

## EL VALOR DE LA REDUCCION DE ACCIDENTES FATALES Y NO FATALES GRAVES EN CARRETERA

Pablo Hojman, Juan de Dios Ortúzar, Luis Ignacio Rizzi  
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: [lir@ing.puc.cl](mailto:lir@ing.puc.cl)

### RESUMEN

Para calcular los beneficios de un proyecto de seguridad vial debe disponerse del valor de las reducciones de riesgo de accidentes. La manera microeconómica correcta de obtener este valor es a partir de las preferencias individuales. Para ello suele utilizarse la metodología de valoración contingente, que presenta el defecto de exigir que la persona entrevistada coloque un precio a reducciones de riesgo, situación completamente fuera de la familiaridad de cualquier persona. Por otro lado, la obtención de los valores de reducciones de riesgo de accidentes fatales y de accidentes graves suele realizarse por separado dando origen a problemas de agregación. A fin de corregir ambas debilidades en el estado del arte en valoración de riesgos, hemos realizado una encuesta novedosa de preferencias declaradas en que los individuos tienen que optar entre dos rutas para realizar un viaje interurbano hipotético entre Santiago y Valparaíso / Viña del Mar. Estas rutas hipotéticas difieren en sus tiempos de viaje, costos de peaje, víctimas fatales anuales y víctimas graves anuales. De esta manera, los individuos declaran de manera implícita sus preferencias por una mayor seguridad, tanto en término de reducción del número de víctimas fatales como de víctimas graves.

Realizada la encuesta, se estimaron modelos de elección discreta que permitieron obtener los valores buscados: US\$500.000 y US\$70.000 aproximadamente por reducir en una unidad el número de muertes y de víctimas graves respectivamente. Dado que los valores subjetivos del tiempo coinciden con los realizados en estudios específicos sobre valor del tiempo, creemos que los encuestados entendieron la encuesta y la completaron a conciencia. Se obtuvieron valores plausibles para las reducciones de riesgo de accidente fatal y accidentes graves, que sugieren que la técnica aquí utilizada debería ser considerada seriamente por las autoridades nacionales chilenas en materia de valoración de proyectos de seguridad vial.

## 1. INTRODUCCION

Hoy en día, en Chile, los accidentes de tránsito no son considerados en forma sistemática en evaluación de proyectos públicos. Se dispone de valores indicativos (CITRA, 1996), calculados en base al método del Capital Humano, que considera el valor actual de los flujos que deja de percibir la sociedad por una muerte originada en un accidente vial o la reducción en el valor actual de estos flujos por una baja temporal o total en la capacidad productiva de un individuo. Este tipo de valor presente presenta una gran falencia desde el punto de vista microeconómico: no considera las preferencias individuales por menores niveles de riesgo.

Nuestro objetivo es obtener una valoración por la disminución de los niveles de riesgo de accidentes en carreteras interurbanas a partir de las preferencias individuales, estimadas a partir del uso de técnicas de preferencias declaradas o análisis conjunto. La técnica de análisis conjunto consiste en presentar al encuestado dos o más opciones con un conjunto de atributos cada una, entre las que el encuestado debe elegir una opción. Este paso es repetido varias veces permitiendo obtener varias respuestas por individuo.

Este documento está dividido en 5 secciones. La sección 2 describe el diseño utilizado para realizar el experimento de preferencias reveladas; la sección 3, cómo se obtuvo la muestra y sus características. La sección 4 presenta los resultados principales de la modelación y la sección 5, las principales conclusiones.

## 2. DISEÑO EXPERIMENTAL

En primer lugar debe caracterizarse adecuadamente el concepto de riesgo para presentar en forma clara las variables asociadas a accidentes fatales y graves no fatales. Esto es de especial relevancia a fin de obtener la disposición al pago por la disminución de accidentes graves no fatales, concepto que engloba diferentes tipos de traumas. Un segundo punto importante es diseñar situaciones que resulten familiares para el encuestado, considerando tanto la presentación de las situaciones como la cantidad y complejidad de las mismas.

Existe una gran variedad de literatura asociada al tema de la percepción de riesgo. En Bronfman y Cifuentes (2002) se analizan alrededor de diez atributos asociados al riesgo y como éstos influyen en la percepción del mismo. Entre estos atributos se pueden mencionar dos atributos importantes; *controlabilidad* y *conocimiento*. Cuando la persona considera que no tiene control sobre el desarrollo de cierta actividad que genera riesgos (un viaje en metro), la percepción de riesgo aumenta. De la misma manera, al conocer mejor el riesgo asociado a cierta actividad, ésta suele considerarse menos riesgosa. En base a estos elementos, decidimos realizar una encuesta de preferencias declaradas, en la que el encuestado debe realizar una elección de ruta para realizar un viaje a Viña del Mar/Valparaíso en un vehículo privado.

