



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística



Modelando el comportamiento de usuarios de taxi colectivo

18° CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE

Cristian Domarchi* / cdomarchi@uc.cl
Juan Enrique Coeymans
Juan de Dios Ortúzar

18° CONGRESO CHILENO DE
INGENIERÍA DE
TRANSPORTE
Coquimbo y La Serena 2017

25 de octubre, 2017

¿Cuánto
sabemos del taxi
colectivo y de sus
usuarios?



700.000

Viajes con al menos una etapa en día laboral normal en taxi colectivo en el Gran Santiago.

13%

Del total diario de viajes en transporte público.

14.000

Vehículos inscritos para operar como taxi colectivo en el Gran Santiago.



Un modo poco estudiado

- Surge de manera espontánea.
- Se reconoce su relevancia en los sistemas de transporte de las ciudades chilenas, aunque no está integrado a ellos.
- Recibe un bajo nivel de regulación.
- Se ha analizado su operación, pero no a sus usuarios.

Objetivos



Objetivo general

“Formular y estimar modelos de comportamiento de usuarios que permitan analizar el efecto de distintos factores contextuales e individuales que podrían incidir en la probabilidad de elección del modo taxi colectivo en Santiago”.



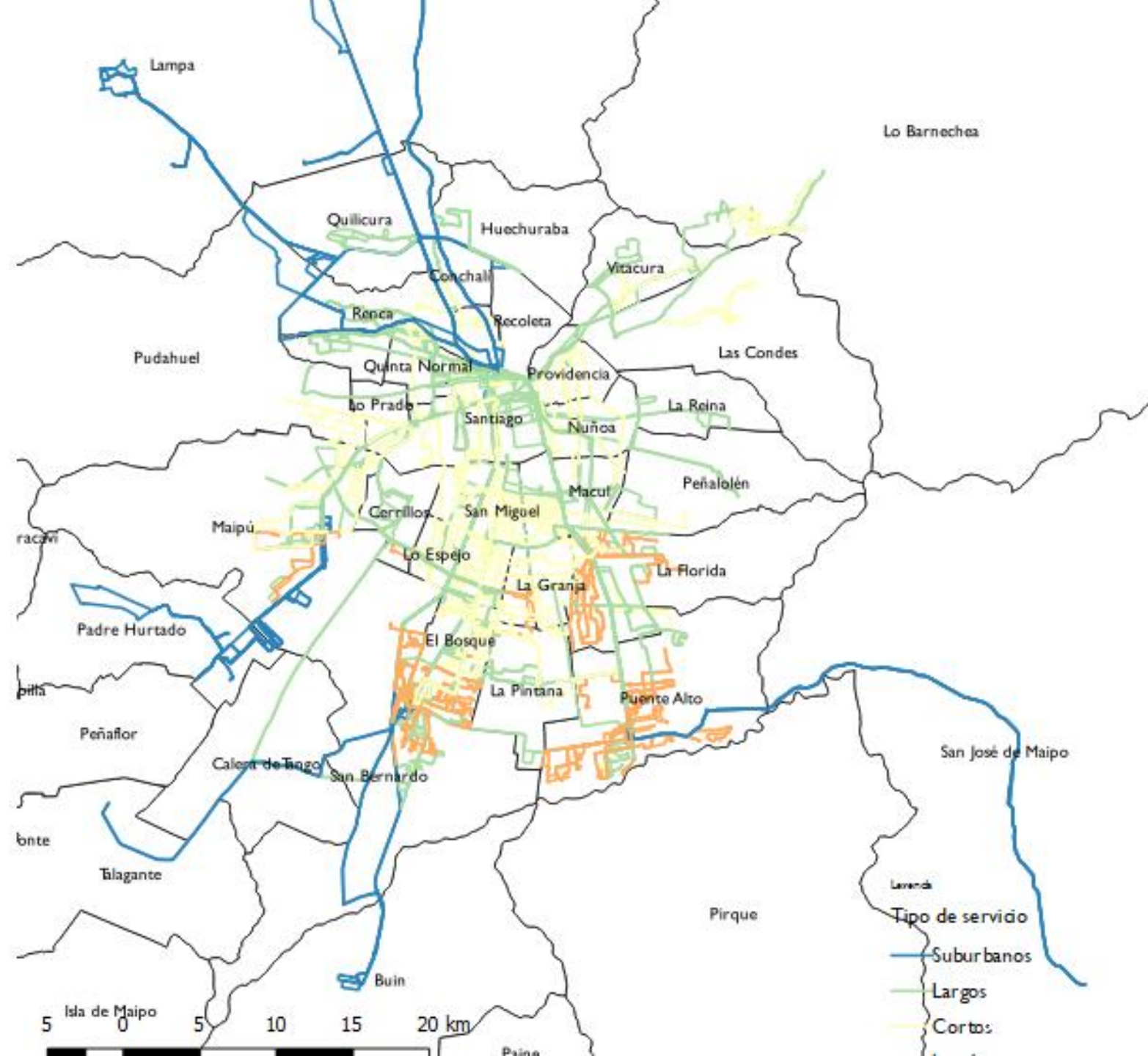
Identificar el perfil de los usuarios.

Medir y analizar los atributos que más valoran del modo.

Objetivos específicos

- **Caracterizar la red** de taxis colectivos operativa en Santiago.
- Diseñar y **aplicar una encuesta** para recopilar información de usuarios de taxi colectivo.
- **Estimar modelos de comportamiento** que incorporen variables latentes, asociadas por ejemplo a: flexibilidad, confiabilidad y seguridad, entre otros, en la función de utilidad.

La red y los usuarios



Estándar normativo

- El taxi colectivo está reconocido como modo de transporte público **menor** (Ley N° 20378 de 2015), «*en tanto esté sometido a un régimen regulatorio apropiado*».
- Tiene un área de cobertura fija.
- Las líneas cuentan con recorrido (en principio) fijo, aunque con flexibilidad especialmente:
 - En sus extremos.
 - En horario nocturno (22:00 – 7:00).

