

## **MODELACIÓN CONJUNTA DE LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO A ACTIVIDADES Y ELECCIÓN MODAL PARA LA MUESTRA TASTI**

Paulina Greeven, Sergio Jara-Díaz, Marcela A. Munizaga

Departamento de Ingeniería Civil

Universidad de Chile

Fono: 56-2-6784380; Fax: 56-2-6894206

Casilla 228-3, Santiago, Chile

E-mail: mamuniza@cec.uchile.cl

### **RESUMEN**

En este trabajo se reporta los primeros resultados obtenidos al utilizar el marco microeconómico de modelación conjunta de asignación de tiempo a actividades y viajes (Jara-Díaz y Guevara, 2003; Jara-Díaz y Guerra, 2003) aplicado a una base de datos ad-hoc, recolectada encuestando a personas que trabajan en el centro de Santiago y que viven en el entorno del corredor Vicuña Mackenna. A partir de los modelos calibrados se estiman el valor del tiempo como recurso (valor del ocio, positivo), y los valores de asignar tiempo al trabajo y al viaje (que resultan negativos) para esas personas. Se predice cómo reasignarían su tiempo los usuarios si se vieran enfrentados a cambios exógenos en el sistema de transporte, en las restricciones sobre el sistema de actividades, y/o en la tasa salarial. En este artículo se presenta el sistema de modelación que rige las decisiones de asignación de tiempo a actividades y modo de viaje, una descripción de la base de datos, los resultados de los modelos calibrados, y su análisis e interpretación.

## 1. INTRODUCCION

La derivación microeconómica de la función de utilidad indirecta condicional (FUIIC) de los modelos discretos de elección de viaje, requiere de la existencia implícita de demandas condicionales tanto para bienes como para tiempos de actividad (Jara Díaz, 1994; 1998). Este marco fue aplicado por Jara-Díaz y Guevara (2003) para la estimación conjunta de un modelo de elección modal y un modelo de oferta laboral. Luego fue extendido a la modelación de todas las actividades (Jara-Díaz y Guerra, 2003). En este trabajo se reporta los primeros resultados obtenidos al aplicar este marco general microeconómico a una base de datos ad-hoc. La base de datos fue recolectada encuestando a personas que trabajan en el centro de Santiago y que viven hacia el sur de la ciudad, en el entorno del corredor Vicuña Mackenna. Los modelos calibrados permiten tener estimaciones de los valores del tiempo como recurso (valor del ocio, positivo), el valor de asignar tiempo al trabajo (que puede ser positivo o negativo) y el valor de asignar tiempo al viaje (se espera que sea siempre negativo) para esas personas. Asimismo, el modelo permite predecir cómo reasignarían su tiempo los usuarios si se vieran enfrentados a cambios en el sistema de transporte y/o en el sistema de actividades. Mostramos que estimar ambos tipo de modelos sobre la misma población hace posible obtener información muy rica con respecto a preferencias individuales y los valores del tiempo definidos en la literatura.

En la siguiente sección se presentan los elementos centrales del modelo general que sirve como marco para la estimación. Luego se incluye una descripción de la base de datos TASTI (*Time Assignment, Travel and Income*). Las secciones 4 y 5 contienen los resultados del proceso de calibración, y su análisis, respectivamente. En la última sección se sintetiza las principales conclusiones del trabajo.

## 2. EL MODELO GENERAL DE ACTIVIDADES Y CONSUMO DE BIENES.

Consideremos el siguiente modelo planteado por Jara-Díaz y Guevara (2003) siguiendo la formulación general de DeSerpa (1971)

$$\text{Max } U = \Omega T_w^{\theta_w} T_t^{\theta_t} \prod_{i \in I} T_i^{\theta_i} \prod_{k \in K} X_k^{\eta_k} \quad (1)$$

$$wT_w - \sum_{k \in K} P_k X_k - c_t \geq 0 \leftarrow \lambda \quad (2)$$

$$\tau - \sum_{i \in I} T_i - T_w - T_t = 0 \leftarrow \mu \quad (3)$$

$$T_t - T_t^{\text{Min.}} \geq 0 \leftarrow \kappa_t \quad (4)$$

donde  $U$  es la función de la utilidad,  $X$ ,  $P$  y  $T$  son vectores de los bienes consumidos, precios de los bienes y tiempo asignado a actividades respectivamente,  $T_w$  corresponde al tiempo de trabajo variable,  $w$  es la tasa salarial,  $c_t$  es el costo del viaje,  $\tau$  es tiempo total del período a considerar,  $T_t^{\text{Min.}}$  corresponder a una restricción exógena de tiempo mínimo de viaje,  $I$  y  $K$  son los conjuntos de todas las actividades (menos trabajo y viaje) y todos bienes respectivamente. Finalmente,  $\lambda$ ,  $\mu$  y  $\kappa_t$  son multiplicadores de Lagrange.