El desarrollo del formulario procedió de la siguiente manera. Primero, se confeccionó una encuesta preliminar de autollenado que fue testada en un grupo de treinta personas a las que se les hizo pequeñas entrevistas personales para que informaran sobre el llenado de la misma, las dificultades enfrentadas y posibles sugerencias. Luego se realizó un grupo focal, donde se indagó en forma más profunda si la encuesta era comprendida en forma correcta y cómo mejorarla. A

partir de estas experiencias se confeccionó una encuesta con cuatro secciones. En la primera se interrogó sobre la frecuencia con que se había viajado por la Ruta 68 y el motivo del viaje. La segunda parte contuvo el ejercicio de elección propiamente tal. En la tercera parte se preguntó por experiencia en accidentes y actitudes respecto a la seguridad vial y en la cuarta parte se recolectaron datos socioeconómicos.

## 2.1. Diseño Estadístico

Decidimos considerar cuatro variables para el ejercicio de elección: *tiempo de viaje*, *peaje*, *víctimas fatales al año* y *heridos graves al año*. La forma de presentar estas dos últimas variables surgió del análisis del grupo focal y de los resultados de las encuestas preliminares. En Rizzi y Ortúzar (2003) se definió la variable de riesgo como accidentes fatales y no como número de personas fallecidas. Aquí, al agregar heridos graves, los encuestados encontraron más claro decir víctimas que accidentes, pues presentaban dificultades las situaciones en que simultáneamente existían víctimas fatales y graves.

Con estos cuatro atributos se confeccionó un diseño factorial considerando seis variables. Dos de estas variables fueron el *tiempo* y el *peaje*, funcionando como una diferencia entre ambas rutas. Para estas dos variables, se consideraron tres niveles de variación, es decir tres diferencias entre rutas para estos atributos. El atributo *víctimas al año* se asocia a dos variables, una correspondiente a un nivel *bajo* y otra a uno *alto*. Se utilizaron tres niveles para cada una de estas variables, por lo que se puede formar un total de nueve diferencias entre rutas al asociar los tres niveles bajos con los tres altos. El atributo de *heridos graves al año* se asocia a dos variables del mismo modo que en el caso anterior. El motivo para incluir estas variables “separadas” es poder analizar la existencia de distintos parámetros del riesgo, según el nivel de riesgo: a mayor nivel de riesgo, el parámetro asociado en valor absoluto también sería mayor. Esto puede ser interpretado como una variación de la teoría de prospectos<sup>1</sup>.

Se debe dar gran énfasis al realismo de los valores presentados en las diferentes situaciones de elección. Para los valores del tiempo y del peaje se usan valores promedio reales y para los relacionados con accidentes se utilizan estadísticas históricas provistas por CONASET. En la Tabla 1, se pueden observar los valores utilizados como diferencias y los valores *base* a los que se les aplican dichas diferencias. En la Tabla 2 se presentan los valores absolutos utilizados.

Un diseño factorial completo está formado por 729 combinaciones<sup>2</sup> y debimos reducir éste a un número de elecciones razonable<sup>3</sup> que puedan ser respondidas por un encuestado. Así, obtuvimos tres bloques ortogonales a partir de los cuales se pueden estimar los efectos principales de cada variable e incluso algunas interacciones: para obtener una replica completa se requiere que tres bloques sean contestados. Estos bloques se expresan en variables *mudas*, que sólo indican como

---

<sup>1</sup> Esta teoría (Kahneman y Tversky, 1992) señala que los individuos tienden a valorizar en forma distinta los incrementos en los niveles de riesgo que las disminuciones. La compensación exigida ante un incremento en el nivel de riesgo es superior a la disposición al pago por una disminución de igual valor absoluto.

<sup>2</sup> Este número resulta de combinar todos los atributos en todos sus niveles entre sí, es decir 3<sup>6</sup> combinaciones.

<sup>3</sup> A pesar de ser un tema aún en debate, se acepta que un total de nueve elecciones no produce un agotamiento importante en el encuestado.

combinar los niveles asociados a las variables; los números 0, 1 y 2 corresponden al nivel bajo medio y alto de la variable asociada.

**Tabla 1**  
**Niveles de Diferencia a Utilizar Según Atributo y Niveles de Referencia Asociados a los Atributos *Tiempo y Tarifa***

| Niveles de diferencia de atributos |                  | Niveles de referencia |                  |
|------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Tarifa (\$)                        | Tiempo (minutos) | Tarifa (\$)           | Tiempo (minutos) |
| 1500                               | -20              | 2500                  | 80               |
| -1000                              | -10              | 4000                  | 90               |
| 500                                | -30              | 3300                  | 85               |

**Tabla 2**  
**Niveles Absolutos Asociados a los Atributos *Heridos Graves y Víctimas Fatales***

| Niveles absolutos |             |                  |             |
|-------------------|-------------|------------------|-------------|
| Heridos graves    |             | Víctimas fatales |             |
| <i>alto</i>       | <i>bajo</i> | <i>alto</i>      | <i>bajo</i> |
| 52                | 35          | 16               | 11          |
| 56                | 40          | 17               | 12          |
| 65                | 46          | 20               | 14          |

En la Tabla 3<sup>4</sup> se pueden ver los tres bloques con los niveles asociados en forma *muda* y los tres bloques con los valores asociados correspondientes a los niveles de diferencia y valores absolutos. Finalmente, en la Tabla 4<sup>5</sup>, se presentan los tres bloques que dan origen a las situaciones de elección: estos se construyen aplicando los valores de diferencias a los valores de referencia y usando los valores absolutos antes presentados.

