



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA

**IMPACTO DE GRANDES
INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE
EN LA SEGREGACIÓN DE LA
COMUNIDAD: ANÁLISIS DEL PATRÓN
DE VIAJES DE QUILPUÉ Y VILLA
ALEMANA**

ANDREA SOFÍA VERA HORTA

Tesis para optar al grado de:
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:
PATRICIA GALILEA ARANDA
LUIS IGNACIO RIZZI CAMPANELLA

Santiago de Chile, Septiembre, 2018

© 2018, Andrea Vera Horta



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA

**IMPACTO DE GRANDES
INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE
EN LA SEGREGACIÓN DE LA
COMUNIDAD: ANÁLISIS DEL PATRÓN
DE VIAJES DE QUILPUÉ Y VILLA
ALEMANA**

ANDREA SOFÍA VERA HORTA

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

PATRICIA GALILEA ARANDA

LUIS IGNACIO RIZZI CAMPANELLA

RICARDO HURTUBIA GONZÁLEZ

ALEJANDRO TUDELA ROMÁN

JOSÉ LUIS ALMAZÁN CAMPILLAY

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, Septiembre, 2018

*A mis padres, por su
perseverancia.
Estoy aquí gracias a ustedes.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres, Héctor y Viviana, por el esfuerzo y perseverancia de todos estos años para darnos a mí y a mi hermano las mejores oportunidades. Por enseñarme que la herencia más importante que un padre puede darle a un hijo es su educación. Son los pilares fundamentales de mi vida. A mi hermano Cristian y a mi cuñada Camila, por recibirme durante este último año. Su cariño, paciencia y buena onda (y comida) me hicieron recordar que la familia es lo más importante, a pesar de las discusiones que puedan surgir. En particular, gracias Titan por darte el tiempo de enseñarme - con más o menos paciencia - durante el colegio y la universidad.

En segundo lugar, quiero agradecer a mis profesores guías Patricia Galilea y Luis Ignacio Rizzi, por sus consejos, apoyo y sabios retos. La combinación de libertad y control fue esencial para realizar este trabajo tal como anhelaba. Gracias por guiarme en este lindo proceso. Al profesor Sebastián Raveau y Jaime Soza por siempre estar dispuestos a darme su vital ayuda con las infinitas dudas de modelos aun cuando no tenían por qué hacerlo. A Felipe González por la paciencia para enseñarme modelos y programas, las horas dedicadas de forma desinteresada son muestra de la gran persona que eres. Al profesor Juan Carlos Muñoz que, sin saberlo, me transmitió su pasión por el transporte e hizo que me interesara en esta bella mención.

En tercer lugar, a los Terroristas, Johannes y Loreto, que gracias a su amistad, amor y compañía hicieron llevaderos los duros días universitarios de pregrado. Roger de Flor nunca será olvidado. Al Quépasillo, por recibirme con los brazos abiertos durante el postgrado y encontrar en ellos un gran grupo de amigos, diverso y único.

Por último, quiero agradecer a Ignacio Tiznado que, sin ser experto en mi tema de tesis, me dio los mejores consejos y palabras de aliento cuando más lo necesitaba. Tu cariño, apoyo y críticas fueron importantes durante el magíster e imprescindibles para querer más lo que hago, no solo en la tesis, sino que en la vida. Gracias por tu paciencia y por tu amor.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Contenido	3
2. SEGREGACIÓN DE LA COMUNIDAD	4
2.1. Definición.....	4
2.2. Elementos.....	7
2.2.1. ¿Qué barreras?.....	7
2.2.2. ¿Quiénes son los afectados?.....	9
2.2.3. ¿Cómo se mueven las personas?.....	10
2.2.4. ¿Hacia dónde se mueven las personas?.....	10
2.3. Dimensiones.....	12
2.3.1. Espacio	12
2.3.2. Tiempo	13
2.4. Métodos e indicadores.....	13
2.4.1. Indicadores	14
2.4.2. Preferencias declaradas	16
2.4.3. Preferencias reveladas	17
2.5. Oportunidad de investigación	17
3. MARCO TEÓRICO.....	19
3.1. Modelos de generación de viajes	19
3.1.1. Modelo de regresión Poisson	20
3.1.2. Modelo logit ordinal.....	21
3.1.3. Inclusión de efectos aleatorios	22
3.2. Modelos de partición modal.....	23
3.3. Elasticidades y semielasticidades.....	25
4. CASO DE ESTUDIO.....	29
4.1. Elección del caso de estudio	29