Características de la red en Santiago

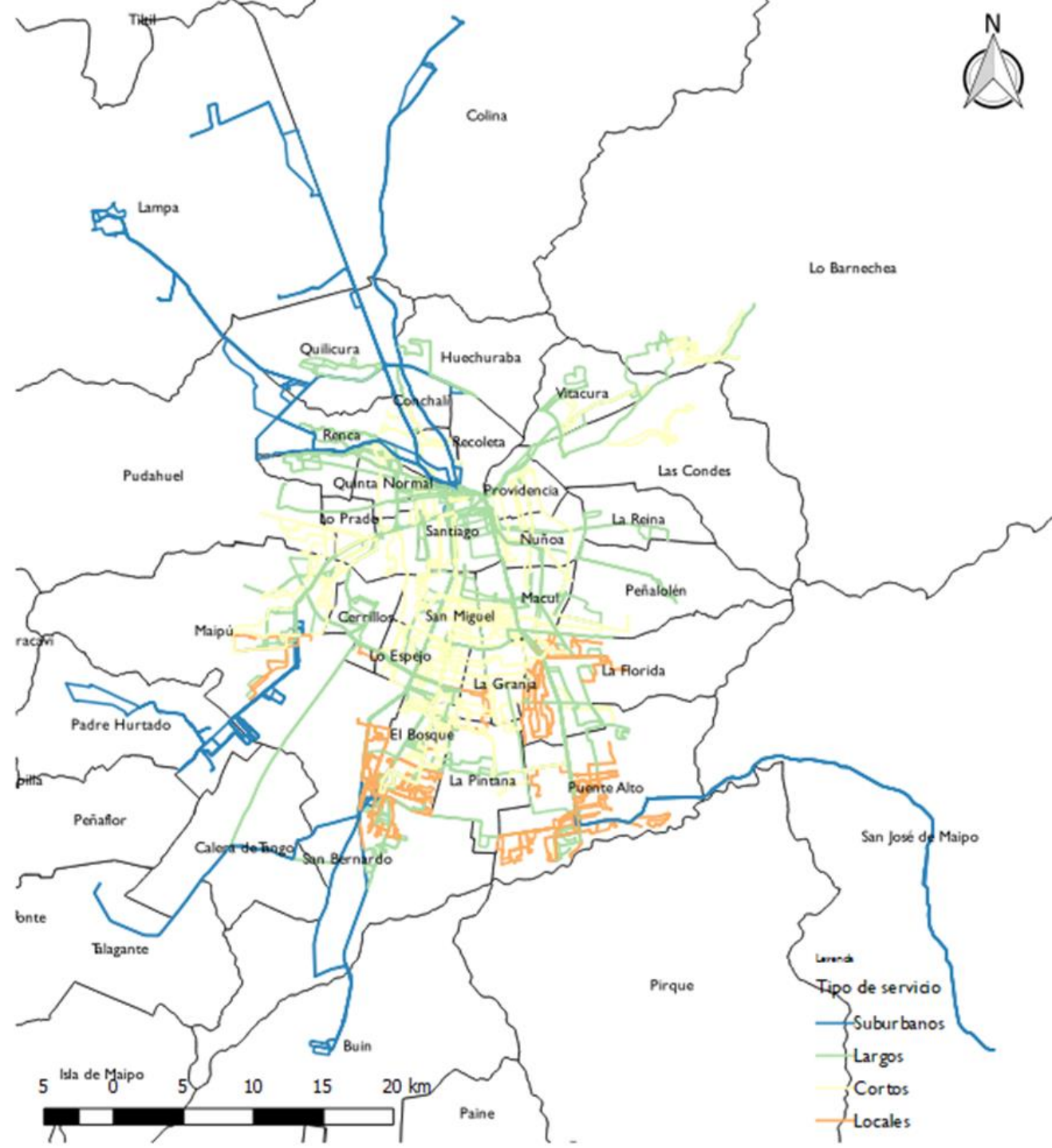
Número de operadores:	221
% de operadores con una flota de 50 vehículos o menos:	69
Número de líneas operativas:	374
Proporción de empresas que opera una sola línea:	2/3

- Mercado altamente atomizado.
- Operación precaria y sin apoyo tecnológico.
- Escasa coordinación y fiscalización.



- Estándar tipo *paratransit*.

