

Valoración de Accidentes en Carreteras: Un Enfoque de Preferencias Declaradas

Luis Ignacio Rizzi y Juan de Dios Ortúzar

Departamento de Ingeniería de Transporte

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Cod. 105, Santiago 22, Chile

Tel: 686 4822; Fax: 553 0281; e-mail: jos@ing.puc.cl

Resumen

En este trabajo se considera el problema de valoración de accidentes en carreteras desde la perspectiva de obtener disposiciones al pago individuales mediante el enfoque de preferencias declaradas. En primer lugar se demuestra teóricamente la validez de obtener un valor para la vida (el así llamado valor de la vida estadística) a partir de las preferencias individuales. En segundo lugar, se describe un novedoso experimento de preferencias declaradas para elección de ruta que incorpora de forma apropiada la variable riesgo de accidentes. Finalmente, con los datos de una encuesta piloto recolectada a principios de 1999 se estima modelos de tipo logit que permiten derivar disposición a pagar por reducción de accidentes y valores subjetivos del tiempo. A partir de estos resultados se deriva valores de la vida estadística y se discute su validez. Se concluye que a pesar del reducido tamaño muestral, tanto el método como los valores obtenidos parecen consistentes con el estado del arte a escala internacional.

1 Introducción

Una de las consecuencias más lamentables de los sistemas de transporte es el número de muertes que se producen en la etapa de operación de los mismos. En el período septiembre 1994 – julio 1997 se produjo 2.411 muertes en accidentes de tránsito en todas las rutas del país (Cisneros, 1998). ¿Cómo puede mejorarse la seguridad en infraestructura vial? Una posibilidad es su tratamiento en forma explícita en evaluación social de proyectos de transporte. Esto se hace en la mayor parte de los países desarrollados y en la mayoría de los casos se recurre a valores derivados mediante el método del capital humano; este consiste en llevar los ingresos futuros de la víctima de edad promedio de un accidente fatal de tránsito a valor presente. No obstante, tal como en el caso de valores del tiempo, los economistas recomiendan estimar el valor de la vida a partir de las preferencias subjetivas de los individuos: la disposición al pago por disminuir lo que consideran su riesgo de muerte. Cuando el valor de la vida se determina a partir de estas preferencias, recibe el nombre de valor de la vida estadística (VVE).

En varios países ya es una práctica usual considerar el VVE en evaluación de proyectos de transporte. Estos incluyen el Reino Unido, Suecia, Nueva Zelanda y Estados Unidos. Pasar a utilizar el VVE en lugar de los valores derivados con el método del capital humano, se tradujo en un notorio incremento del valor asignado a la prevención de accidentes fatales y accidentes graves y, por lo tanto, las inversiones en seguridad vial comenzaron a ser socialmente más rentables.

En el Reino Unido (por ejemplo) dicho valor ha sido establecido a partir del uso de técnicas de cuestionario, principalmente metodologías de valoración contingente y apuesta estándar. Todos estos métodos se describen en Rizzi *et al* (1999). Uno de los métodos menos utilizados ha sido el de preferencias declaradas. La ventaja de este enfoque respecto a los anteriores, en nuestra opinión, es que se logra un mayor realismo y por ende mejores resultados.

Preocupados por la ausencia de valoraciones para efectos externos en transporte en Chile, y para probar estas ideas en terreno, se ha estado trabajando desde 1997 en un proyecto financiado por FONDECYT que contempla la participación de investigadores de dos universidades chilenas y de la Universidad de Cardiff del Reino Unido. En este trabajo se reporta los resultados preliminares obtenidos para el caso de accidentes viales mediante una encuesta piloto diseñada y aplicada en Santiago a principios de este año.

El resto del trabajo tiene la siguiente estructura. En la sección 2 se introduce el concepto de valor de la vida estadística desde un punto de vista microeconómico y en la sección 3 se documenta un caso de estudio de preferencias declaradas. Las conclusiones se dejan para la última sección. Todos los resultados obtenidos hasta ahora son de carácter preliminar, pues se basan en una encuesta piloto que no tiene ni el tamaño o el grado de aleatoriedad suficientes como para generalizarlos. Sin embargo, son aleccionadores en varios sentidos como se discute a continuación.

2 Un Enfoque para Obtener Valores Monetarios de la Vida Humana - el Valor de la Vida Estadística

En esta sección se introducirá el concepto de VVE desde un punto de vista microeconómico¹, siguiendo a Jones Lee (1994). Para ello se debe suponer la existencia de un bien de consumo generalizado (x) y un riesgo de carácter público (por ejemplo, accidentes viales en una ruta) cuya percepción individual es $\sigma^i(v)$. La función de utilidad del individuo i :

$$U^i(x, \sigma^i(v)), \quad i = 1, \dots, n$$

depende del consumo del bien x y de su percepción del riesgo; ésta es una función de las vidas salvadas (v), o mejor dicho de las muertes evitadas. Para simplificar el análisis, se supone que el costo unitario de cada accidente fatal evitado es constante e igual a c unidades monetarias.

Puesto que el riesgo es de carácter público, interesa el gasto total (g) que se realiza en mitigarlo. Este viene dado por la suma de los aportes de todas las personas afectadas por dicho riesgo, t_i , de manera que:

$$\sum_i t_i = c * v = g$$

En general se asume que $\partial U^i / \partial x \geq 0$; $\partial U^i / \partial \sigma^i \leq 0$ ²; $d\sigma^i / dg \leq 0$.