Seguendo la derivación de Jara-Díaz y Guerra (2003), se obtiene el siguiente conjunto de ecuaciones para el trabajo, las actividades y el consumo de bienes

$$T_w^* = \beta(\tau - T_t^{Min}) + \alpha \frac{c_t}{w} + \sqrt{\left( \beta(\tau - T_t^{Min}) + \alpha \frac{c_t}{w} \right)^2 - (2\alpha + 2\beta - 1)(\tau - T_t^{Min}) \frac{c_t}{w}} \quad (5)$$

$$T_i^* = \frac{\theta_i}{A} (\tau - T_w^* - T_t^{Min}) \quad \forall i \in I \quad (6)$$

$$X_k^* = \frac{\eta_k}{P_k B} (w T_w^* - c_t) \quad \forall k \in K \quad (7)$$

donde se define  $B$  como la suma de todos los exponentes de los bienes y  $A$  es definido como la suma de los exponentes de todas las actividades (menos trabajo y viaje). Además

$$\alpha = \frac{(A + \theta_w)}{2(A + B + \theta_w)}; \quad \beta = \frac{(B + \theta_w)}{2(A + B + \theta_w)}; \quad \gamma_j = \frac{\theta_j}{(A + B + \theta_w)} \quad \forall j \in I \wedge j \neq t \quad (8)$$

La función de utilidad indirecta condicional (FUIC) que representa la utilidad modal se obtiene reemplazando los valores óptimos (funciones) de las ecuaciones (5), (6) y (7) en (1)

$$V_t = \left( \frac{\Omega}{A^A B^B} \prod_{k \in K} \left( \frac{\eta_k}{P_k} \right)^{\eta_k} \prod_{i \in I} (\theta_i)^{\theta_i} \right) (w T_w^* - c_t)^B (\tau - T_w^* - T_t^{Min})^A T_w^{*\theta_w} T_t^{Min\theta_t} \quad (9)$$

Como el problema no cambia ante transformaciones monótonamente crecientes de la función de utilidad, podemos normalizar tomando la raíz  $(A+B+\theta_w)$  en la ecuación (24). Usando las definiciones (8) se tiene

$$V_t = \Omega (w T_w^* - c_t)^{1-2\alpha} (\tau - T_w^* - T_t^{Min})^{1-2\beta} T_w^{*2\alpha+2\beta-1} T_t^{Min\gamma_t} \quad (10)$$

Las ecuaciones (5), (6), (7) y (10) forman un sistema de modelos para la asignación de tiempo de actividades, consumo de bienes y elección de modo conteniendo los parámetros comunes ( $\alpha$  y  $\beta$ ), los parámetros específicos de los bienes ( $\eta_k$ ) y los parámetros específicos de las actividades ( $\theta_i$ ).

Este sistema puede extenderse más allá de la actividad del viaje, incluyendo otras actividades restringidas considerando simplemente que su tratamiento es similar al tiempo de viaje dentro del modelo. Análogamente, también pueden ser incluidos en el modelo los consumos mínimos exógenos (gastos fijos) o los ingresos no laborales. Los ingresos y gastos fijos pueden ser incluidos de modo similar al costo de viaje, y puede sumarse (o restarse) sin alterar las condiciones de primer orden o el modelo. Sea  $I$  el conjunto de todas las actividades irrestrictas (libres) y  $R$  el conjunto de las actividades a las cuales el usuario asignará el mínimo tiempo posible (restringidas). Sea  $J$  es el conjunto de los bienes cuyo consumo tiene un mínimo (activo),  $K$  el de los bienes irrestrictos y  $I_f$  el ingreso fijo. Notando que ahora  $A$  y  $B$  representan las sumas sobre las variables irrestrictas, y definiendo

$$G_f = \left( \sum_{j \in J} P_j X_j^{Min.} - I_f \right), \quad T_f = \sum_{r \in R} T_r^{Min.} \quad y \quad \varphi_k = \eta_k / (A + B + \theta_w) \quad (11)$$



tenemos la versión general de ecuación (5), el modelo de oferta laboral, que genera el sistema completo generalizado

$$T_w^* = \beta(\tau - T_f) + \alpha \frac{G_f}{w} + \sqrt{\left( \beta(\tau - T_f) + \alpha \frac{G_f}{w} \right)^2 - (2\alpha + 2\beta - 1)(\tau - T_f) \frac{G_f}{w}} \quad (12)$$

$$T_i^* = \frac{\gamma_i}{(1 - 2\beta)} (\tau - T_w^* - T_f) \quad \forall i \in I \quad (13)$$

$$X_k^* = \frac{\varphi_k}{P_k(1 - 2\alpha)} (wT_w^* - G_f) \quad \forall k \in K \quad (14)$$

$$V^* = \Omega(wT_w^* - G_f)^{1-2\alpha} (\tau - T_w^* - T_f)^{1-2\beta} T_w^{*2\alpha+2\beta-1} \prod_{r \in R} T_r^{Min \gamma_r} \prod_{j \in J} X_j^{Min. \varphi_j} \quad (15)$$