La red de taxi colectivo en Santiago



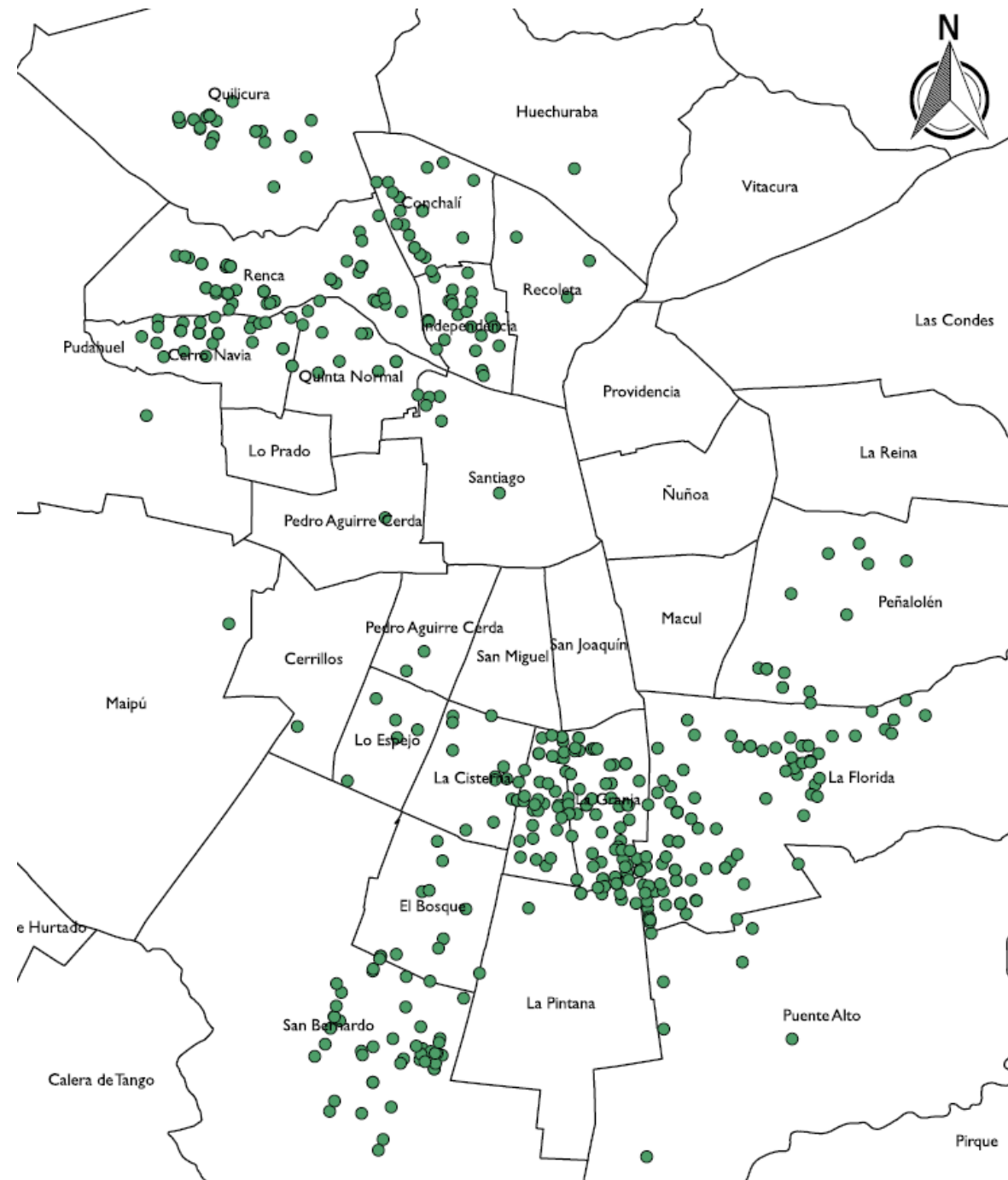
Los usuarios de taxi colectivo

Dimensión	Variable	Taxi colectivo	Modo Bip! (Bus/Metro)
Motivo del viaje	% de viajes con motivo trabajo	15	24
	% de viajes con motivo estudio	4	10
	% de viajes con motivo trámites	11	6
	% de viajes con motivo compras	9	3
Horario del viaje	% de viajes en horario punta	32	48
Edad	Edad media (años)	42,0	37,5
	% de usuarios de menos de 24 años	22	31
	% de usuarios de más de 60 años	23	15
Sexo	% de mujeres usuarias	65	52
Ingreso	Ingreso medio de los usuarios (CL\$)	\$ 255.000	\$ 340.000
	% de usuarios con ingreso menor a \$200.000	28	19



¿Qué los motiva a preferir este modo?

La encuesta

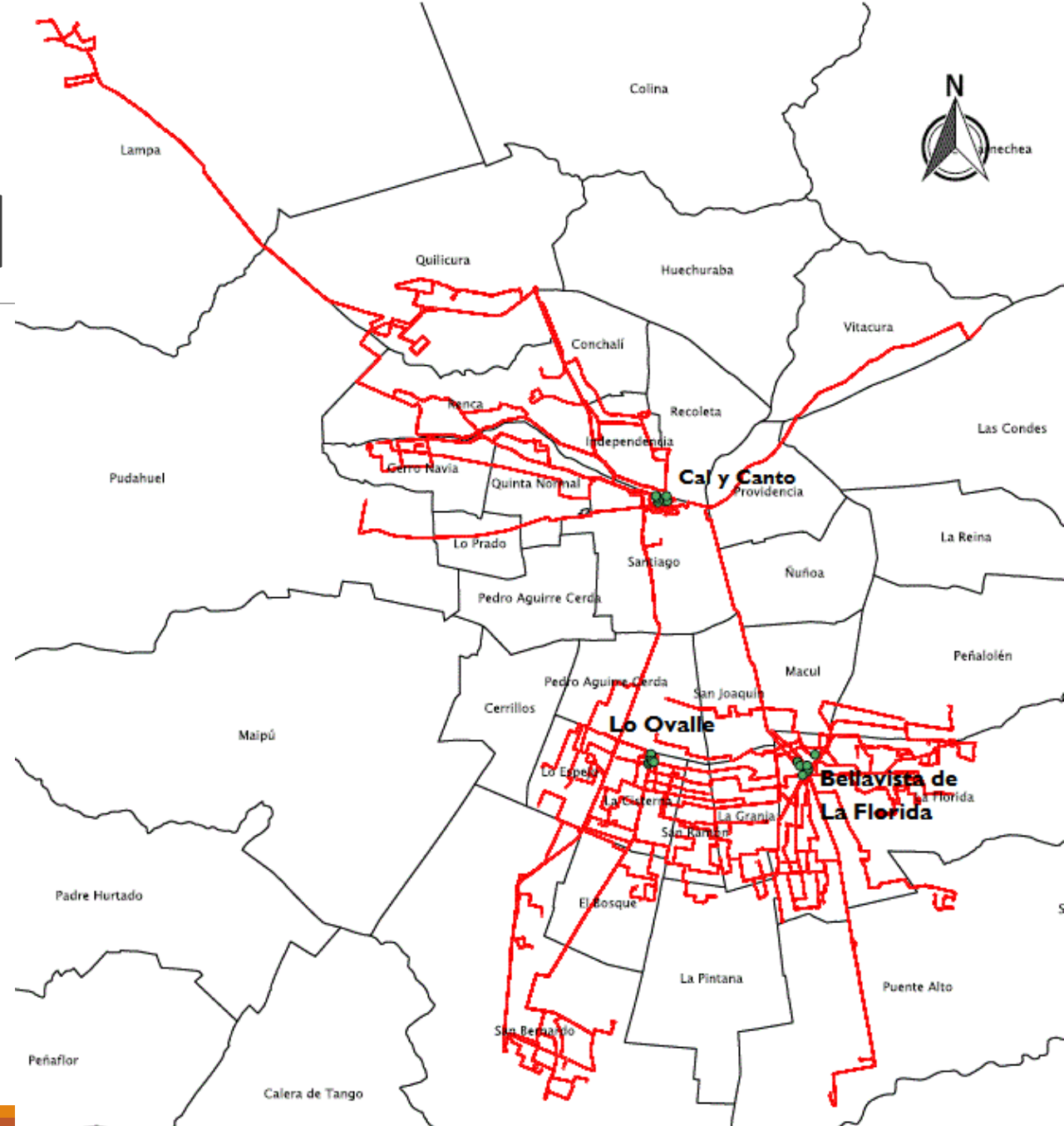


Metodología general

- **Universo en estudio:** Usuarios de transporte público que cuenten con el taxi colectivo como alternativa para sus viajes.
- **Enfoque de modelación:** Modelos de elección discreta, en modalidad «preferencias reveladas» (PR).
- **Modalidad de encuesta:** Presencial, interceptación de usuarios de taxi colectivo, bus y Metro en paraderos y vehículos.