Incorporando la restricción presupuestaria dentro de la función de utilidad se tiene, sin pérdida de generalidad, la siguiente expresión:

$$U^i(I - t^i, \sigma^i(v)), \quad \text{para } i = 1, \dots, n$$

La determinación del nivel óptimo de gasto g , implica maximizar una función de bienestar social resultante de una suma ponderada de las funciones de utilidad individuales, donde los términos b^i representan los ponderadores individuales³:

$$\text{Max}_{t_i, v} \sum_i b^i U^i [I - t_i, \sigma^i(v)]$$

$$\text{sujeto a } \sum_i t^i = g$$

A partir de esto se obtienen las siguientes condiciones de primer orden⁴ respecto a t^i y v :

¹ En Rizzi *et al* (1999) se define el valor de la vida estadística dentro de un contexto de equilibrio general, en el que existe un variado número de riesgos y se discute una serie de resultados interesantes.

² Un cambio en σ debe ser interpretado como un cambio en la probabilidad de percepción del riesgo de accidentes fatales.

³ Para la interpretación de estos ponderadores ver Gálvez y Jara Diaz (1995).

⁴ Se supone la existencia de soluciones interiores y que se verifican las condiciones de segundo orden.

$$b^i \frac{\partial U^i}{\partial I} = \lambda, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$\sum_i b^i \frac{\partial U^i}{\partial \sigma^i} \frac{d\sigma^i}{dv} = \lambda c \quad (2)$$

Dividiendo por (1) en (2), se puede derivar el siguiente resultado estándar en análisis de bienes públicos (Varian, 1994, pág. 419) adaptado a nuestro caso:

$$- \sum_i m^i \frac{d\sigma^i}{dv} = c \quad (3)$$

esto es, la suma ponderada de las tasas marginales de sustitución entre ingreso y percepción de riesgo para el individuo i (m^i) igualan al costo marginal, donde:

$$m^i = - \frac{\frac{\partial U^i}{\partial \sigma^i}}{\frac{\partial U^i}{\partial I^i}} = \frac{dI}{d\sigma^i} \quad (4)$$

En particular, se tendrá que una política pública salva *una* vida estadística cuando se cumple que

$$\sum_i \frac{d\sigma^i}{dv} = -1$$

Si, además, se hace el siguiente supuesto: $\frac{d\sigma^i}{dv} = -\frac{1}{n}$, $\forall i$, es decir, todos los individuos perciben el riesgo de igual forma, se tiene la siguiente expresión para el VVE:

$$\frac{1}{n} \sum_i m^i = c = \text{VVE}, \quad (5)$$

Así, el valor de la vida es igual al promedio poblacional de las tasas marginales de sustitución entre ingreso y riesgo.

Analicemos con un poco más de detenimiento el significado de los términos m^i , descritos por la ecuación (4). Con referencia a bienes públicos, dicha expresión corresponde a un precio de Lindhal (Varian, 1992, pág. 426), el precio implícito asignado a su vida por el individuo i . El promedio poblacional de dichos precios es el VVE. Alternativamente (5) podría escribirse de esta manera:

$$\frac{1}{n} \sum_i \frac{dI^i}{d\sigma} = \sum_i dI^i = VVE, \quad (6)$$

siempre que $d\sigma^i$ sea igual a $1/n$ para todos los individuos. En consecuencia el VVE equivale a la suma de los aportes poblacionales. Por lo tanto, si se supone una población de un millón de habitantes basta que en promedio las disposiciones a pagar sean igual a un dólar para que el VVE sea un millón de dólares. Es importante notar que en ningún momento se sostiene que una persona está dispuesta a pagar un millón de dólares por evitar su propia muerte.

Un ejemplo ayudará a comprender la idea de un precio implícito por la vida desde el punto de vista individual. Supongamos un individuo que maximiza una función de utilidad esperada del tipo Von Neuman – Morgesten:

$$\Psi(I, \sigma) = (1 - p) U(I) + p U(0) \quad (7)$$

La tasa marginal de sustitución entre ingreso y riesgo de muerte viene dada por la siguiente expresión:

$$TMS_{I,r} = \frac{dI}{dp} = \frac{U(I)}{(1-p)U'(I)} \quad (8)$$

Así, si por ejemplo $U(\cdot) = I^{1/2}$, $p = 0.001$ e $I = \text{US\$ } 50.000$, entonces el precio implícito de la vida de este individuo sería $TMS_{I,r} = \text{US\$ } 100.103$, claramente superior a su ingreso. Notar que si el individuo es propenso al riesgo, con $U(\cdot) = I^2$, entonces su precio implícito de la vida sería $\text{US\$ } 25.025$, para las mismas condiciones.

Lamentablemente el mecanismo de mercado falla a la hora de asignar bienes públicos. Una alternativa para determinar el promedio poblacional de la disposición al pago es la utilización de una encuesta tipo referéndum o un ejercicio de elecciones declaradas, en las que un individuo es colocado en una situación hipotética de elección. Si estas situaciones de elección son diseñadas apropiadamente (ver Rizzi, 1998), se reducen significativamente los incentivos a no declarar las verdaderas preferencias.