Debido a las restricciones de ingreso (2) y tiempo (3), sólo  $n-1$  modelos de asignación de tiempo o consumo de bienes pueden estimarse (con  $n$  cardinal del correspondiente conjunto de actividades o bienes irrestrictos). Por otro lado, se puede formular y estimar tantos modelos de elección discreta como variables restringidas existan, a menos que una opción determine dos o más variables simultáneamente. Si no se conoce exactamente qué actividades (o bienes) son restringidos, se puede explorar empíricamente variaciones en la definición de  $R$  y  $J$ . Cabe hacer notar que la ecuación de consumo (14) puede ser fácilmente transformada a una de gasto en un bien, cuya forma permite agregar consumos para estimar modelos más agregados, al igual que en la ecuación (13) con los tiempos asignados.

El sistema completo de modelos no sólo es particularmente útil para la estimación eficiente de los parámetros, sino también para calcular los diferentes conceptos de valor del tiempo. Estos son el valor de tiempo como un recurso (el valor de ocio), el valor de asignar tiempo a una actividad específica, y el valor de ahorrar tiempo en una actividad restringida específica. Siguiendo a Jara-Díaz y Guerra (2003), el valor del ocio se calcula como

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{1 - 2\beta}{1 - 2\alpha} \frac{(wT_w^* - G_f)}{(\tau - T_w^* - T_f)} \quad (16)$$

el valor de asignar tiempo a una actividad  $t$  es

$$\frac{\partial U / \partial T_t}{\lambda} = \frac{\theta_t}{T_t} \frac{U}{\lambda} = \frac{\gamma_t}{1 - 2\alpha} \frac{(wT_w^* - G_f)}{T_t} \quad (17)$$

y el valor de ahorrar tiempo en esa actividad es

$$\frac{\kappa_t}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\theta_t}{T_t} \frac{U}{\lambda} = \frac{1 - 2\beta}{1 - 2\alpha} \frac{(wT_w^* - G_f)}{(\tau - T_w^* - T_f)} - \frac{\gamma_t}{1 - 2\alpha} \frac{(wT_w^* - G_f)}{T_t} \quad (18)$$

Finalmente, el valor de asignar tiempo al trabajo es

$$\frac{\partial U / \partial T_w}{\lambda} = \frac{2\alpha + 2\beta - 1}{1 - 2\alpha} \frac{(wT_w^* - G_f)}{T_w^*} \quad (19)$$

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Para calibrar estos modelos se recogió una base de datos ad-hoc, a la cual llamamos TASTI (Jara-Díaz *et al.*, 2002). Es una base de datos pequeña, muy detallada y confiable. Las más importantes *características de los individuos* están relacionadas con la actividad dominante (trabajo, estudio u otras), la estructura laboral (en el caso de trabajadores), y el ingreso que perciben, identificando las componentes fijas y variables de este. La *información de actividades* incluye principalmente la cantidad de tiempo asignado a todas las actividades realizadas, definidas de acuerdo a un cierto nivel de agregación. La *información de viajes* incluye el propósito del viaje, origen, destino, modos de transporte disponibles, y variables de nivel de servicio para todas las alternativas. Lamentablemente no fue posible obtener información sobre la estructura de consumo.

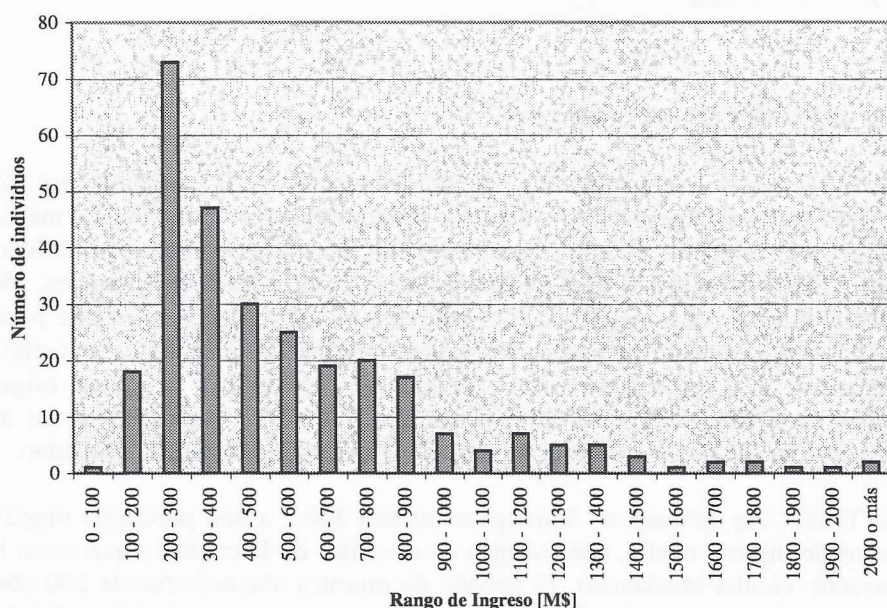
La encuesta TASTI fue aplicada en Santiago en el año 2001, a una población objetivo definida como personas de ingreso medio, que trabajan en el centro de la ciudad y que viven hacia el sur de éste (corredor Vicuña Mackenna). El tamaño de muestra obtenido fue de 290 observaciones válidas. Las actividades están clasificadas en 39 categorías, más la actividad “viaje” que está desagregada en 11 modos de transporte (puros y combinados). Una vez recogida la información de actividades y viajes se midió variables de nivel de servicio en el corredor, las cuales están disponibles para los viajes desde el hogar al trabajo y desde el trabajo al hogar.