Lamentablemente estos bloques presentan algunas condiciones poco deseables. En algunas de las situaciones de elección una de las dos rutas resulta ser dominante (tres por bloque). Por otro lado, un encuestado pretende que una ruta con mayor peaje sea superior en todos los demás atributos; sin embargo, vamos a encontrar varias situaciones donde esto no sucede. También nos interesa que las probabilidades de elección de ambas opciones no sean demasiado distintas, pues no nos aportaría mucha información (Huber y Zwerina, 1996). Sin embargo, si en una elección binaria la probabilidad de elección de ambas alternativas es muy parecida, el aumento de la carga cognitiva asociado puede inducir a errores por parte del encuestado<sup>6</sup>. Existe, entonces, una serie de compromisos delicados que deben contemplarse en un buen diseño: para ello se dispone de algunos métodos que permitan mejorar las situaciones de elección de la Tabla 4. Por ejemplo, se pueden cambiar los valores asociados a un mismo atributo entre las rutas o se puede re-etiquetar un atributo, manteniendo la diferencia pero cambiando el valor de referencia. Estas técnicas rompen la ortogonalidad original, pero permiten lograr beneficios que ayudan a obtener estimadores de mejor calidad. En base a estas consideraciones llegamos a los bloques finales de la Tabla 5<sup>7</sup>.

<sup>4</sup> Al final del texto.

<sup>5</sup> Al final del texto.

<sup>6</sup> Para calcular la probabilidad de elección de las rutas se utiliza la fórmula del modelo logit, utilizando los valores de los atributos asociados a la ruta y parámetros encontrados en estudios anteriores.

<sup>7</sup> Al final del texto.

## 2.2. El Contexto de Elección

Al momento de enfrentar al encuestado con las situaciones de elección es importante entregarle un contexto de viaje lo más realista posible. El viaje planteado en esta investigación consistía en un viaje con motivo social a la ciudad de Viña del Mar, además se les entregaban las siguientes características:

“...Lo hace manejando su auto;

Lo realiza durante un fin de semana normal (sin feriados extras);

Usted paga el costo total del viaje, incluido el peaje;

Debe elegir entre dos rutas (ambas similares a la ruta 68), considerando los cuatro elementos que siguen: 1) *valor del peaje*, 2) *tiempo de viaje en ruta*, 3) *número de víctimas fatales al año* y 4) *número de heridos graves al año*. ...”

Se entregó, también una pequeña explicación sobre qué se consideraba víctima fatal y heridos graves. Estas definiciones fueron analizadas en el grupo focal y con las personas que contestaron las encuestas iniciales. Por último se indicaron los valores de víctimas fatales y de heridos graves en la Ruta 68 para el año 2002<sup>8</sup> y el flujo total anual de vehículos en la Ruta 68.

## 3. RECOLECCION DE DATOS Y CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

La encuesta fue programada en un sitio web ([www.ing.puc.cl/~phojman](http://www.ing.puc.cl/~phojman)), debido a los excelentes resultados obtenidos en una experiencia previa (Iraguen y Ortúzar, 2003). Se envió por correo electrónico una petición para colaborar con esta investigación a un universo aproximado de trescientos cincuenta funcionarios de la Pontificia Universidad Católica de Chile: muestra que no puede catalogarse como aleatoria. De este conjunto de funcionarios, se obtuvo un total de 113 encuestas, es decir una tasa de respuesta de 32%. El período para contestar la encuesta fue de 16 días, y se envió un recordatorio para visitar la página. En la Tabla 6 se presenta el número de encuestas ingresadas por día (notar que se avisó y recordó de la encuesta los días 10 y 22 de abril respectivamente).

**Tabla 6**  
**Número de Encuestas Recibidas por Día**

|             | Encuestas por día |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Día         | 10                | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| # encuestas | 7                 | 14 | 0  | 1  | 8  | 3  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 14 | 56 | 6  | 2  |

En la Tabla 7 se resume la distribución de sexo y edad en la muestra. Podemos mencionar también que la mayoría de la muestra presentaba estudios universitarios y que 69 personas no tenían hijos menores de 18 años. Finalmente, 28 personas indicaron que ellas o algún familiar habían estado comprometidos en algún accidente con consecuencias graves o fatales. En la Tabla 8 se presenta información respecto al ingreso reportado. Al revisar la información socio

<sup>8</sup> Las cifras reales de accidentabilidad no parecen ser manejadas en forma adecuada por las personas, a pesar de tener, en general, una noción adecuada de la comparación de peligrosidad entre rutas.

económica podemos notar que, como era de esperar, no resulta ser una muestra representativa del país, sin embargo los conductores de autos privados en vías interurbanas tampoco lo son.