Metodología general

- **Zonas de encuesta:**
 - *Zona 1:* Bellavista de La Florida
 - *Zona 2:* Lo Ovalle
 - *Zona 3:* Cal y Canto
- **Periodo de encuesta:**
 - Punta tarde (17:30 – 20:30)
- **Modos:**
 - Taxi colectivo*
 - Bus
 - Metro



Información recopilada

- **Aspectos generales del viaje:** Origen, Motivo, Frecuencia.
- **Detalles acerca de las etapas finales del viaje:** Destino, Modo y recorrido escogido, Transbordos posteriores, Alternativas disponibles.
- **Información socioeconómica del usuario:** Sexo, Edad, Ocupación, Nivel educacional, Rango de ingreso, Comuna de residencia.
- **Indicadores de percepción acerca del modo** (sólo para usuarios recientes de taxi colectivo).

Indicadores de percepción

Atributo	Dimensión (Indicador)
Tiempos de viaje	<ul style="list-style-type: none">• Evaluación cualitativa del tiempo de viaje.• Confiabilidad del tiempo de viaje.
Comodidad	<ul style="list-style-type: none">• Posibilidad de viajar sentado.• Posibilidad de transportar bultos.• Disminución de transbordos.
Confiabilidad del servicio	<ul style="list-style-type: none">• Frecuencia y regularidad de los servicios.• Confiabilidad del tiempo de espera.• Flexibilidad del servicio (acercamiento al destino).
Seguridad	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad respecto de accidentes.• Seguridad respecto de delitos.
Relación con el conductor	<ul style="list-style-type: none">• Posibilidad de dialogar con el conductor.• Ayuda del conductor a personas con problemas de movilidad.

Estadística descriptiva (N = 467)

Dimensión	Variable	Bellavista La Florida	Lo Ovalle	Cal y Canto	Total	% de la muestra
Modo	Bus	46	58	38	142	33%
	Metro	32	15	13	60	5%
	Taxi colectivo	81	103	81	265	62%
Comuna de residencia	La Florida	92	5	-	97	21%
	La Granja	29	29	-	58	12%
	San Bernardo	1	47	2	50	11%
	Renca	-	-	44	44	9%
	San Ramón	12	22	-	34	7%
	Quilicura	-	-	29	29	6%
	Cerro Navia	-	-	27	27	6%
	Independencia	-	-	24	24	5%
	Conchalí	-	-	18	18	4%
	La Cisterna	-	15	-	15	3%
	Otras	25	14	32	71	15%
Sexo	Mujer	100	104	80	284	61%
	Hombre	59	72	52	181	39%

Dimensión	Variable	Bellavista La Florida	Lo Ovalle	Cal y Canto	Total	% de la muestra
Edad (Años)	< 18	13	5	7	25	5%
	[18; 30]	54	57	50	161	34%
	[31; 45]	32	64	42	138	30%
	[46; 60]	42	45	26	113	24%
	> 60	18	5	7	30	6%
Posesión de automóvil	No tiene	89	97	71	257	55%
	1	57	62	45	164	35%
	2 ó más	13	17	16	46	10%
Nivel Educativo Máximo	Básica	26	14	11	51	11%
	Media	73	89	62	224	48%
	Técnica	29	50	30	109	23%
	Universitaria	29	23	29	81	17%
Nivel de Ingreso (CL\$)	Menos de 200.000	29	8	13	42	9%
	Entre 200.000 y 400.000	47	94	45	186	40%
	Entre 400.000 y 800.000	35	37	28	100	21%
	Más de 800.000	8	7	10	25	4%
	Actualmente no percibe	25	20	16	61	13%
	No responde	24	9	20	53	11%