Supongamos la existencia de dos proyectos para mejorar un camino, cada uno caracterizado por un costo (g_j), un nivel de riesgo y otros atributos representados por el vector q_j . El problema de optimización individual consiste simplemente en elegir aquella opción que reporta mayor utilidad, y la utilidad de cada opción viene dada por la expresión:

$$V_j(I - g_j; \sigma(v_j); q_j)$$

Este tipo de situaciones pueden analizarse bajo el enfoque de las elecciones discretas – utilidad aleatoria (ver Ortúzar y Willumsen, 1994, capítulo 7) y es lo que procedemos a reportar en el resto del trabajo.

3 Encuesta de Preferencias Declaradas

3.1 Caracterización de la variable riesgo y generación de contexto

A fin de estimar un valor de la vida estadística a ser utilizado en evaluación de proyectos de transporte, se realizó un estudio piloto de preferencias declaradas (PD). El primer problema enfrentado fue la definición de una variable que midiese adecuadamente el riesgo de accidente en un contexto de transporte.

La percepción del riesgo varía de persona a persona. Si el riesgo en un medio de transporte es asumido de forma voluntaria o no; si se halla bajo el control del individuo o no; si está asociado a accidentes al nivel de superficie o no, son todos factores que influirán en la disposición al pago, tal como indican Jones Lee y Loomes (1995).

Por otro lado, dichas percepciones dependen del modo de transporte. Un conductor de automóvil percibe el riesgo de accidente como algo que está bajo su control: a mayor precaución en el manejo menor probabilidad de accidente. Por el contrario al viajar en micro, ferrocarril o avión no existe tal posibilidad. Respecto a este último modo, una persona sabe muy bien que un accidente en avión es casi sinónimo de muerte. Por otro lado, los accidentes en auto se perciben como sucesos frecuentes en donde ocurren muy pocas muertes, mientras que accidentes de ferrocarril o avión se perciben como eventos raros con consecuencias “desastrosas”.

Una encuesta de PD implica generar una serie de situaciones en las que el individuo deba elegir una alternativa entre varias y que el atributo riesgo sea un factor que influya en la decisión. Debido a los problemas de percepción de riesgo mencionados anteriormente, no parece adecuado postular contextos de elección incluyendo medidas de riesgo entre modos diferentes para un viaje en particular. Por este motivo se decidió plantear un contexto de elección rural, ya que en este caso todos los ajustes que la persona haga en la variable riesgo son válidas para todas las alternativas y debieran ir en la misma dirección. Se obtendrá, entonces, el valor de la vida correspondiente a viajes interurbanos en carreteras.

Aún cuando las tasas de accidentes fatales en Chile son muy altas a escala internacional, la probabilidad de morir en un accidente de auto en carretera es muy baja. Por ejemplo, en la Ruta 68 con peaje han muerto 33 ocupantes de vehículo entre 1996 y 1997 en 25 accidentes fatales. Vale decir, para un flujo aproximado de 3,7 millones de automóviles anuales el riesgo promedio de accidente fatal es sólo siete en 1.000.000. ¿Será capaz la gente internalizar dichas cifras? Creemos que no y por lo tanto hay que buscar una forma alternativa de presentar la variable riesgo.

Durante la etapa de pre-test del experimento se consideró varias variables que representasen el riesgo de accidente fatal y la que mejor funcionó fue la siguiente: número de accidentes fatales. La Tabla 1 presenta un ejemplo de las tarjetas diseñadas para el experimento.

	Ruta 1	Ruta 2
Peaje	\$3.500	\$2.500
Accidentes de auto al año con muertos	8	17
Tiempo de viaje	1h.30min	2h.

Tabla 1: Diseño seleccionado

El contexto hipotético creado consiste en la elección de ruta para un viaje interurbano. Se pensó en un viaje que fuera realizado con cierta frecuencia por un gran número de personas con acceso a automóvil. La ruta considerada fue Santiago – Viña del Mar / Valparaíso y el viaje fue caracterizado de la siguiente manera:

- “Usted debe viajar a la ciudad de Viña del Mar para atender un compromiso social. Este viaje presenta las siguientes características:
- tiene lugar durante un fin de semana normal (sin feriados extra);
 - lo hace manejando su auto;
 - lo paga enteramente usted (solo), incluido el peaje
 - usted tiene que estar en Viña del Mar a más tardar a las 14:00 hrs. del día sábado;
 - debe elegir entre dos rutas (ambas del tipo de la actual ruta 68 Santiago - Viña del Mar/Valparaíso), considerando los tres factores que siguen: valor del peaje, tiempo de viaje y la cantidad de accidentes fatales en cada ruta. Este se define como la cantidad de accidentes al año en que muere al menos una persona que viaja en auto por la ruta”

Así, hay tres atributos que caracterizan ambas rutas: peaje, tiempo de viaje y cantidad de accidentes fatales. Puesto que el tiempo de viaje es un elemento vital en la elección de ruta, debe figurar como atributo. De esta forma, el VVE estará más en línea con el verdadero peso que le cabe en una elección de ruta. El número de situaciones hipotéticas se determinó sobre la base de un diseño factorial (ver Louviere y Woodworth, 1983).