**Tabla 7**  
**Distribución de Sexo y Edad**

| Edad          | Hombre | Mujer |
|---------------|--------|-------|
| Menos de 30   | 20     | 8     |
| Entre 30 y 49 | 26     | 7     |
| Entre 50 y 65 | 29     | 18    |
| Más de 65     | 1      | 1     |
| No responde   | 4      |       |

**Tabla 8**  
**Ingreso Reportado**

| Ingreso               |    |
|-----------------------|----|
| Menos de 1 \$MM       | 31 |
| Entre 1 \$MM y 2 \$MM | 41 |
| Entre 2 \$MM y 3 \$MM | 24 |
| Entre 3 \$MM y 4 \$MM | 7  |
| Sobre 4 \$MM          | 2  |
| no contestó           | 7  |

Un total de 27 personas contestó en forma lexicográfica; es decir, eligieron basándose en la superioridad de un solo atributo; esto es un resultado bastante estándar (Saelensminde, 2001). Hubo un total de 5 personas lexicográficas en la variable de peaje, 3 en la variable de tiempo, 2 en accidentes no fatales y 17 en accidentes fatales. El principal problema asociado a estas personas es que no tendrían un patrón de comportamiento compensatorio. Para una discusión al respecto ver Rizzi y Ortúzar (2003).

#### 4. MODELACION DE LAS ELECCIONES DISCRETAS

Se estimaron modelos Logit Binarios utilizando ALOGIT (Daly, 1998). Se consideraron modelos lineales en que el componente determinístico de la utilidad indirecta esta dado por una función del tipo:

$$V_{iq} = \sum_{k=1}^K \beta_{ki} x_{kiq}, \quad (1)$$

donde  $V_{iq}$  es la utilidad de la alternativa  $i$  para el individuo  $q$ ;  $X_{kiq}$  son atributos y  $\beta_{ki}$  parámetros a ser estimados. Los test estadísticos requeridos para la búsqueda de la mejor especificación, que se reporta a continuación están resumidos en Ortúzar y Willumsen (2001).

En primer lugar se estimó el modelo A1 (Tabla 9) con un parámetro para tiempo, uno para peaje, dos para accidentes fatales y dos para accidentes graves tal como se explicó en la sección de diseño. Al realizar un test de diferencia de medias entre las variables de accidentes graves obtuvimos un valor de 0,07 y para fatales de 0,74: estas variables no son significativamente

distintas. Se re-estimó el modelo A2 utilizando un solo parámetro asociado a accidentes graves, con test de diferencia de medias para las variables de accidentes fatales igual a 0,74. Finalmente estimamos el modelo A3, con un parámetro por atributo. Aunque un test de razón de verosimilitud permite rechazar la hipótesis nula que este modelo es equivalente al A2 los resultados del último nos parecieron poco plausibles por lo que decidimos escoger el modelo A3. Al excluir a los individuos lexicográficos, podemos llegar a una conclusión similar para quedarnos con el modelo que considera sólo cuatro variables, B3. En la Tabla 10, se entregan resultados más detallados asociados a estos dos modelos.

**Tabla 9**  
**Modelos de Elección Binaria Considerando, Respectivamente, las Dos Variables de Accidentes en Forma Separada, Solo una Variable Separada y Sin Separar**

| Coeficientes (test t)            | A1                               | A2                                | A3               |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Tiempo                           | -0,0749 (-10,6)                  | -0,07522 (-10,8)                  | -0,07474 (-10,9) |
| Tarifa                           | -0,00149 (-7,9)                  | -0,001505 (-8,4)                  | -0,00141 (-8,1)  |
| Accidentes fatales (alto / bajo) | -0,0606 (-2,1) / -0,02285 (-0,5) | -0,06036 (-2,1) / -0,02254 (-0,5) | -0,1237 (-7,3)   |
| Accidentes graves (alto / bajo)  | -0,02022 (-2,2) / -0,0213 (-1,7) | -0,01861 (-3,1)                   | -0,01812 (-3,1)  |
| Verosimilitud                    | -564.1608                        | -564.1895                         | -567.7427        |
| Tamaño muestra                   | 1017                             | 1017                              | 1017             |