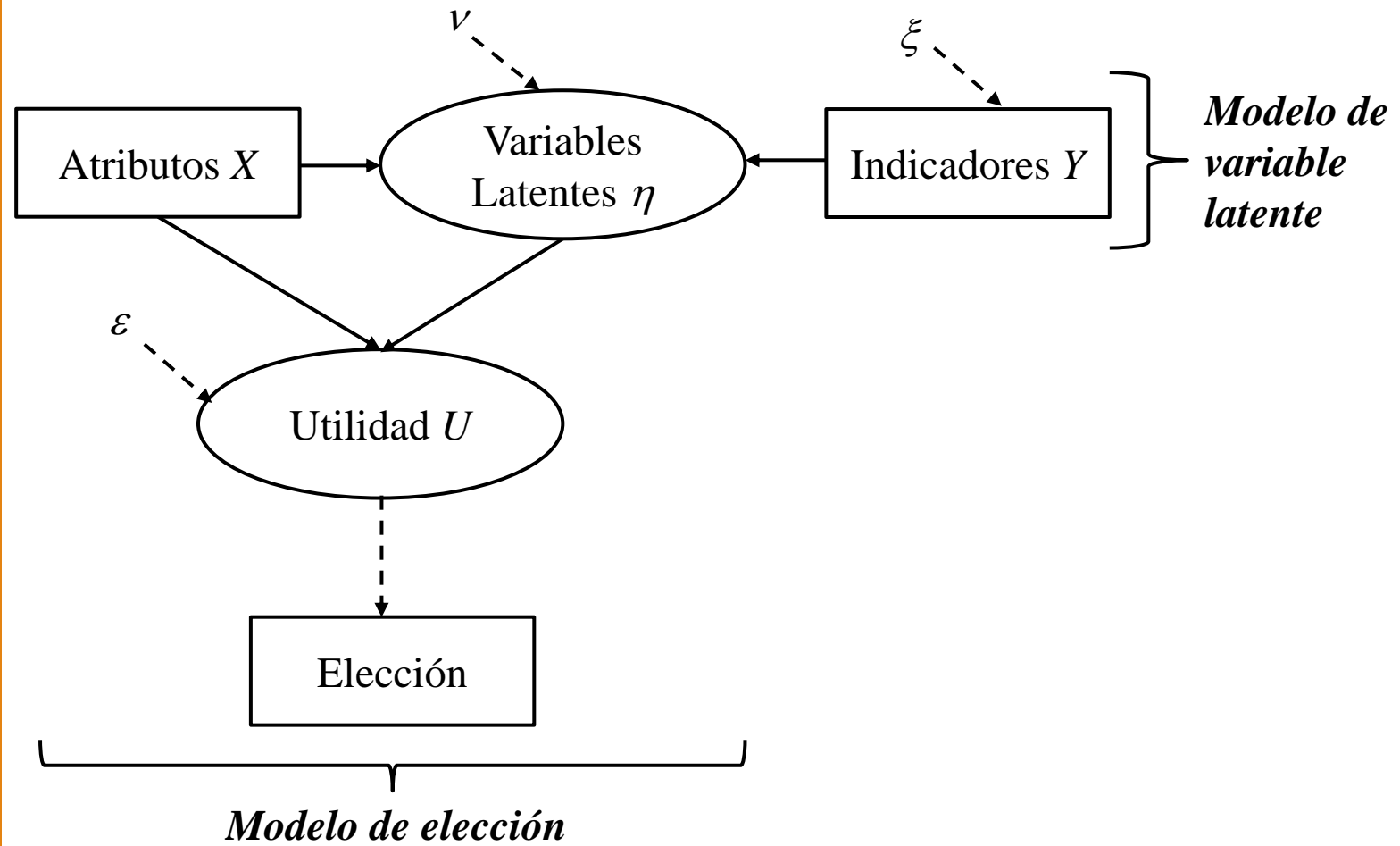
Los datos



Generación de banco de datos

- Para cada encuestado es conocido el par origen-destino y la alternativa escogida.
- Cada alternativa corresponde a un modo básico y a una determinada secuencia de servicios.
- La estimación de modelos de elección discreta requiere, para cada encuestado:
 - 1) Determinar el conjunto de alternativas disponibles.
 - 2) Determinar los niveles de servicio de **todas** las alternativas (escogidas y no escogidas).
 - 3) Calcular factores de expansión y corrección por cada observación.

La modelación



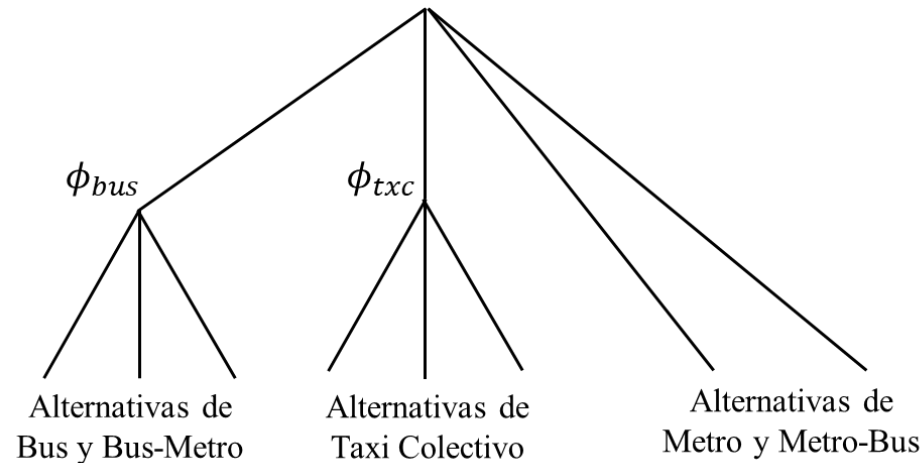
Modelos básicos

- **Variables explicativas:**

- Tiempo de viaje (*TVIA*).
- Tiempo de espera (*TESP*).
- Tiempo de caminata (*TCAM*).
- Número de transbordos en la ruta (*NTRA*).
- Tarifa / Tasa salarial (*TAR*) (*Costo / Ingreso*).
- Constantes modales a nivel de modo de acceso (bus, Metro, taxi colectivo).
- Variaciones sistemáticas de gustos (*LEJOS* = 1 implica que el usuario ha realizado alguna etapa previa a la encuesta; *AM* = 1 se asocia a adultos mayores).

Modelos básicos

• Estructura HL:



Variable	MOD1 (MNL)		MOD2 (HL1)		MOD3 (HL3)	
	Coef.	Test-T	Coef.	Test-T	Coef.	Test-T
Parámetros de nivel de servicio						
α_{TXC}	-4,59	-13,4	-3,39	-7,7	-3,33	-7,6
α_{BUS}	-3,18	-10,5	-2,36	-7,0	-2,13	-6,5
TVIA	-0,022	-2,3	-0,021	-2,1	-0,021	-2,1
TESP	-0,121	-6,1	-0,100	-5,4	-0,089	-4,7
TCAM	-0,188	-14,3	-0,142	-8,5	-0,154	-7,0
NTRA	-2,65	-9,0	-2,37	-9,5	-2,24	-9,2
TAR	-0,017	-2,3	-0,014	-2,0	-0,009	-1,3
Parámetros estructurales						
ϕ_{TXC}	—	—	0,323	1,8*	0,327	1,6*
ϕ_{BUS}	—	—	0,650	2,6*	0,856	2,9*
Variaciones sistemáticas de gustos						
TCAM \times LEJOS	—	—	—	—	-0,048	-2,1
TCAM \times SX	—	—	—	—	0,103	5,2
TESP \times AM	—	—	—	—	-0,114	-1,2
TESP \times ESTUD	—	—	—	—	-0,076	-1,8
Ajuste del modelo						
LL (*)	-619,542		-611,010		-584,789	
ρ^2 (0)	0,338		0,347		0,363	