4.1.1.	Criterios de selección y elección del caso de estudio	29
4.1.2.	Descripción del caso de estudio: Quilpué y Villa Alemana.....	30
4.2.	Depuración de la base de datos	35
4.2.1.	Base de datos inicial.....	35
4.2.2.	Metodología para depurar la base de datos	37
4.3.	Análisis descriptivo de la muestra	42
4.3.1.	Análisis a nivel de hogar	42
4.3.2.	Análisis a nivel de persona.....	45
4.3.3.	Análisis a nivel de viajes.....	48
5.	METODOLOGÍA	53
5.1.	Definición de los sectores de interés.....	53
5.2.	Análisis patrón de viajes de la muestra.....	60
5.2.1.	Generación de viajes	60
5.2.2.	Distribución de los viajes	61
5.2.3.	Partición modal de los viajes.....	64
5.3.	Modelos de generación de viajes	64
5.3.1.	Definición de los modelos.....	65
5.3.2.	Definición de las variables de infraestructura.....	68
5.3.3.	Definición de las variables socioeconómicas.....	69
5.3.4.	Estimación y elección del modelo final	73
5.3.5.	Inclusión de efectos aleatorios	74
5.4.	Modelos de partición modal.....	75
5.4.1.	Definición de las variables y del modelo	75
5.4.2.	Elección del modelo final.....	79
6.	RESULTADOS.....	80
6.1.	Análisis del patrón de viajes de la muestra	80
6.1.1.	Generación de viajes	80
6.1.2.	Distribución de los viajes	82
6.1.3.	Partición modal de los viajes.....	87

6.2.	Modelos de generación de viajes a nivel de hogar.....	93
6.2.1.	Resultados candidatos a modelo final.....	93
6.2.2.	Coefficientes modelo con y sin efecto aleatorio.....	96
6.2.3.	Semielasticidad del número esperado de viajes a nivel de hogar	102
6.3.	Modelo de generación de viajes a nivel de persona.....	105
6.3.1.	Coefficientes del modelo.....	105
6.3.2.	Semielasticidad del número esperado de viajes a nivel de persona	108
6.4.	Modelo de partición modal	111
6.4.1.	Elección modelo de partición modal.....	111
6.4.2.	Coefficientes del modelo.....	112
6.4.3.	Elasticidad y semielasticidad del modelo de partición modal	117
6.5.	Resumen de los resultados	122
7.	CONCLUSIÓN Y FUTURAS INVESTIGACIONES	126
7.1.	Conclusión	126
7.2.	Limitaciones y futuras investigaciones	129
	BIBLIOGRAFÍA	131
	ANEXOS	141
	Anexo A. Cruces habilitados en las infraestructuras de transporte.....	142
	Anexo B. Destino de los viajes para cada sector, sin propósito “volver al hogar”	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Definición y conceptos relacionados a la segregación de la comunidad.....	6
Tabla 4-1. Velocidad máxima permitida según modo de transporte	40
Tabla 4-2. Base de datos inicial, datos eliminados por depuración y base datos final, según número de hogares, personas y viajes.	41
Tabla 4-3. Número de hogares según día de la semana	43
Tabla 4-4. Clasificación de los hogares según quintil.....	43
Tabla 4-5. Clasificación hogares según el número de vehículos	45
Tabla 5-1. Definición de los sectores según distancia a infraestructura más cercana.....	55
Tabla 5-2. Resumen de los escenarios a estudiar	60
Tabla 5-3. Variables categóricas y opciones que la componen, a nivel de persona	70
Tabla 5-4. Interacciones entre variables, a nivel de persona.....	71
Tabla 5-5. Variables creadas según características socioeconómicas, a nivel de hogar ..	72
Tabla 6-1. Número de viajes, personas y hogares por sector, Escenario A	81
Tabla 6-2. Número de viajes, personas y hogares por sector, Escenario B	82
Tabla 6-3. Destino de los viajes según sector en que vive la persona (sin propósito volver al hogar)	83
Tabla 6-4. Número de viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte, con y sin considerar el propósito “volver al hogar”	85
Tabla 6-5. Porcentaje del total de viajes que cruzan cada infraestructura de transporte, todos los propósitos de viajes.....	86
Tabla 6-6. Matriz origen destino de los viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte.....	86
Tabla 6-7. Número de viajes por modo de transporte, según sector	88
Tabla 6-8. Destino de los viajes de las personas que viven en S1Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	91
Tabla 6-9. Partición modal de los viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte	92