**Tabla 10**  
**Modelos Logit Binarios para la Muestra Completa y Excluyendo Individuos Lexicográficos**

| Coeficientes (test t)          | A3               | B3               |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| Tiempo ( $\alpha$ )            | -0,07474 (-10,9) | -0,1042 (-11,3)  |
| Tarifa ( $\beta$ )             | -0,00141 (-8,1)  | -0,002096 (-8,9) |
| Accidentes fatales ( $\chi$ )  | -0,1237 (-7,3)   | -0,1131 (-5,5)   |
| Accidentes graves ( $\delta$ ) | -0,01812 (-3,1)  | -0,02852 (-3,8)  |
| $\alpha/\beta$                 | 53,01            | 49,71            |
| $\chi/\beta$                   | 87,73            | 53,96            |
| $\delta/\beta$                 | 12,85            | 13,61            |
| VRR (US\$)                     | 463.716          | 285,217          |
| VAG(US\$)                      | 67.921           | 71,939           |
| Verosimilitud                  | -567.7427        | -405.748         |
| Tamaño muestra                 | 1017             | 774              |

Podemos ver que los parámetros estimados resultan significativos y con signos correctos. El valor obtenido para la tasa marginal de sustitución entre ingreso y tiempo resulta ser consistente con otros estudios sobre el valor subjetivo del tiempo (ver Ortúzar, 2000); esto nos permitiría decir que la encuesta fue respondida en forma seria por los encuestados. En la Tabla 10 se entrega también el *valor de las reducciones de riesgo (VRR)*<sup>9</sup> y el *valor de un accidente grave (VAG)*<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Para obtener este valor se multiplica la disposición al pago individual por reducir una muerte por el número total de usuarios (3.700.000 aproximadamente) y se divide por un valor del dólar de 700 pesos por dólar.

<sup>10</sup> Este valor se calcula del mismo modo que el VRR, pero utilizando la disposición al pago individual por la reducción de un accidente grave.

En la Tabla 11 se entregan los valores subjetivos junto a sus intervalos de confianza<sup>11</sup> para estos modelos.

Es interesante poder comparar estos valores con los obtenidos por Rizzi y Ortúzar (2003). En este estudio se realizó una experiencia similar a la actual con la diferencia que sólo se consideraron accidentes fatales, tiempo y costo. El valor subjetivo asociado a la variable de accidentes fatales dio un valor de \$US 771.226 para toda la muestra y de \$US 392.817 excluyendo encuestas lexicográficas. Para poder comparar en forma directa es necesario modificar nuestro resultado considerando un valor del dólar ajustado solo por inflación<sup>12</sup>. Haciendo esto se llega a un valor de accidentes fatales de \$US 574.518 y de accidentes graves de \$US 84.157 para el caso en que está toda la muestra. En el caso en que se excluyen individuos lexicográficos obtenemos valores de \$US 353.366 y \$US 89.107 para accidentes fatales y graves respectivamente.

**Tabla 11**  
**Valores Subjetivos de Accidentes Fatales ( $\chi/\beta$ ), Graves ( $\delta/\beta$ )**  
**y del Tiempo ( $\alpha/\beta$ ) y sus Respectivos Intervalos de Confianza**

| Modelo    | $\chi/\beta$ (\$)    | $\delta/\beta$ (\$)      | $\alpha/\beta$ (\$) |
|-----------|----------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>A3</b> | 87,73 (66,43-114,19) | 12,85 (5,78-18,22)       | 53,00 (44,42-65,02) |
| <b>B3</b> | 53,96 (37,52-71,20)  | 13,6069 (7,9972-17,8585) | 49,71 (42,74-58,95) |

Llama la atención la disminución en el VRR en comparación a Rizzi y Ortúzar (2003). Este resultado puede ser explicado al considerar que en este último no se contemplaban accidentes no fatales. Este hecho puede producir que los individuos, al evaluar una ruta solo en términos de accidentes fatales, asignen a estos un mayor peso que el que les corresponde realmente.

Como última actividad de modelación, se estimaron modelos con variación en los gustos por individuo (Train, 2003): se supone que los parámetros de los cuatro atributos distribuyen según una función de probabilidad normal (Tabla 12). El modelo MA3 es similar al modelo A3 pero con variación en los gustos; ídem para el modelo MB3 en comparación al B3. Estos modelos presentan mejoras de ajuste significativas comparados con los modelos tradicionales. Los valores subjetivos son similares a los anteriores, excepto en el caso del VRR, que aumentó. En cuanto a los valores de las desviaciones estándares son todas significativas al 95%, excepto el parámetro de accidentes fatales del modelo MB3.

<sup>11</sup> Estos intervalos de han calculado utilizando la formulación entregada en ARMSTRONG, P. et al. (2001)

<sup>12</sup> Al hacer esto obtenemos un incremento de 13%, con lo que se obtiene un dólar equivalente de \$565.