El viaje tiene un propósito particular y debe ser realizado un día sábado antes de las 14.00hs. Esto es lo máximo que se puede pedir en cuanto a realismo: se presenta un contexto definido para lograr que todas las personas respondan de acuerdo a lo que ellas visualizan como la Ruta 68 en día sábado al mediodía. Se indica también que el/la conductor/a es quien paga el valor del peaje. Por último, se deja claro que se trata de la cantidad de accidentes en que mueren ocupantes de vehículos⁵.

Nuestro VVE no incluirá muertes por atropello. El concepto de vida estadística se refiere a la disposición al pago por disminuir el riesgo de muerte propio. Incluir la disposición al pago por evitar un atropello sería adicionar dos valores extra al VVE: el primero es la disposición al pago por evitar el daño subjetivo de atropellar a una persona; el segundo es un valor de no uso, la disposición al pago por evitar muertes de terceras personas por motivos altruistas (ver Rizzi, 1998, Sección 3.1). Por supuesto que si hay disposición al pago por evitar muertes de terceros esto debe computarse, pero no forma parte del valor de la vida estadística, que es lo que se desea estimar.

⁵ Este diseño es “incentivo compatible”, en el sentido que la mejor alternativa para el individuo consiste en elegir la opción que le reporta mayor utilidad.

3.2 Análisis de los resultados

En Rizzi *et al* (1999) se describe todo lo pertinente a la encuesta piloto y su realización. Se completaron 49 formularios de auto llenado (la tasa de respuesta fue de 40%), de las cuales 46 fueron considerados satisfactorios para el análisis estadístico.

El análisis de la muestra procedió de la siguiente forma. En primer lugar se detectó los individuos que elegían de manera lexicográfica (individuos “extremos”, ver Freeman, 1993, pág. 190-191) en cualquiera de los tres atributos. Una persona tiene preferencias lexicográficas cuando al comparar diversas alternativas siempre elige aquella que es mejor en un atributo. En términos económicos, preferencias lexicográficas implican que siempre hay disposición al pago por una mejora en el atributo correspondiente. En el caso de personas lexicográficas en la variable accidentes, cualquiera sea el valor del peaje⁶ siempre optarán por la alternativa más segura.

La muestra registró 15 individuos lexicográficos: 11 de ellos en la variable accidentes; tres en la variable tiempo y uno en la variable peaje; vale decir, la mayoría de este tipo de individuos era lexicográfico respecto al atributo accidentes. Una explicación podría ser que exista una proporción importante de gente muy sensible a la variable riesgo, y por lo tanto la seguridad sea la principal variable de decisión. Otra explicación, es que mucha gente sea relativamente insensible a los precios del peaje propuestos y como valoran la seguridad eligen siempre la alternativa más segura. Por último, aquellas personas que encontraron el ejercicio difícil pueden haber optado por una estrategia de respuesta lexicográfica (ver la discusión de Saelesminde, 1998).

3.3 Consistencia lineal de las preferencias

En esta sección se aplica el análisis de consistencia lineal mediante diagrama de rayos (ver por ejemplo Bates, 1998). La idea es muy simple y de fácil aplicación al caso de una situación de elección con tres atributos (ver Saelesminde, 1998). El supuesto básico es la existencia de una función de utilidad indirecta lineal en los atributos que representa de manera adecuada el comportamiento de las personas.

Supongamos que en la situación de elección presentada en la Tabla 1, una persona elige una ruta sobre la base del tiempo solamente. Así, si elige la Ruta 1 revela una disposición al pago promedio mínima de \$33/min. Por otro lado, si elige sólo basándose en el número de accidentes su disposición al pago promedio mínima sería de \$111/accidente. Estos dos puntos determinan un segmento: las combinaciones posibles mínimas del valor del tiempo y el valor por la reducción de accidentes en las cuales el individuo es indiferente entre ambas rutas, suponiendo que considera ambos atributos. Como se supone que la función de utilidad es lineal, se tiene que la disposición marginal al pago es igual a la disposición media al pago.

Ahora bien, dado que asumimos que todas las personas tienen un valor del tiempo y un valor por reducción de accidentes positivo, nos interesa el cuadrante positivo. En la Figura 1 se puede observar que quien elige la Ruta 1 debe tener una combinación de ambos valores que se encuentre en la región al nordeste del segmento (línea llena gruesa) determinado por los pares ordenados (0, 33) y (111,0), o sobre el mismo segmento. Esto es así debido a que el individuo tiene una función lineal en los atributos

⁶ Nos estamos refiriendo a precios plausibles; es decir, se excluyen valores del peaje inusualmente altos.

y por lo tanto su valor del tiempo y su valor por seguridad, son parámetros fijos (que a los efectos de este ejemplo vienen dados por las coordenadas del punto representado por el símbolo “•”).

Al enfrentarse a la elección 2, si esta persona fuera consistente debería elegir la ruta más cara, puesto que ya reveló encontrarse al noroeste del segmento de línea llena gruesa. Sin embargo, nada podremos decir respecto a la elección 3, pues puede elegir cualquier ruta y la respuesta sería válida. En efecto, ya que el modelador desconoce dónde se halla ubicado el punto “•”, existen combinaciones posibles del valor del tiempo y el valor por la reducción de accidentes para cualquier respuesta que se ubique al noroeste del segmento de línea llena gruesa. En este caso, para probar la consistencia lineal del individuo se puede comparar las respuestas 1 y 2. Si la persona elige la alternativa más barata en la elección 1, entonces se podría comparar las respuestas 1 y 3, pero no correspondería comparar la 1 y la 2, ó la 2 y la 3.