De los 290 trabajadores, 42,4% son mujeres y casi el 70% son personas casadas. Cerca de la mitad de los encuestados está entre los 35 y 49 años. El nivel educacional es principalmente “técnico profesional completo” o “título universitario”, categorías que dan cuenta del 67% de la muestra. El porcentaje de personas que estudia además de trabajar es 20%, y casi la mitad de ellos pertenece al rango de edad 25-34. El tamaño de hogar promedio en la muestra es 3,8 personas (moda=4, 76% entre tres y cinco personas.) y hay 1,9 trabajadores por hogar en promedio (moda=2). Un tercio de los individuos son el único sustento del hogar (dos tercios de estos son hombres) y 62% de los encuestados tiene licencia de conducir. Por otro lado, la gran mayoría de los encuestados tiene contrato de trabajo, horario y salario fijos en su trabajo principal (14% de los encuestados tiene más de un trabajo, el que generalmente es sin contrato y tiene salario variable). Ante la pregunta directa y específica, tanto los que tienen trabajo secundario como los que no lo tienen, se declaran conforme con la cantidad de horas que trabajan por semana, lo que permitió trabajar con la hipótesis de equilibrio laboral de largo plazo. Esto significa que aún aquellos que tienen horario fijo han llegado a él por búsqueda y negociación sobre la base de combinación de horario y salario aceptable.

El histograma de ingreso de la Figura 1 muestra que la frecuencia decrece con el rango de ingreso a partir del tercer intervalo. El 51% de las personas perciben un ingreso entre 200 y 500 mil pesos y el 30% entre 500 mil y un millón. Los valores extremos del histograma están bastante alejados, con un máximo sobre los dos millones, y un mínimo levemente menor que 100 mil pesos. Cabe recordar que en Chile la razón entre el ingreso promedio del primer y último quintil es de 15,3.

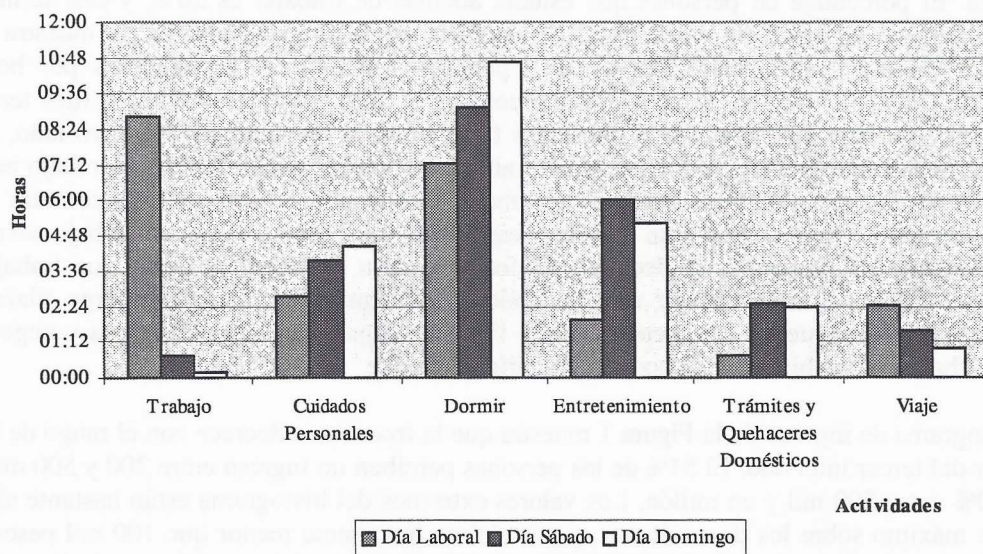


En esta muestra se observan diferencias según género, edad y nivel educacional. Los ingresos que no provienen del trabajo tienen alguna relevancia para 39 individuos.



**Figura 1: Histograma de ingreso total**

En la Figura 2 se muestra el tiempo promedio asignado a seis actividades agregadas para los individuos de la muestra. Se puede ver que, de acuerdo a lo esperado, en un día laboral las personas trabajan cerca de nueve horas y duermen siete horas y cuarto (en promedio). Durante el fin de semana aumenta la dedicación a las actividades dormir (llegando a cerca de once horas el domingo), cuidados personales, entretenimiento, y trámites y quehaceres domésticos.