**Tabla 12**  
**Modelos Logit Mixtos**

| Coeficientes (test t)          | MA3            |                | MB3            |                |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                | Parámetro      | Desv. Estándar | Parámetro      | Desv. Estandar |
| Tiempo ( $\alpha$ )            | -0,201 (-6,6)  | 0,0771 (6)     | -0,2025 (-7,5) | 0,0816 (3,8)   |
| Tarifa ( $\beta$ )             | -0,0036 (-6,2) | 0,0029 (4,3)   | -0,0039 (-6,5) | 0,0022 (3,3)   |
| Accidentes fatales ( $\chi$ )  | -0,3765 (-4,6) | 0,3981 (3,5)   | -0,2255 (-5,6) | 0,0873 (1,4)   |
| Accidentes graves ( $\delta$ ) | -0,046 (-2,5)  | 0,1011 (4,9)   | -0,0485 (-3,4) | 0,087 (4,1)    |
| $\alpha/\beta$                 | 55.82367661    |                | 51.30417101    |                |
| $\chi/\beta$                   | 104.5709632    |                | 57.13816188    |                |
| $\delta/\beta$                 | 12.76465867    |                | 12.28848127    |                |
| VRR (US\$)                     | 552732         |                | 302016         |                |
| VAG(US\$)                      | 67470          |                | 64953          |                |
| Verosimilitud                  | -420.3111112   |                | -322.6966795   |                |
| Tamaño muestra                 | 1017           |                | 774            |                |

## 5. CONCLUSIONES

Hemos podido desarrollar una encuesta en donde las personas declaran de manera implícita una preferencia por la seguridad al elegir entre dos rutas que difieren en relación a cuatro atributos. Según nuestro conocimiento, esta ha sido una investigación pionera en el uso de la técnica de análisis conjunto para la valoración de reducción de riesgo por incluir un atributo de accidentes graves. A pesar de la dificultad asociada a este tipo de elección declarada, creemos que los encuestados fueron capaces de realizar el ejercicio en forma seria y adecuada, lo que se corrobora al comparar el valor del tiempo obtenidos con los hallados en estudios dedicados a este tema. Creemos haber logrado, además, un avance en la valoración de reducciones de riesgo en relación al trabajo realizado mediante valoración contingente y algunas de sus variantes. Una encuesta de análisis conjunto se presenta como una alternativa más conveniente, pues se presenta un contexto de decisión más abordable para el encuestado.

En términos de valores subjetivos, hemos sido capaces de entregar intervalos para los valores asociados a la reducción del número de víctimas fatales y de accidentados graves. Al modelar la muestra completa utilizando un modelo de tipo Logit binario pudimos encontrar un intervalo de confianza para el valor de reducción de accidentes fatales bastante amplio (\$US 351.151 - \$US 603.564). Al remover a los individuos lexicográficos llegamos a un intervalo más pequeño (\$US 198.322 - \$US 376.344). Con respecto al valor asociado a accidentes graves para la muestra completa y sin lexicográficos, los intervalos son, respectivamente (\$US 30.553 - \$US 96.287) y (\$US 42.270 - \$US 94.394). Cabe mencionar que el valor calculado en Chile para accidentes fatales es de alrededor de US\$33.000 y para accidentes graves es de US\$ 5.000 aproximadamente (CITRA, 1996).

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a Carlos Torres, por su eficiente programación de la página web donde se instaló la encuesta y a Nicole Moreau de la Meusse por la conducción de los grupos focales. También se agradecen los comentarios y sugerencias del Prof. Huw Williams. Finalmente,

debemos agradecer a FONDECYT (Proyecto 1020981) y al Gobierno Regional de la Región Metropolitana de Santiago (a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional) por haber proporcionado los fondos para financiar esta investigación.

## REFERENCIAS

Armstrong, P., Garrido, R. y Ortúzar, J. de D. (2001) Confidence intervals to bound the value of time. **Transportation Research** 37E, 143-161.

Bronfman, N. y Cifuentes, L. (2002) **Risk perception in a developing country: the case of Chile**. Departamento de Ingeniería de Sistemas, Pontificia Universidad Católica de Chile.

CITRA (1996) **Investigación diseño de programa de seguridad vial nacional**. Para el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Daly, A.J. (1998) **ALOGIT 3.8 User's Guide**. Hague Consulting Group, The Hague.

Iraguen, P. and Ortúzar, J de D. (2003) Willingness-to-pay for reducing fatal accident risk in urban areas: an internet-based web page stated preference survey. **Accident Analysis and Prevention (in press)**.

Kahneman, D. y Tversky, A. (1979) Prospect theory. **Econometrica**, 47, 263-292.

Ortúzar, J de D. (2000). Modelling route and multimodal choices with revealed and stated preference data. Stated preferences modeling techniques. **Perspectives** 4, pp 219-318. PTRC, London

Ortuzar, J. de D. and Willumsen, L.G (2001) **Modelling Transport**. Third Edition, John Wiley and Sons, Chichester.

Rizzi, L. I. y Ortúzar, J de D. (2003) Stated preference in the valuation of interurban road safety. **Accident Analysis and Prevention**. 35, 9-22.

Saelensminde, K. (2001) Inconsistent choices in stated choice data, use of the logit scaling approach to handle resulting variance increases. **Transportation Research** 4D, 13-27.

Train, K.E. (2003) **Discrete Choice Methods with Simulation**. Cambridge University Press, Cambridge.