Tabla 6-10. Log-verosimilitudes de los 12 candidatos a modelo final generación de viajes a nivel de hogar	93
Tabla 6-11. Criterios de información Akaike para los 12 candidatos a modelo final generación de viajes a nivel de hogar	95
Tabla 6-12. Log-verosimilitud con la base de datos de validación modelo de generación de viajes a nivel de hogar	96
Tabla 6-13. Coeficientes y test-t modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio (RE), Escenario A	97
Tabla 6-14. Coeficientes y test-t modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio (RE), Escenario A (continuación).....	98
Tabla 6-15. Coeficientes y semielasticidades del modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio por zona, Escenario A	103
Tabla 6-16. Coeficientes y semielasticidades del modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio por zona, Escenario A (continuación).....	104
Tabla 6-17. Coeficientes y test-t de los modelos de generación de viajes a nivel de persona, con y sin efecto aleatorio por zona, Escenario B	106
Tabla 6-18. Coeficientes y semielasticidad para los modelos a nivel de persona con efecto aleatorio por hogar y con efecto aleatorio por hogar y zona.....	110
Tabla 6-19. Log-verosimilitudes, AIC y log-verosimilitud de la validación de los cuatro modelos de partición modal	112
Tabla 6-20. Coeficientes y test-t del modelo de partición modal	113
Tabla 6-21. Coeficientes y test-t del modelo de partición modal (continuación)	114
Tabla 6-22. Semielasticidades de las variables discretas del modelo logit multinomial	117
Tabla 6-23. Semielasticidades de las variables discretas del modelo logit multinomial (continuación)	118
Tabla 6-24. Elasticidades para las variables continuas del modelo logit multinomial ..	122
Tabla B-1. Destino de los viajes de las personas que viven en S1Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	147

Tabla B-2. Destino de los viajes de las personas que viven en S2Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	147
Tabla B-3. Destino de los viajes de las personas que viven en S3Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	147
Tabla B-4. Destino de los viajes de las personas que viven en S4Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	148
Tabla B-5. Destino de los viajes de las personas que viven en S5Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	148
Tabla B-6. Destino de los viajes de las personas que viven en el centro, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	148
Tabla B-7. Destino de los viajes de las personas que viven en S5Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	148
Tabla B-8. Destino de los viajes de las personas que viven en S4Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	149
Tabla B-9. Destino de los viajes de las personas que viven en S3Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	149
Tabla B-10. Destino de los viajes de las personas que viven en S2Troncal según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	149
Tabla B-11. Destino de los viajes de las personas que viven en S1Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Elementos de la segregación de la comunidad.....	7
Figura 4-1. Quilpué y Villa Alemana en la región de Valparaíso.....	30
Figura 4-2. Zona de estudio	31
Figura 4-3. Mapa con la representación del trazado de la línea férrea	32
Figura 4-4. Vista de la línea férrea en la ciudad	32
Figura 4-5. Autopista CH-60, Troncal Sur.....	33
Figura 4-6. Cruces habilitados en las infraestructuras de transporte	34
Figura 4-7. Topografía de la conurbación de Quilpué y Villa Alemana.....	35
Figura 4-8. Hogares de la base de datos inicial.....	37
Figura 4-9. Distribución geográfica de los hogares eliminados.....	41
Figura 4-10. Zonas según ingreso per cápita promedio	44
Figura 4-11. Distribución de edad de la muestra	46
Figura 4-12. Número de personas por categoría de edad.....	47
Figura 4-13. Clasificación de las personas según actividad que realiza	48
Figura 4-14. Frecuencia del número de viajes, a nivel de hogar.....	49
Figura 4-15. Frecuencia del número de viajes, a nivel de persona	50
Figura 4-16. Partición modal de la muestra	50
Figura 4-17. Mapa de calor de los destinos de viajes de la muestra en la región	51
Figura 4-18. Mapa de calor de los destinos de viajes de la muestra en Quilpué y Villa Alemana	52
Figura 5-1. Mapa con la representación de los sectores.....	54
Figura 5-2. Mapa del Escenario A	56
Figura 5-3. Mapa del Escenario B	57
Figura 5-4. Mapa del Escenario C	58
Figura 5-5. Mapa del Escenario D	59
Figura 5-6. Zonas para el análisis de la distribución de los viajes.....	63
Figura 5-7. Histograma del número de viajes por hogar, modelo MLO_14.....	66