**Figura 2: Tiempo promedio asignado a actividades (para toda la muestra)**

Cabe señalar que un análisis detallado de la información (Jara-Díaz *et al.*, 2002) muestra otros aspectos, como por ejemplo que la mayoría de los encuestados realiza simultáneamente las mismas actividades (patrón), y que hay ciertas diferencias según género y edad.

La información necesaria para la calibración de modelos de elección discreta de modo de viaje está disponible para el viaje de la mañana para 226 individuos, y para el viaje de la tarde para 196 individuos. Las variables de nivel de servicio son: tiempo en el vehículo, tiempo de caminata de acceso, tiempo de espera, tiempo de caminata de egreso y costo del viaje. En la Tabla 1 se muestra los valores promedio de tiempos y costos, así como el porcentaje de la muestra que elige y que tiene disponible cada uno de los modos, para el viaje de la mañana. Se puede ver que el principal medio de transporte de los usuarios de esta muestra es el bus, seguido del metro, que sumando su participación como modo puro a su uso en combinación con otros modos, llega al 44%. Se puede ver también que hay algunos modos combinados que tienen una muy baja participación de mercado, por lo cual no fueron incluidos en la modelación.

**Tabla 1: Información de partición modal**

Modo	Valor promedio para el modo elegido		Valor porcentual de	
	Tiempo [min]	Costo [pesos]	Elección	Disponibilidad
Auto chofer	36,8	2.277	4,0	48,2
Auto chofer-metro	39,9	1.274	5,8	42,9
Auto acompañante	36,9	0	6,2	47,8
Auto acompañante-metro	38,7	309	7,1	45,6
Auto acompañante-bus	46,2	300	0,9	37,6
Bus	54,1	300	39,8	93,8
Bus-metro	48,2	611	9,3	80,5
Taxi colectivo	50,1	913	2,7	23,0
Taxi colectivo-metro	48,4	697	10,6	50,0
Taxi colectivo-bus	54,1	692	0,9	50,0
Metro	41,5	296	10,6	23,9
Taxi	39,9	5.873	1,3	100,0
Taxi-metro	40,5	2.081	0,9	91,6

## 4. MODELACIÓN DE ACTIVIDADES Y VIAJES

### 4.1. Modelo Discreto

Utilizando la información recolectada para las variables de nivel de servicio de los viajes desde el hogar al trabajo (muestra mañana) se modeló la elección modal de los individuos. Las alternativas consideradas para la modelación incluyen: auto chofer (AC), auto chofer y metro (AC y M), auto acompañante (AA), auto acompañante y metro (AA y M), bus (B), bus y metro (B y M), taxi colectivo (TC), taxi colectivo y metro (TC y M) y metro (M). Se utilizó una utilidad modal lineal en las variables explicativas y se probaron distintas especificaciones para la estructura de error (logit multinomial, jerárquico y mixto), agregaciones de las variables explicativas y segmentaciones basadas en variables socioeconómicas para los parámetros,



encontrándose que el mejor modelo corresponde a un logit multinomial con una utilidad modal que considera costo y tiempo total de viaje sin segmentación de parámetros.

#### 4.2. Modelo Continuo

Como se explicó en la sección 3, no se dispone en TASTI de información sobre gastos que realizan los encuestados, por lo que la estimación del modelo incluye solamente las ecuaciones (12) y (13), considerando la semana como período de modelación. La información de actividades fue agrupada en seis categorías: Trabajo, Cuidados Personales, Dormir, Entretenimiento, Trámites y Quehaceres Domésticos y Viajes. Las dos últimas fueron consideradas restringidas a sus tiempos mínimos. El tiempo asignado al Trabajo es modelado a través de la ecuación (12), mientras que los tiempos asignados a Cuidados Personales y Entretenimiento están modelados por la ecuación (13). La tercera actividad irrestricta corresponde a Dormir, la cual no es modelada pues puede ser obtenida a partir de la restricción de tiempo. En la variable  $G_f$ , han sido incluidos gasto semanal en transporte, costo de estacionamiento, si la persona reportaba tener un contrato por este, y se sumó una aproximación de gastos mínimos semanales en otros ítems, correspondiente a \$10.266. Este último valor fue obtenido de la Quinta Encuesta de Presupuestos Familiares realizada por el INE durante 1996 – 1997, y corresponde al gasto per cápita del quintil 1, actualizado al año 2001 utilizando el IPC. Finalmente, en la variable  $G_f$ , también se consideró todos los ingresos no laborales reportados por lo individuos (ecuación 11).