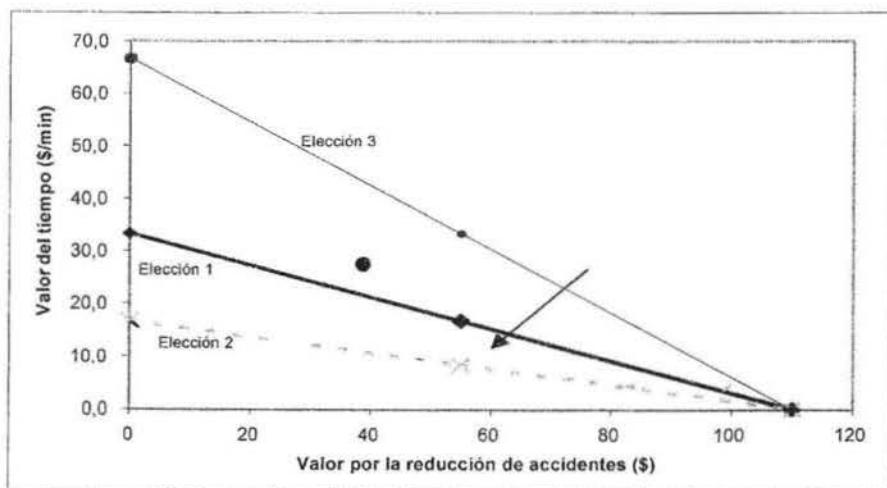


Figura 1: Diagrama de rayos

Utilizando este método se puede detectar la consistencia lineal de los individuos “en sentido débil”. Esto es, se podría realizar un test más estricto de racionalidad lineal comparando todas las respuestas en conjunto; sin embargo, se decidió no usar esta variante. En todo ejercicio de elección hay implícito un proceso de optimización, el cual se intenta caracterizar a partir de una función de utilidad indirecta lineal. Este proceso no está exento de errores (los seres humanos se equivocan) y por lo tanto muchos más individuos no pasarían el test estricto de racionalidad. Por ejemplo, De Palma *et al* (1994) demuestran como una persona puede equivocarse al comparar tasas marginales de sustitución y de esta manera equivocarse al elegir. Swait y Adamowicz (1997), siguiendo esta idea, proponen parametrizar el factor de escala de modelos logit basándose en la complejidad de la situación de elección y de la carga cognitiva acumulada en el experimento de PD.

Cabe señalar que si un individuo no satisface el test de consistencia débil, no significa que sus elecciones sean irracionales, simplemente quiere decir que no es linealmente consistente. Si la función de utilidad de esta persona es no lineal, es probable que no pase el test de consistencia lineal, pero sus elecciones pueden ser racionales.

Vamos a dar un ejemplo en este sentido, utilizando la Figura 1. Supongamos que a un individuo se le presenta la situación de elección 3 y elige la alternativa más cara. Luego se le presenta la situación de elección 1 y elige la alternativa más barata. Este individuo es perfectamente racional si su combinación de valores promedios del tiempo y reducción de accidentes es el origen de la línea de flecha en la elección 3 y el final de dicha línea en la elección 1. Si la elección 3 se compone de alternativas que presentan una gran diferencia en el tiempo de viaje y en el nivel de riesgo, un individuo no lineal puede tener una alta disposición media al pago por reducciones de ambos. Mientras que si en la elección 1 la comparación es entre alternativas similares, la disposición media al pago por reducción en el nivel de ambos atributos disminuye.

En este caso debido a que la función de utilidad es no lineal, el valor medio (y marginal) del tiempo y el valor medio (y marginal) de la reducción de accidentes dependerán siempre del nivel de cada atributo y por lo tanto su ubicación en el plano de la Figura 1 deja de ser un punto fijo para pasar a ser un punto diferente según la situación de elección. El análisis de rayos, basado en el supuesto de consistencia lineal, no sirve para este caso.

Nuestro análisis se limitó a verificar la consistencia lineal “débil” de los individuos. Para esto, se tomó todos los pares de elecciones mutuamente excluyentes; es decir, aquellos para los que se podía realizar el análisis descrito anteriormente. Dejando de lado los 15 individuos lexicográficos, los individuos con alguna inconsistencia fueron diez en total. Esto quiere decir que 21 personas pasaron el test de consistencia lineal (casi un 68%⁷), lo que en principio es un resultado alentador⁸ y se traduce en un total de 178 elecciones para la modelación.

Con respecto a las personas que eligieron de manera inconsistente, una posibilidad es excluir de la modelación sólo aquellas elecciones que dan origen a inconsistencias; esta es la práctica normal en el caso de transporte (ver por ejemplo Ortúzar, 1996) y nuevamente se puede pensar en errores de optimización al responder a determinadas situaciones. En este caso, se tendría 243 respuestas buenas sobre un total de 265, excluyendo las observaciones lexicográficas.

Como elemento novedoso, nuestro diseño de formulario incluyó una pregunta que pedía indicar si se encontró realista o no las situaciones de elección planteadas. Si consideramos las personas que encontraron realista el ejercicio, de las 21 linealmente consistentes quedan 16, haciendo un total de 136 elecciones. Si las observaciones de las personas que consideraron el ejercicio realista se adicionan las respuestas “buenas” de los individuos con alguna inconsistencia lineal, se obtiene finalmente 181 observaciones.

