importante destacar también la importancia de la hora de llegada en el momento de elegir alternativa de aparcamiento. En el modelo se aprecia que en caso de llegar tarde a su destino, los conductores se deciden por aparcar en los parkings subterráneos, ya que, aun teniendo una tarifa superior, la posibilidad de aparcar es mucho mayor que en las otras alternativas de aparcamiento.

Como conclusión general, esta investigación describe una metodología a aplicar para el estudio del comportamiento de los usuarios de las ciudades a la hora de elegir alternativa de aparcamiento entre las alternativas existentes y la alternativa Park&Ride (no existente), usando encuesta de preferencias declaradas.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación y el desarrollo de la futura investigación son posibles gracias a la financiación por parte del Ministerio de Economía y Competitividad de España del proyecto de referencia TRA2013-48116-R.

Igualmente, para el desarrollo de esta investigación son de gran importancia los datos obtenidos en el proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España cofinanciado con fondos del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) para el cuya referencia es TRA2012-37659.

## REFERENCIAS

Ahmadi Azari, K., Arintono, S., Hamid, H. y Rahmat, R.A.O.K. (2013) Modelling demand under parking and cordon pricing policy. **Transport Policy**, 25, 1-9.

Bianco M.J. (2000) Effective transportation demand management – combining parking pricing, transit incentives, and transportation management in a commercial district of Portland, Oregon. High-Occupancy. **Vehicle Systems and Demand Management**, 1711, 46–54.

Box, P.C. (2004) Curb-parking problems: Overview. **Journal of Transportation Engineering**, 130(1), 1–5.

Chang, F., Xie, B., y Wang, Z. (2012) Simulation study of parking choice behaviour based on multi-agent. **Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering)**, 36(6), 1283-1287.

Dell’Olio, L., Ibeas, A. y Moura, J.L. (2009) Paying for parking: improving stated-preference surveys. **Proceedings of the ICE-Transport**, 162(1), 39-45.

Guo, L., Huang, S., Zhuang, J. y Sadek, A.W. (2013) Modelling parking behaviour under uncertainty: A static game theoretic versus a sequential neo-additive capacity modelling approach. **Networks and Spatial Economics**, 13(3), 327-350.

Habib, K.N., Morency, C. y Trépanier, M. (2012) Integrating parking behaviour in activity-based travel demand modelling: Investigation of the relationship between parking type choice and activity scheduling process. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 46(1), 154-166.

Hensher, D. A. y King, J. (2001) Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney central business district. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 35(3), 177-196.

Hess, S. y Polak, J. W. (2004) Mixed Logit estimation of parking type choice. 83rd TRB Annual Meeting, Washington, D.C. (pp. 561-582).

Hess, S. y Polak, J. W. (2009) Mixed Logit modelling of parking type choice behaviour. En Sloboda, B. (Ed), **Transportation Statistics**, JD Ross Publishing, Fort Lauderdale Florida, 77-102

Ibeas, A., dell’Olio, L., y Barreda, R. (2010) Citizen Involvement in Promoting Sustainable Mobility. **Journal of Transport Geography**, 19 (4), 475-487.

Ibeas, A., Cordera, R., dell’Olio, L. y Moura, J.L. (2011) Modelling demand in restricted parking zones. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 45(6), 485-498.

Ibeas, A., Dell’Olio, L., Bordagaray, M. y Ortúzar, J. de D. (2014) Modelling parking choices considering user heterogeneity. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 70, 41-49.

Kelly, J.A. y Clinch, J.P. (2006) Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. **Transport Policy**, 13(6), 487-495.

Kuppam, A.R., Pendyala, R.M., y Gollakoti, M.A.V. (1998) Stated response analysis of the effectiveness of parking pricing strategies for transportation control. **Transportation Research Record** (1649), 39-46.

- Rose, J.M. y Bliemer, M.C.J. (2009) Constructing efficient stated choice experimental designs. **Transport Reviews** 29, 587–617.
- Sattayhatewa, P. y Smith jr., R.L. (2003) Development of parking choice models for special events. **Transportation Research Record** (1858), 31-38.
- Shiftan Y. y Burd-Eden R. (2001) Modeling response to parking policy. **Transportation Research Record** 1765, 27–34.
- Sillano, M. y Ortúzar, J. de D. (2005) Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: some new evidence. **Environment and Planning A**, 37(3), 525-550.
- Shoup, D.C. (2006). Cruising for parking. **Transport Policy**, 13(6), 479-486.
- Ukpong, I., Dissanayake, D., y Zhang, B. (2006) Development of a micro-simulation traffic model to investigate on-street parking and its impacts on sustainable environments: A case study in the city of Newcastle upon Tyne. 13th ITS World Congress, London, Toronto, Canada.
- Washbrook, K., Haider, W., y Jaccard, M. (2006) Estimating commuter mode choice: A discrete choice analysis of the impact of road pricing and parking charges. **Transportation**, 33(6), 621-639.
- Yousif, S. y Purnawan, S. (1999) On-street parking: Effects on traffic congestion. **Traffic Engineering Control**, 40 (9), 424–427.