Para la calibración del modelo, se supuso un error aditivo Normal para cada ecuación, con distintas desviaciones estándar para cada uno. Se espera que la presencia de parámetros y variables exógenas comunes a todas las ecuaciones cause correlación entre éstas, por lo que debe ser considerada a la hora de estimar el sistema. Se utilizó la metodología de Máxima Verosimilitud con Información Completa para la estimación del sistema permitiendo heteroscedasticidad a través de ecuaciones y correlación entre ellas. De la muestra de modelación se excluyó individuos que reportaron tiempos asignados a las actividades modeladas iguales a cero y/o que presentaban valores no reportados o incorrectos para las variables necesarias para la modelación.

#### 4.3. Modelo Conjunto

Para la calibración conjunta de los modelos descritos anteriormente, que en principio son de naturaleza distinta, discreto y continuo, se utilizó el enfoque propuesto por Lee (1983) que permite incluir correlaciones entre las distintas decisiones, desarrollándolo aquí para el caso de tres ecuaciones continuas y una elección discreta. Cabe mencionar que el caso de una ecuación continua y una discreta fue usado por Munizaga *et al.* (2003) para re-estimar el modelo original de trabajo y viaje (Jara-Díaz y Guevara, 2003) considerando correlaciones.

La muestra está compuesta por 179 individuos que poseen toda la información necesaria para la calibración de los tres modelos. En anexo se muestra los parámetros calibrados para las distintas especificaciones. Además, se han incluido los valores del estadígrafo LR que permite comparar distintas versiones de los modelos en términos de las correlaciones incluidas. Se puede ver que el modelo de actividades reportado supera ampliamente a una versión sin correlaciones. En el caso del modelo continuo, el test LR muestra que el modelo reportado es superior a su versión sin correlaciones, y a su vez que se debe preferir a uno que incorpora todas las correlaciones



discreto-continuas posibles (27 en total: 9 modos, 3 ecuaciones continuas). Los parámetros de tiempo y costo obtenidos en el modelo de partición modal, tanto solo como incorporado al modelo conjunto, son razonables. Los parámetros del modelo de actividades son mejor interpretados a través de los cálculos de valores del tiempo, reportados en la sección siguiente.

## 5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A partir de los parámetros calibrados se puede calcular todas las componentes del valor subjetivo del tiempo definidas en la literatura. Los valores del tiempo como recurso y asignado al trabajo pueden ser obtenidos de las ecuaciones (16) y (19), mientras que el valor de ahorrar tiempo de viaje se obtiene al dividir los parámetros de tiempo y costo de partición modal. Finalmente, es posible obtener el valor de asignar tiempo al viaje como la diferencia entre el valor del tiempo como recurso y de ahorrar tiempo de viaje. En la Tabla 2 se presenta los valores subjetivos obtenidos de los distintos modelos. Se puede ver que el valor de asignar tiempo al trabajo es negativo, lo cual indica que, en el margen, a las personas de esta muestra les disgusta trabajar. El valor del ocio o valor del tiempo como recurso obtenido es cerca de 0,7 veces la tasa salarial; el calcularlo de esta manera permite compararlo con valores que se podrá obtener en el futuro para otras muestras. De los resultados del modelo conjunto se puede ver también que estos usuarios perciben su viaje al trabajo de la mañana como algo que genera desutilidad, más allá del costo de oportunidad del tiempo que invierten en esa actividad ( $\kappa/\lambda > \mu/\lambda$ ).

**Tabla 2: Valores promedio [\$/min] (t-est)**

Modelo	$\mu/\lambda$	$(\partial U/\partial T_w)/\lambda$	$W$	$\kappa/\lambda$ tiempo viaje	$(\partial U/\partial T)/\lambda$ tiempo viaje
Actividades	31,1 (28,0)	-15,7 (-29,7)	46,7	-	-
Partición modal	-	-	46,7	30,3 (2,0)	-
Conjunto	31,0 (26,0)	-15,8 (-11,5)	46,7	35,5 (2,1)	-4,5 (-0,3)

Por otra parte, los parámetros calibrados del modelo conjunto pueden ser usados para predecir los cambios en la asignación de tiempo y/o elección de modo de estos individuos frente a distintos escenarios. Los escenarios posibles están divididos en dos tipos: cambios en las variables explicativas del modelo continuo, como la tasa salarial o tiempo semanal en transporte, y variaciones en las variables de nivel de servicio del viaje del hogar al trabajo. Este último tipo de escenarios causará cambios en las probabilidades de elección de los modos, pero también afectará la asignación de tiempo a las actividades modeladas, ya que este viaje esta incluido en el tiempo semanal en transporte que es una de las variables explicativas del modelo continuo. El uso de una aproximación lineal en la utilidad modal no permite ver los posibles cambios en la partición modal que causarían variaciones en las variables explicativas del modelo de actividades.