## ANEXO: Tablas

**Tabla 3**  
**Tablas Ortogonales en Forma Muda y Aplicando los Valores de Nuestro Caso**

|          | Variables* |   |   |   |   |   | Variables** |        |         |         |        |        |
|----------|------------|---|---|---|---|---|-------------|--------|---------|---------|--------|--------|
|          | A          | B | C | D | E | F | \$          | Tiempo | accnf-a | accnf-b | accf-a | accf-b |
| Bloque 1 | 0          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1500        | -20    | 52      | 35      | 16     | 11     |
|          | 0          | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1500        | -10    | 56      | 46      | 16     | 12     |
|          | 0          | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1500        | -30    | 65      | 40      | 16     | 14     |
|          | 1          | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | -1000       | -20    | 65      | 35      | 20     | 14     |
|          | 1          | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | -1000       | -10    | 52      | 46      | 20     | 11     |
|          | 1          | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | -1000       | -30    | 56      | 40      | 20     | 12     |
|          | 2          | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 500         | -20    | 56      | 35      | 17     | 12     |
|          | 2          | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 500         | -10    | 65      | 46      | 17     | 14     |
| Bloque 2 | 2          | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 500         | -30    | 52      | 40      | 17     | 11     |
|          | 0          | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1500        | -20    | 65      | 46      | 17     | 12     |
|          | 0          | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1500        | -10    | 52      | 40      | 17     | 14     |
|          | 0          | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1500        | -30    | 56      | 35      | 17     | 11     |
|          | 1          | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | -1000       | -20    | 56      | 46      | 16     | 11     |
|          | 1          | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | -1000       | -10    | 65      | 40      | 16     | 12     |
|          | 1          | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | -1000       | -30    | 52      | 35      | 16     | 14     |
|          | 2          | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 500         | -20    | 52      | 46      | 20     | 14     |
| Bloque 3 | 2          | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 500         | -10    | 56      | 40      | 20     | 11     |
|          | 2          | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 500         | -30    | 65      | 35      | 20     | 12     |
|          | 0          | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1500        | -20    | 56      | 40      | 20     | 14     |
|          | 0          | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1500        | -10    | 65      | 35      | 20     | 11     |
|          | 0          | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1500        | -30    | 52      | 46      | 20     | 12     |
|          | 1          | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1000       | -20    | 52      | 40      | 17     | 12     |
|          | 1          | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | -1000       | -10    | 56      | 35      | 17     | 14     |
|          | 1          | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | -1000       | -30    | 65      | 46      | 17     | 11     |
| Bloque 3 | 2          | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 500         | -20    | 65      | 40      | 16     | 11     |
|          | 2          | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 500         | -10    | 52      | 35      | 16     | 12     |
|          | 2          | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 500         | -30    | 56      | 46      | 16     | 14     |

\* Las variables son: \$, *peaje*; Tiempo, *tiempo de viaje*; accnf-a, *heridos graves al año en su nivel alto*; accnf-b, *heridos graves al año en su nivel bajo*; accf-a *víctimas fatales al año en su nivel alto*; accf-b *víctimas fatales al año en su nivel bajo*.

**Tabla 4**  
**Situaciones Ortogonales de Elección**

|          | Ruta 1      |           |           |           | Ruta 2      |           |           |           |
|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
|          | \$          | Tiempo    | acc-nf*   | acc-f**   | \$          | Tiempo    | acc-nf*   | acc-f**   |
| Bloque 1 | 2500        | 80        | 52        | 16        | 4000        | 60        | 35        | 11        |
|          | 2500        | 90        | 56        | 16        | 4000        | 80        | 46        | 12        |
|          | 2500        | 85        | 65        | 16        | 4000        | 55        | 40        | 14        |
|          | <b>4000</b> | <b>80</b> | <b>65</b> | <b>20</b> | <b>3000</b> | <b>60</b> | <b>35</b> | <b>14</b> |
|          | <b>4000</b> | <b>90</b> | <b>52</b> | <b>20</b> | <b>3000</b> | <b>80</b> | <b>46</b> | <b>11</b> |
|          | <b>4000</b> | <b>85</b> | <b>56</b> | <b>20</b> | <b>3000</b> | <b>55</b> | <b>40</b> | <b>12</b> |
|          | 3300        | 80        | 56        | 17        | 3800        | 60        | 35        | 12        |
|          | 3300        | 90        | 65        | 17        | 3800        | 80        | 46        | 14        |
|          | 3300        | 85        | 52        | 17        | 3800        | 55        | 40        | 11        |
| Bloque 2 | 2500        | 80        | 65        | 17        | 4000        | 60        | 46        | 12        |
|          | 2500        | 90        | 52        | 17        | 4000        | 80        | 40        | 14        |
|          | 2500        | 85        | 56        | 17        | 4000        | 55        | 35        | 11        |
|          | <b>4000</b> | <b>80</b> | <b>56</b> | <b>16</b> | <b>3000</b> | <b>60</b> | <b>46</b> | <b>11</b> |
|          | <b>4000</b> | <b>90</b> | <b>65</b> | <b>16</b> | <b>3000</b> | <b>80</b> | <b>40</b> | <b>12</b> |
|          | <b>4000</b> | <b>85</b> | <b>52</b> | <b>16</b> | <b>3000</b> | <b>55</b> | <b>35</b> | <b>14</b> |
|          | 3300        | 80        | 52        | 20        | 3800        | 60        | 46        | 14        |
|          | 3300        | 90        | 56        | 20        | 3800        | 80        | 40        | 11        |
|          | 3300        | 85        | 65        | 20        | 3800        | 55        | 35        | 12        |
| Bloque 3 | 2500        | 80        | 56        | 20        | 4000        | 60        | 40        | 14        |
|          | 2500        | 90        | 65        | 20        | 4000        | 80        | 35        | 11        |
|          | 2500        | 85        | 52        | 20        | 4000        | 55        | 46        | 12        |
|          | <b>4000</b> | <b>80</b> | <b>52</b> | <b>17</b> | <b>3000</b> | <b>60</b> | <b>40</b> | <b>12</b> |
|          | <b>4000</b> | <b>90</b> | <b>56</b> | <b>17</b> | <b>3000</b> | <b>80</b> | <b>35</b> | <b>14</b> |
|          | <b>4000</b> | <b>85</b> | <b>65</b> | <b>17</b> | <b>3000</b> | <b>55</b> | <b>46</b> | <b>11</b> |
|          | 3300        | 80        | 65        | 16        | 3800        | 60        | 40        | 11        |
|          | 3300        | 90        | 52        | 16        | 3800        | 80        | 35        | 12        |
|          | 3300        | 85        | 56        | 16        | 3800        | 55        | 46        | 14        |