Modelos básicos

- **Algunos resultados relevantes:**

- Las rutas de taxi colectivo, por una parte, y las de bus (y bus-Metro), por otra, son percibidas como similares entre sí, según lo esperado.
- El tiempo de caminata es la dimensión más valorada entre las variables de tiempo (aún más para mujeres y usuarios transbordando).
- Los usuarios entregan una penalización muy fuerte a los transbordos en la ruta.
- Dado el horario de encuesta, **los usuarios valoran positivamente una llegada más “directa” a sus hogares: sin transbordos, sin caminar más.**

Identificación de variables latentes

- Resultados del cuestionario de indicadores de percepción:

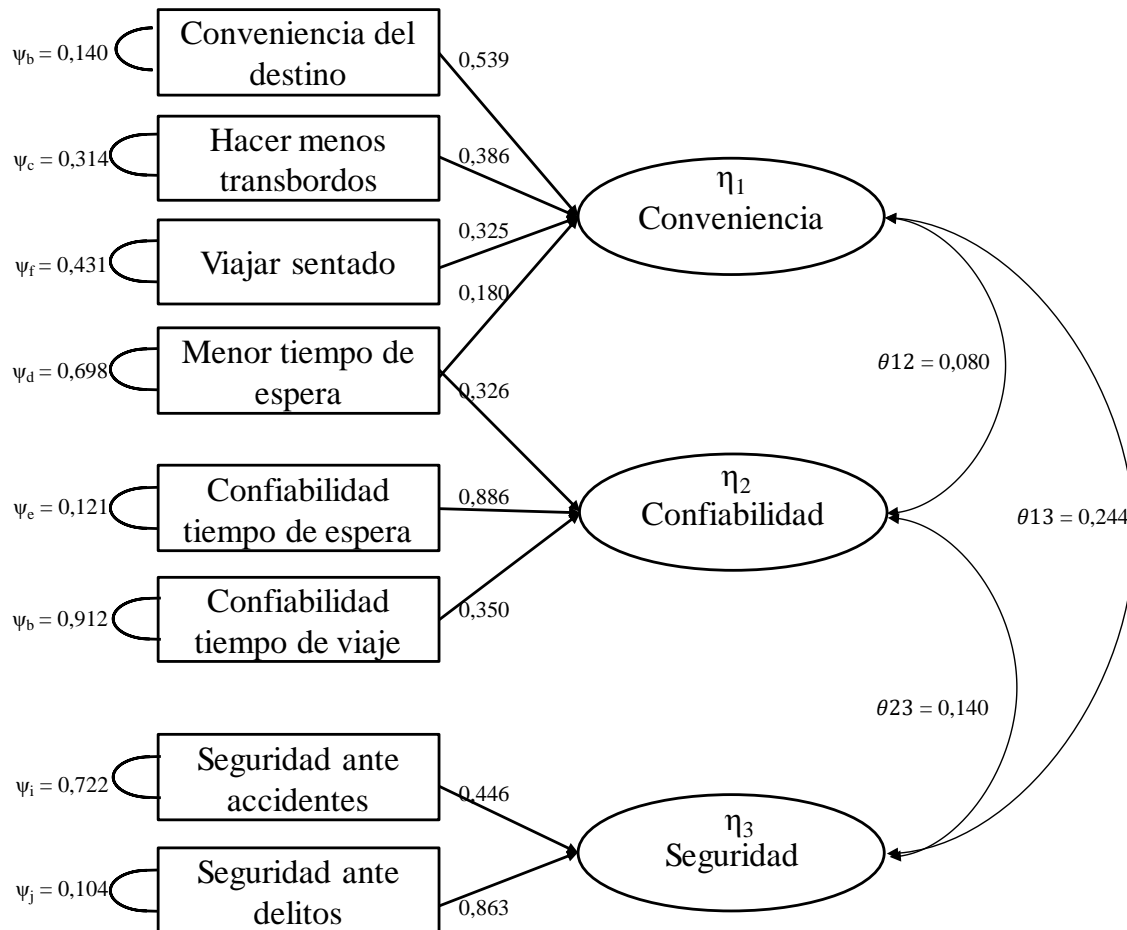
Id	Indicador	% de la muestra que evalúa con cada nota					Promedio general
		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Muy de acuerdo	
y _a	Demorarme menos	0%	2%	3%	42%	36%	4,20
y _b	Saber cuánto demoraré	6%	5%	14%	35%	16%	3,60
y _c	Hacer menos transbordos	0%	2%	6%	39%	37%	4,18
y _d	Esperar menos	1%	7%	17%	31%	19%	3,65
y _e	Saber cuánto esperaré	4%	10%	30%	19%	9%	3,20
y _f	Ir sentado	0%	2%	5%	31%	52%	4,32
y _g	Llevar bultos	4%	6%	19%	30%	17%	3,54
y _h	Me deja donde me conviene	0%	1%	3%	33%	53%	4,38
y _i	Menos accidentes	3%	10%	29%	18%	14%	3,29
y _j	Menos delitos	1%	7%	21%	28%	19%	3,60
y _k	Hacer reclamos o sugerencias	2%	3%	7%	47%	16%	3,90
y _l	Recibir asistencia a problemas	5%	3%	14%	42%	9%	3,61