En la Tabla 3, se presenta las variaciones de los tiempos modelados frente a cambios de algunas variables del modelo de actividades. La situación base representa la asignación de tiempo a actividades observada en la muestra de calibración. Se puede apreciar que, a pesar de aplicar variaciones considerables en las variables explicativas, el efecto en la reasignación de tiempo en las actividades modeladas es escaso, debido a la baja varianza que presentan los tiempos asignados observados. Esto último deberá ser explorado con mayor profundidad en futuras etapas

de la investigación. Sin embargo, es interesante ver los porcentajes relativos y las direcciones de las reasignaciones. En un escenario en que el tiempo de transporte se reduce a la mitad, la predicción de este modelo es que los usuarios re-asignaran ese tiempo en la misma proporción a las actividades libres, y en una proporción levemente menor a la actividad trabajo. En el caso de un aumento en la tasa salarial, el modelo predice que esto provocará una reducción del número de horas de trabajo, que se re-asignará a las actividades libres. En un escenario en que el costo de transporte aumenta, nuestro modelo predice que los usuarios enfrentarán ese aumento del gasto trabajando más y destinando menos tiempo a las actividades placenteras.

**Tabla 3: Variación en tiempos modelados debido a cambios en variables de actividades.**

	Situación Base	Tiempo transporte se reduce 50%		Tasa salarial aumenta 50%		Costo transporte aumenta 50%	
Variables	Valor	Valor	% var.	Valor	% var.	Valor	% var.
Trabajo [h]	45,9	47,9	4,4	43,7	-4,8	47,1	2,8
C. Personales [h]	21,9	23,1	5,4	22,4	2,3	21,6	-1,3
Entretenimiento [h]	19,5	20,5	5,4	19,9	2,3	19,2	-1,3
Dormir [h]	54,4	57,3	5,4	55,6	2,3	53,6	-1,3

En la Tabla 4, se presenta las variaciones en asignación de tiempo y en partición modal, debido a cambios en algunas variables de nivel de servicio. Se puede ver que un escenario en que el tiempo del modo bus se reduce a la mitad, la partición modal del bus aumenta en un 90%, provocando una disminución tanto en la esperanza del tiempo como en la esperanza del costo en la muestra, debido a que usuarios de modos más caros se cambian a bus. El efecto sobre la asignación de tiempo es similar al efecto combinado de mayor holgura en la restricción de tiempo y en la restricción de ingreso (menor gasto de tiempo y dinero en transporte), aumento en las actividades libres y aumento algo menor del tiempo asignado a la actividad trabajo.

**Tabla 4: Variación tiempos y partición modal debido a cambio en variables de nivel de servicio.**

	Escenarios						
	Situación base	Tiempo bus se reduce en 50%		Costo auto aumenta 50%		Tarifa Bus aumenta 50%	
Variables	Valor	Valor	% var.	Valor	% var.	Valor	% var.
Elección AC	6	3	-50,0	1	-83,3	7	16,7
Elección AC-M	11	5	-54,6	5	-54,6	12	9,1
Elección AA	14	6	-57,1	16	14,3	16	14,3
Elección AA-M	16	7	-56,3	18	12,5	17	6,3
Elección B	65	124	90,1	69	6,2	56	-13,9
Elección B-M	18	12	-33,3	19	5,6	16	-11,1
Elección TC-M	23	9	-60,9	24	4,4	26	13,0
Elección M	21	10	-52,4	22	4,8	23	9,5
Elección TC	5	3	-40,0	5	0,0	6	20,0
Esperanza del tiempo [min.]	45,5	29,9	-34,2	45,9	1,1	45,1	-0,7
Esperanza del costo [\$]	491,2	387,2	-21,2	417,0	-15,1	567,8	15,6
Trabajo [h]	45,9	46,1	0,5	45,8	-0,2	46,2	0,7



C. Personales [h]	21,9	22,1	1,2	21,9	0,1	21,8	-0,3
Entretenimiento [h]	19,5	19,7	1,2	19,5	0,1	19,4	-0,3
Dormir [h]	54,4	55,0	1,2	54,4	0,1	54,2	-0,3

Un aumento importante en el costo del modo auto disminuye su uso, pero también genera una disminución del gasto total en transporte, ya que algunos usuarios preferirán otros modos más baratos. A raíz de esto último los usuarios trabajarían algo menos y asignarían ese tiempo a las actividades libres. Un aumento en la tarifa del bus, genera el efecto opuesto.

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo se reporta las primeras aplicaciones del modelo de Jara-Díaz y Guevara (2003) extendido por Jara-Díaz y Guerra (2004), a la base de datos TASTI, recolectada específicamente para ese fin. Los resultados son alentadores, pues a pesar de las dificultades econométricas que plantea la calibración de un sistema de modelos complejo que incluye uno de elección discreta y un conjunto de ecuaciones continuas altamente no-lineales, se obtienen mejores modelos y se logra calibrar parámetros que son razonables desde todo punto de vista.