La pregunta respecto al realismo de las situaciones de elección tiene como objetivo establecer qué proporción de los encuestados encontraron “plausible” el ejercicio de PD. Lo importante desde el punto de vista de la modelación es cómo respondió la persona. Si no consideró el ejercicio realista pero respondió de manera consistente, existe una alta posibilidad de que haya contestado el ejercicio a conciencia. Si la persona procedió de esta forma, la respuesta es válida: está declarando una preferencia, que es lo importante desde el punto de vista del análisis microeconómico.

⁷ Una persona eligiendo al azar puede pasar el test de consistencia, pero esto es altamente poco probable.

⁸ En realidad es muy alentador que casi el 70% de la gente no lexicográfica se comporte según la “fábula” de la utilidad lineal.

3.4 Modelación

El análisis realizado en el acápite anterior sugiere una serie de modelos a estimar. En primer lugar se estudió la influencia de los individuos lexicográficos sobre los valores de los parámetros estimados. Una vez excluidos estos individuos, se consideró el efecto que tienen las personas que no pasaron el test de consistencia lineal. De esta forma se estimó los siguientes modelos, siempre con función de utilidad lineal:

1. modelo con todas las observaciones (394 respuestas)
2. modelo excluyendo individuos lexicográficos (265 respuestas)
3. modelo con todos los individuos consistentes lineales (178 respuestas)
4. modelo con todos los individuos consistentes lineales y que encontraron el ejercicio realista (136 respuestas)
5. modelo con respuestas que pasaron el test de consistencia lineal (243 respuestas)
6. modelo con respuestas que pasaron el test de consistencia lineal correspondientes a individuos que encontraron realista el ejercicio (181 respuestas)
7. versión 5 más individuos lexicográficos (372 respuestas)

En la Tabla 2 se presentan los datos relevantes de los modelos estimados utilizando el programa Alogit (Daly, 1995). Entre paréntesis aparecen los t-estadísticos en el caso de parámetros y los intervalos de confianza al 95% (basándose en la formulación propuesta por Garrido y Ortúzar, 1993) en el caso de disposición a pagar. En primer lugar se puede ver que remover los individuos lexicográficos de la muestra tiene un fuerte impacto sobre la estimación del valor de los accidentes, disminuyendo su valor en casi un 40%.

Modelo	θ peaje	θ acc	θ tiempo	Valor del tiempo	Valor accidentes	ρ^2
1	-.1081E-02 (-5.1)	-.1780 (-7.4)	-.3518E-01 (-6.1)	33\$/min (22 ; 51)	165\$/acc (116 ; 255)	.1459 (50%)
2	-.1587E-02 (-5.6)	-.1616 (-5.6)	-.4747E-01 (-6.1)	30\$/min (20 ; 45)	101\$/acc (68 ; 153)	.1490 (54%)
3	-.1991E-02 (-5.3)	-.1933 (-5.3)	-.5268E-01 (-5.3)	27\$/min (17 ; 41)	97\$/acc (63 ; 149)	.1959 (56%)
4	-.1966E-02 (-4.5)	-.1832 (-4.4)	-.6374E-01 (-5.0)	32\$/min (20 ; 55)	93\$/acc (54 ; 159)	.2198 (57%)
5	-.1945E-02 (-6.2)	-.1915 (-6.0)	-.5581E-01 (-6.4)	29\$/min (20 ; 41)	99\$/acc (68 ; 142)	.1956 (54%)
6	-.2025E-02 (-5.3)	-.1886 (-5.1)	-.6615E-01 (-5.9)	33\$/min (22 ; 50)	93\$/acc (59 ; 145)	.2289 (56%)
7	-.1255E-02 (-5.6)	-.1985 (-7.8)	-.3899E-01 (-6.4)	31\$/min (22 ; 46)	158\$/acc (114 ; 233)	.1703 (50%)

^a Como en todos los casos las proporciones de elección (entre paréntesis) se hallan en el orden del 50%, se computó solo el ρ^2 con respecto al modelo equiprobable (Ortúzar y Willumsen, 1994, pag. 251).

Tabla 2: Resultados de los modelos estimados

En segundo lugar, cuando se considera sólo el caso de individuos linealmente consistentes (modelo 3) v/s todos los individuos exceptuando los lexicográficos (modelo 2), no se observa gran variación en los datos, pero sí un importante incremento en el valor de ρ^2 . Aún más, si consideramos individuos linealmente consistentes y que han encontrado el ejercicio realista (modelo 4), se ve que el ρ^2 vuelve a aumentar. No obstante, es interesante destacar que los valores subjetivos del tiempo son notablemente robustos.

Un resultado similar se observa cuando se considera sólo las respuestas linealmente aceptables. Desde el punto de vista del estadístico ρ^2 , el modelo 6 arroja el mejor resultado; en éste se consideran las respuestas linealmente consistentes de individuos que encontraron realista el ejercicio. Este resultado, puede dar algún sustento a la hipótesis que algunos de los individuos supuestamente inconsistentes encontraron el ejercicio difícil y las respuestas "no consistentes" se debieron sólo a errores de optimización.