\* acc-nf, corresponde a la variable de *heridos graves al año*

\*\* acc-f, corresponde a la variable de *víctimas fatales al año*

**Tabla 5**  
**Situaciones de Elección Finales**

|          | Ruta 1 |        |         |         | Ruta 2 |        |         |         |
|----------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|
|          | \$     | Tiempo | acc-nf* | acc-f** | \$     | Tiempo | acc-nf* | acc-f** |
| Bloque 1 | 2500   | 80     | 52      | 16      | 4000   | 60     | 35      | 11      |
|          | 2500   | 90     | 56      | 16      | 4000   | 80     | 46      | 12      |
|          | 2500   | 85     | 65      | 16      | 4000   | 55     | 40      | 14      |
|          | 3000   | 80     | 65      | 14      | 4000   | 60     | 35      | 20      |
|          | 3000   | 90     | 52      | 20      | 4000   | 80     | 46      | 11      |
|          | 3000   | 85     | 40      | 20      | 4000   | 55     | 56      | 12      |
|          | 3300   | 80     | 56      | 17      | 3800   | 60     | 35      | 12      |
|          | 3300   | 80     | 65      | 17      | 3800   | 90     | 46      | 14      |
|          | 3300   | 85     | 52      | 17      | 3800   | 55     | 40      | 11      |
| Bloque 2 | 2500   | 80     | 65      | 17      | 4000   | 60     | 46      | 12      |
|          | 2500   | 90     | 52      | 17      | 4000   | 80     | 40      | 14      |
|          | 2500   | 85     | 56      | 17      | 4000   | 55     | 35      | 11      |
|          | 3000   | 80     | 56      | 11      | 4000   | 60     | 46      | 16      |
|          | 3000   | 90     | 65      | 16      | 4000   | 80     | 40      | 12      |
|          | 3000   | 85     | 35      | 16      | 4000   | 55     | 52      | 14      |
|          | 3300   | 80     | 52      | 20      | 3800   | 60     | 46      | 14      |
|          | 3300   | 80     | 56      | 20      | 3800   | 90     | 40      | 11      |
|          | 3300   | 85     | 65      | 20      | 3800   | 55     | 35      | 12      |
| Bloque 3 | 2500   | 80     | 56      | 20      | 4000   | 60     | 40      | 14      |
|          | 2500   | 90     | 65      | 20      | 4000   | 80     | 35      | 11      |
|          | 2500   | 85     | 52      | 20      | 4000   | 55     | 46      | 12      |
|          | 3000   | 80     | 52      | 12      | 4000   | 60     | 40      | 17      |
|          | 3000   | 90     | 56      | 17      | 4000   | 80     | 35      | 14      |
|          | 3000   | 85     | 46      | 17      | 4000   | 55     | 65      | 11      |
|          | 3300   | 80     | 65      | 16      | 3800   | 60     | 40      | 11      |
|          | 3300   | 80     | 52      | 16      | 3800   | 90     | 35      | 12      |
|          | 3300   | 85     | 56      | 16      | 3800   | 55     | 46      | 14      |

\* acc-nf, corresponde a la variable de *heridos graves al año*

\*\* acc-f, corresponde a la variable de *víctimas fatales al año*