Además del cálculo de las diversas componentes del valor del tiempo, el sistema estimado permite predecir el efecto de variaciones en las variables explicativas, no sólo sobre la elección de modo, sino también sobre la asignación de tiempo a actividades. Por ejemplo, un aumento del costo del auto no sólo disminuye su participación de mercado; también provoca efectos no tan evidentes, como la disminución marginal del tiempo de trabajo y el aumento marginal del tiempo asignado a las actividades libres por parte de aquellos individuos que deciden cambiarse a modos más baratos, generando una mayor holgura en la restricción de ingreso.

Las posibilidades de seguir experimentando con esta muestra y este sistema de modelos son muchas. Entre ellas están el plantear hipótesis diferentes sobre cuáles actividades son restringidas al mínimo y cuáles son libres, considerar la asignación de tiempo al trabajo variable, o la calibración de parámetros o modelos diferentes para distintos tipos de usuario, tomando en cuenta diferencias según género y edad.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada parcialmente por los proyectos FONDECYT 1030694 y 1050643, y el núcleo Milenio Sistemas Complejos de Ingeniería.

## REFERENCIAS

Jara-Díaz, S. y A. Guevara (2003) Behind the subjective value of travel time savings: the perception of work, leisure and travel from a joint mode choice-activity model. **Journal of Transport Economics and Policy** 37, 29-46.

Jara-Díaz, S. y R. Guerra (2003) Modeling activity duration and travel choice from a common microeconomic framework. **10<sup>th</sup> International Conference on Travel Behaviour Research**, Lucerna, Suiza, Agosto.

Jara-Díaz, S.R., M.A. Munizaga y C. Palma (2002) Generación de una base de datos para modelación conjunta de asignación de tiempo a actividades y viajes. **Actas del XI Congreso Panamericano de Ingeniería de Transporte**, Quito, Ecuador, Noviembre.

Lee, L.F. (1983) Generalized econometric models with selectivity. **Econometrica** **51**, 507-512.

Munizaga, M., R. Correia, S. Jara-Díaz y J. de D. Ortúzar (2003) Modelación conjunta de la asignación de tiempo al trabajo y elección modal considerando correlación de errores. **XI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, Santiago, Chile, Octubre, 89-100.



# ANEXO

**Tabla A.1 Parámetros calibrados (t) modelo de actividades, partición modal y conjunto**

Parámetro	Actividades	Partición Modal	Conjunto
Cte. Auto Chofer	-	2,2 (1,6)	1,8 (1,4)
Cte. Auto Chofer y Metro	-	0,8 (1,2)	0,6(0,8)
Cte. Auto Acompañante	-	-2,4 (-2,3)	-2,4 (-2,5)
Cte. Auto Acompañante y Metro	-	-1,4 (-1,7)	-1,5(-2,0)
Cte. Bus	-	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Cte. Bus y Metro	-	-0,9 (-1,4)	-0,9(-1,5)
Cte. Taxi Colectivo y Metro	-	0,2 (0,3)	0,2(0,3)
Cte. Metro	-	0,6 (0,7)	0,6(0,8)
Tiempo	-	-0,0708 (-3,4)	-0,0812 (-3,9)
Costo	-	-0,0023 (-2,5)	-0,0023 (-2,6)
$\alpha$	0,2846 (43,2)	-	0,2816 (39,7)
$\beta$	0,1356 (61,6)	-	0,1368 (56,1)
$\gamma$ Cuidados Personales	0,1622 (41,1)	-	0,1660 (40,8)
$\gamma$ Entretenimiento	0,1440 (25,6)	-	0,1477 (23,6)
$\sigma$ Trabajo	513,3 (18,9)	-	498,8 (19,4)
$\sigma$ Cuidados Personales	422,9 (18,9)	-	418,8 (19,2)
$\sigma$ Entretenimiento	602,1(18,9)	-	597,7 (19,2)
$\rho$ Trabajo – Cuid, Personales	-0,3112 (-4,6)	-	-0,3207 (-4,9)
$\rho$ Trabajo – Entretenimiento	-0,2500 (-3,6)	-	-0,2465 (-3,7)
$\rho$ Cuid, Pers, – Entretenimiento	-0,4993 (-8,9)	-	-0,4943 (-9,0)
$\rho$ Trabajo - AC y M	-	-	0,4228 (2,3)
$\rho$ Entretenimiento - AC y M	-	-	-0,3370 (-2,4)
$\rho$ Trabajo - AA	-	-	-0,6125 (-3,7)
$\rho$ Cuidados Personales - AA	-	-	0,5999 (4,2)
$\rho$ Entretenimiento - B	-	-	0,2864 (2,7)
$\rho$ Trabajo - TC y M	-	-	0,4407 (3,3)
LR sin correlaciones	$\frac{119,1}{>\chi^2(5\%,3)=7,8}$	-	$\frac{33,5}{>\chi^2(5\%,6)=12,6}$
LR todas las correlaciones	-	-	$\frac{10,9}{<\chi^2(5\%,21)=32,7}$
Promedio log-verosimilitud	-22,6121	-1,2714	-23,7898