Los modelos que arrojan el menor valor por la reducción de accidentes son el modelo 4 y el modelo 6, que corresponden a los individuos que encontraron el ejercicio realista. En estos dos modelos se reduce el valor por la seguridad y aumenta levemente el valor subjetivo del tiempo. Esto puede deberse a que las personas que no encontraron el ejercicio realista, consideran que el tema de la seguridad vial en carreteras merece una especial atención, de modo que pueden haberse visto algo predispuestas a darle mayor importancia a la seguridad que la que efectivamente le darían, en desmedro del tiempo de viaje.

Es interesante notar el intervalo de confianza asociado al valor de la seguridad. En el caso de nuestro mejor modelo (6), el valor de la seguridad se halla entre \$59 y \$145 con un 95% de confianza. Desgraciadamente, este intervalo es amplio (el valor superior es casi tres veces el límite inferior) lo que arroja un manto de ambigüedad sobre los resultados obtenidos en cuanto a valores monetarios. Esto se debe a que el estimador puntual del valor de la seguridad es el cuociente de los estimadores puntuales de dos variables aleatorias correlacionadas. Este problema ha sido investigado en estudios anteriores sobre el valor del tiempo del viaje (Garrido y Ortúzar, 1993; Ortúzar y Armstrong, 1995). Por otro lado, otorga cierta tranquilidad que el límite inferior para el valor de la seguridad en el caso de la muestra completa (modelo 1) supera el valor del estimador puntual del modelo 6. En otras palabras, nuestro estimador de \$93 pareciera ser conservador al ser aplicado a toda la población, en el sentido de que en el peor de los casos es un valor mínimo.

Finalmente, otro resultado que merece destacarse es que los valores del tiempo obtenidos son prácticamente idénticos a los encontrados en estudios anteriores de elección de ruta en el país (ver por ejemplo Ortúzar, 1996). Este resultado, relativamente sorprendente, valida el diseño y certifica la hipótesis que los individuos expresaron sus elecciones a conciencia.

3.5 ¿Cuál es el valor de la vida estadística?

Aunque el análisis de esta sección es de carácter preliminar puesto que la muestra analizada no puede ser considerada representativa, es ilustrativo sobre cómo proceder. En efecto, si a partir de estos resultados se quisiera hacer algún cálculo sobre el VVE, la postura sería la siguiente.

En primer lugar, merecen especial atención las personas lexicográficas. Si éstas tienen realmente preferencias lexicográficas en el atributo seguridad, estarán dispuestas a pagar cualquier precio por mejoras en tal sentido. Si por otro lado, sólo aparentan ser lexicográficas debido a que los valores considerados en el atributo precio no son suficientes como para forzarles a compromisos, resulta claro que su disposición al pago es muy alta, con un piso superior a los \$158 por accidente. El diseño de la encuesta no permite detectar la causa del comportamiento lexicográfico (lo que es muy difícil en encuestas de autollenado). Al eliminar los individuos lexicográficos, el mejor modelo calibrado arroja un valor puntual de \$93 por reducción de accidentes por vehículo, con una cota inferior de \$59 (al 95% de confianza).

La definición de VVE requiere sumar las disposiciones al pago de todas las personas involucradas en un proyecto y esto incluye a todos aquellos que se comportan de manera lexicográfica. Si estas personas tienen una alta disposición al pago, ésta debe ser computada de igual forma que la de aquellos que expresan cero disposición al pago. Es en este sentido, valores entre \$59 y \$93 parecen ser conservadores; esto es, se estaría pecando por defecto y no por exceso.

Para hacer sencillos los cálculos, el VVE se obtiene multiplicando el valor de la reducción de accidentes por vehículo, por el flujo vehicular anual en dicha ruta, pero se debe tener en cuenta dos elementos. Primero, la disposición al pago obtenida es la correspondiente al conductor y no la de cualquier individuo; segundo, la tasa de muertos por accidentes fatales es de 1.32⁹ personas al interior del vehículo.

El VVE dependerá del flujo de la carretera. En el caso de la Ruta 68, con un flujo de vehículos livianos de aproximadamente 3,7 millones al año en ambos sentidos (Dirección de Vialidad, 1996), se obtendría un valor mínimo por prevención de accidentes fatales de US\$ 436.600 (a un cambio de \$500 por dólar estadounidense). Este valor, llevado a número de víctimas fatales, se reduce a US\$ 331.000. Como se ve, es una cifra muy superior a las 1.250 UF (alrededor de US\$ 40.000) actualmente recomendadas por la Unidad de Concesiones del MOP¹⁰.

La cifra US\$ 331.000 es una cota mínima por varias razones. En primer lugar corresponde al rango inferior¹¹ de un intervalo de confianza de personas con comportamiento lineal. En segundo lugar, el cálculo se realiza a partir del flujo de vehículos livianos sin considerar la disposición al pago de, por ejemplo, personas que viajan en autobús. Tercero, no se incluye ninguna provisión por altruismo. Cuarto, no se toma en cuenta la disposición al pago de personas como peatones que circulen en áreas en conflicto con la carretera. Quinto y último, no se consideran gastos adicionales, como costos de disrupción del tránsito a causa de un accidente, costos de policía, costos de hospitalización, etc.

⁹ Este es un dato real para el promedio de los años 1996/1997 sobre la base de información de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito.