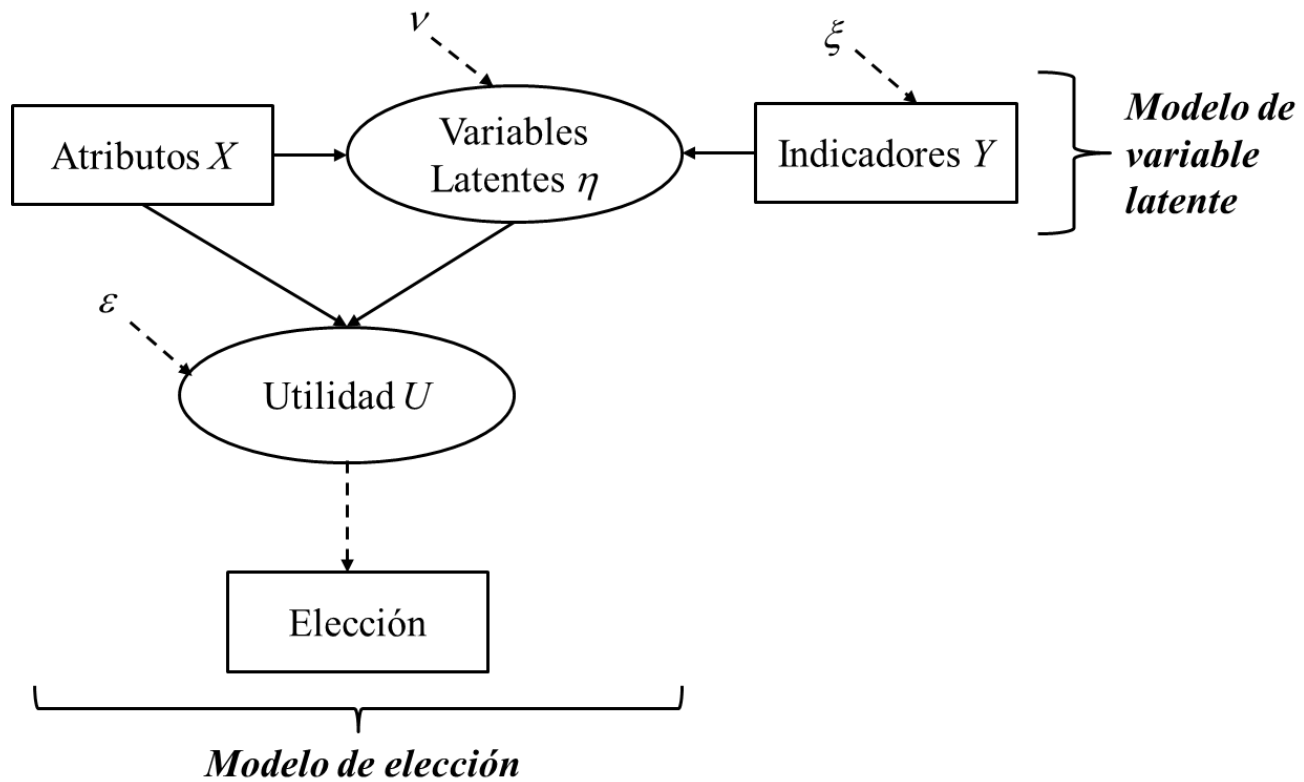
Identificación de variables latentes

• **Análisis factorial confirmatorio:**

- Ajuste global = 0,976
- Ajuste global corregido = 0,947
- Índice RMSEA = 0,052 (Intervalo 90%: [0,020; 0,082])
- AIC = 69,276
- BIC = -62,038

- Tres variables latentes relevantes en la percepción del modo por parte de sus usuarios: “Conveniencia”, “Confiabilidad” y “Seguridad”.
- La principal variable es consistente con los modelos de elección: la conveniencia del destino y realizar menos transbordos es altamente relevante para los usuarios del modo.