¹⁰ Que corresponde al valor de capital humano usando datos sobre el ingreso nacional de 1992. Este valor ha sido recientemente actualizado en un 50% para estudios de CONAMA (Cifuentes *et al.*, 1999).

¹¹Para un intervalo de confianza basado en el modelo 6, el límite superior asciende a US\$ 811.000.

4 Conclusiones

En primer lugar se demostró teóricamente como obtener un valor de la vida a partir de las preferencias individuales. De esta forma, el valor de la vida estadística podría reemplazar los actuales valores de la vida basados en el valor del capital humano en el mediano o largo plazo, tal como es el estado del arte en países desarrollados.

En segundo lugar, fue posible aplicar exitosamente el método de preferencias declaradas a la obtención del valor de la vida estadística, extendiendo así el rango de aplicación de esta metodología. Este no sólo es el primer estudio de este tipo en el país, sino que aparentemente en países en desarrollo; sus logros fueron los siguientes:

- estudiar con cierto detalle el comportamiento de las personas al responder una encuesta de preferencias declaradas sobre riesgo de accidentes fatales,
- proponer una forma de “medir” la variable riesgo que funcionó en la práctica,
- obtener evidencia sobre posibles valores de la vida estadística para poder diseñar futuros experimentos de preferencias declaradas.

Por último, se detectó que la metodología de preferencias declaradas es sensible a comportamientos “extremos”. Este efecto hace que el valor de la vida estadística varíe significativamente si se incluye individuos con comportamiento lexicográfico. En este sentido la recomendación es doble: (a) diseñar el instrumento de medición de manera que se pueda indagar sobre las causas que dan origen a este tipo de comportamiento, y (b) realizar el análisis estadístico con y sin individuos lexicográficos para tener una idea de la influencia de los mismos en los resultados obtenidos.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Ana María Ivelic, Rodrigo Garrido, Cristián Vergara y Gonzalo Rodríguez. No obstante, cualquier error presente en este documento es de nuestra exclusiva responsabilidad. También se desea agradecer el financiamiento recibido a través del Proyecto FONDECYT 1970117.

Referencias

- Bates, J. (1998) Reflections on stated preferences: theory and practice. En J. de D. Ortúzar, D. Hensher y S. Jara-Díaz (eds.), *Travel Behaviour Research: Updating the State of Play*. Pergamon, Oxford.
- Cifuentes, L.A., Ojeda, C. y Rizzi, L.I. (1999) *Aplicación de técnicas de transferencia de valores a países en desarrollo*. Documento de Trabajo 1/99, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Cisneros, A. (1998) Accidentalidad en caminos públicos. *Obras Públicas* 22, 4-14

- Daly, A.J. (1995) *ALOGIT 3.8. User's Manual*. Hague Consulting Group, La Haya.
- De Palma, A, Myers, G.M. y Papageorgiu, Y.Y. (1994) Rational choice under an imperfect ability to choose. *The American Economic Review* 84, 419-440.
- Freeman, A.M. (1993) *The Measurement of Environmental and Resource Values*. Resources for the Future, Washington D.C.
- Gálvez, T. y Jara-Díaz, S.R. (1995) Valoración social de la disminución de tiempos de viaje. En F.J. Martínez (ed.), *Actas del Séptimo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*. Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte, Santiago.
- Garrido, R.A. y Ortúzar, J. de D. (1993) The Chilean value of time study: methodological developments. *Proceedings 21st PTRC Summer Annual Meeting*. PTRC Education and Research Services Ltd., Londres.
- Jones Lee, M. (1994) Safety and the saving of life: the economics of safety. En R. Layard y S. Glaister (eds.), *Cost-Benefit Analysis*. Segunda Edición, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jones Lee, M. y Loomes, G. (1995) Scale and context effects in the valuation of transport safety. *Journal of Risk and Uncertainty*, 11, 183-203.
- Louviere, J.J. y Woodworth, G. (1983) Design and analysis of simulated consumer choice or allocation experiments: an approach based on aggregate data. *Journal of Marketing Research* XX, 350-367.
- Ortúzar, J. de D. (1996) Modelling route and multimodal choices with revealed and stated preference data. *Proceedings 24th European Transport Forum*. PTRC Education and Research Services Ltd., Londres.
- Ortúzar, J. de D. y Armstrong, P.M. (1995) Confidence intervals and the social value of travel time savings. *Proceedings 23rd European Transport Forum*. PTRC Education and Research Services Ltd., Londres.
- Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. (1994) *Modelling Transport*. Segunda Edición, John Wiley & Sons, Chichester.
- Rizzi, L.I. (1998) *Metodologías de valoración de bienes ambientales*. Documento de Trabajo N°68, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Rizzi, L.I., Garrido, R.A., Ivelic, A.M. y Ortúzar, J. de D. (1999) *Valor Social de la Seguridad en Carreteras: un enfoque basado en el comportamiento*. Documento de Trabajo N°69, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Saelesminde, K. (1998) *The impact of choice inconsistencies on the valuation of travel time in stated choice studies*. Working Paper, Institute of Transport Economics: Oslo.
- Swait, J. y Adamowicz, W. (1997) *The effect of choice environment and task demands on consumer*

behaviour: discriminating between contribution and confussion. Working Paper, Department of Rural Economy, University of Alberta.

Varian, H. (1992) *Microeconomic Analysis*. W. W. Norton & Company, Nueva York.