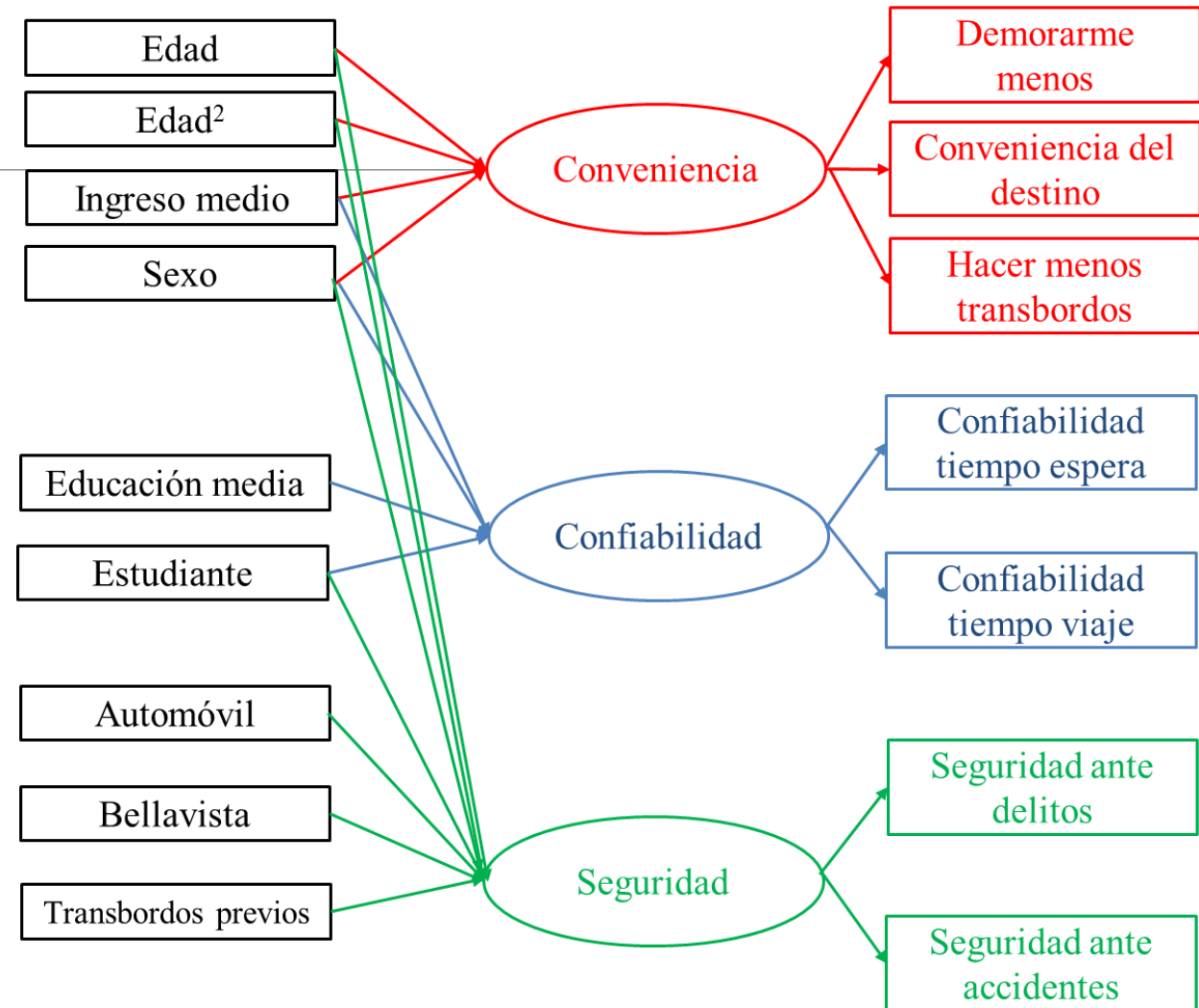




Modelos híbridos con variable latente

Modelos híbridos con variable latente

- **Modelos de elección con más de una VL:**
 - Representación esquemática de las ecuaciones estructurales y de medición:



Modelos híbridos con variable latente

- **Modelo de elección con más de una VL:**
 - La «mejor especificación» interactúa la variable latente «*Conveniencia*» con el tiempo de caminata.
 - Usuarios que valoran más al taxi colectivo como un modo «conveniente», tienen una mayor valoración del tiempo de caminata.

Variable	HIBR1		HIBR2	
	Coef.	Test-T	Coef.	Test-T
Parámetros de niveles de servicio				
α_TxC	-3,84	-4,7	-3,81	-5,3
α_BUS	-2,90	-10,1	-2,89	-10,1
TVIA	-0,018	-1,5	-0,018	-1,5
TESP	-0,108	-4,5	-0,111	-4,6
TCAM	-0,188	-7,2	-0,188	-7,2
NTRA	-2,49	-9,3	-2,47	-9,2
TAR	-0,009	-1,1	-0,009	-1,1
Variable latente				
TCAM \times <i>CONVEN</i>	-0,230	-2,4	-0,216	-2,5
<i>CONFIAB</i>	0,463	0,9	-	-
TESP \times <i>CONFIAB</i>	-	-	0,077	1,3
<i>SEGUR</i>	0,629	1,5	0,582	1,4
Variaciones sistemáticas de gustos				
TCAM \times LEJOS	-0,083	-3,1	-0,082	-3,1
TCAM \times SX	0,131	5,0	0,131	5,0
TESP \times AM	-0,313	-2,3	-0,307	-2,3
TESP \times ESTUD	-0,097	-1,8	-0,097	-1,8
Ajuste del modelo de elección				
LL (*)	-593,180		-592,955	
ρ^2 (k)	0,354		0,354	

Modelos híbridos con variable latente

- **Modelo de elección con más de una VL:**
 - De acuerdo con lo esperado, una alta percepción de la confiabilidad y seguridad del modo aumenta la probabilidad de elegir taxi colectivo.

Variable	HIBR1		HIBR2	
	Coef.	Test-T	Coef.	Test-T
Parámetros de niveles de servicio				
$\alpha_{_TXC}$	-3,84	-4,7	-3,81	-5,3
$\alpha_{_BUS}$	-2,90	-10,1	-2,89	-10,1
TVIA	-0,018	-1,5	-0,018	-1,5
TESP	-0,108	-4,5	-0,111	-4,6
TCAM	-0,188	-7,2	-0,188	-7,2
NTRA	-2,49	-9,3	-2,47	-9,2
TAR	-0,009	-1,1	-0,009	-1,1
Variable latente				
TCAM \times <i>CONVEN</i>	-0,230	-2,4	-0,216	-2,5
<i>CONFIAB</i>	0,463	0,9	-	-
TESP \times <i>CONFIAB</i>	-	-	0,077	1,3
<i>SEGUR</i>	0,629	1,5	0,582	1,4
Variaciones sistemáticas de gustos				
TCAM \times LEJOS	-0,083	-3,1	-0,082	-3,1
TCAM \times SX	0,131	5,0	0,131	5,0
TESP \times AM	-0,313	-2,3	-0,307	-2,3
TESP \times ESTUD	-0,097	-1,8	-0,097	-1,8
Ajuste del modelo de elección				
LL (*)	-593,180		-592,955	
ρ^2 (k)	0,354		0,354	

Conclusiones y Recomendaciones



Principales hallazgos

- El taxi colectivo es un **modo típico de la realidad chilena**, surgido de manera espontánea, con desarrollo informal y poco regulado.
- A pesar de su informalidad operativa, el modo es **valorado por los usuarios** como una opción de transporte conveniente, confiable y flexible.
- Los usuarios pertenecientes a la muestra, en el periodo analizado (punta tarde) entregan una **fuerte penalización a** aquellas alternativas que involucren **transbordos o incrementos en el tiempo de caminata**.
- Existe una valoración muy positiva de la posibilidad de realizar viajes directos y que el viaje termine «**en la puerta de la casa**».

Algunas reflexiones

- El advenimiento de plataformas tecnológicas acelera la **necesidad de regulación y fiscalización** del modo.
- Se requiere **definir el rol** que tendrá el taxi colectivo en el transporte público de las ciudades de Chile:
 - i) Estableciendo su papel complementario a las redes de buses en zonas y horarios de menor cobertura, y
 - ii) Modernizar el servicio, reforzando sus particularidades y atributos bien evaluados (¡no debe ser un “*bus pequeño*”!).

Algunas reflexiones

- La definición de políticas regulatorias para el taxi colectivo no sólo debe considerar aspectos de eficiencia del sistema y uso de la vialidad pública, sino también debe **tomar en cuenta las necesidades de los usuarios** y los aspectos que éstos valoran positivamente.



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística



Modelando el comportamiento de usuarios de taxi colectivo

18° CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE

Cristian Domarchi* / cdomarchi@uc.cl
Juan Enrique Coeymans
Juan de Dios Ortúzar

18° CONGRESO CHILENO DE
INGENIERÍA DE
TRANSPORTE
Coquimbo y La Serena 2017

25 de octubre, 2017