Figura 5-8. Histograma del número de viajes por hogar, modelo MLO_20.....	67
Figura 5-9. Histograma del número de viajes por persona, modelo MLO_5	68
Figura 5-10. Red de transporte público en la zona de estudio	78
Figura 6-1. Partición modal según sector en que vive la persona.....	89
Figura 6-2. Ejemplo de probabilidades predichas según tipo de modelo de Escenario A	95
Figura 6-3. Variables significativas modelo generación de viajes a nivel de hogar sin efecto aleatorio.....	99
Figura 6-4. Variables significativas modelo de generación de viajes a nivel de hogar con efecto aleatorio	101
Figura 6-5. Variables significativas modelo de generación de viajes a nivel de persona con y sin efecto aleatorio	107
Figura 6-6. Variables significativas modelo de partición modal, modo transporte no motorizado.....	115
Figura 6-7. Variables significativas modelo de partición modal, modo transporte privado	116
Figura A-1. Cruce a través de Baquedano por calles C. Vicuña a G. Velásquez (Quilpué)	142
Figura A-2. Cruce por Gómez Carreño (Quilpué)	143
Figura A-3. Cruce camino troncal antiguo (Quilpué).....	143
Figura A-4. Escalera sobre nivel (Quilpué)	144
Figura A-5. Cruce peatonal bajo nivel (Villa Alemana).....	144
Figura A-6. Cruce vehicular sobre nivel en la autopista.....	145
Figura A-7. Cruce bajo nivel en intersección en trébol en autopista	146

RESUMEN

Las grandes infraestructuras de transporte, como autopistas o líneas férreas, son inversiones atractivas, ya que permiten disminuir tiempos de viajes entre distintas localidades. Sin embargo, si estas infraestructuras no están soterradas, pueden generar diversas externalidades negativas tales como contaminación, ruido y segregación de la comunidad.

El objetivo de esta investigación es estudiar el efecto segregador de las infraestructuras de transporte, medido en términos de supresión de viajes y elección modal de una localidad urbana. Se usó como caso de estudio la conurbación de Quilpué y Villa Alemana en Chile, ya que cuenta con una línea férrea a nivel en el sector norte y una autopista interurbana en el sector sur. El análisis se centró en la generación de viajes, usando modelos logit ordinal y modelos de regresión Poisson, y en la elección de modo de transporte a través de modelos logit multinomial. Para esto, se utilizó la información de 2053 hogares de la Encuesta Origen Destino del Gran Valparaíso de 2014, los que se categorizaron según distancia a la línea del tren y autopista.

Los resultados indican que los hogares que se encuentran cerca de la línea férrea son afectados negativamente en la generación de viajes, mientras que hogares cercanos al troncal son afectados de manera positiva. Los resultados del modelo de partición modal no permiten concluir que las infraestructuras de transporte tengan un impacto negativo sobre la elección del modo no motorizado y positivo sobre la elección del modo privado. Sin embargo, del análisis de los viajes que cruzan alguna de estas infraestructuras, se observa que la elección del modo no motorizado es menor al 3% cuando el viaje implica cruzar el troncal. Por último, se concluye que las personas orientan lo que consideran como su barrio hacia su lado de la barrera, lo que provocaría un atrofiamiento del barrio debido a la segregación que producen las infraestructuras de transporte analizadas.

Palabras clave: segregación de la comunidad, patrón de viajes, infraestructura de transporte, generación de viajes, partición modal

ABSTRACT

Large transport infrastructures, such as highways or railways, are attractive public investments since they allow to reduce travel times between different locations. However, if they are not buried, they could generate various negative impacts on the surrounding community. For example, they may increase noise pollution and deteriorate nearby neighborhoods' connectivity, increasing travel times and community severance.

The objective of this research is to study the segregating effect of transport infrastructures, measured in terms of travel suppression and modal choice in an urban location. The conurbation of Quilpué and Villa Alemana in Chile was used as a case study, since it has an at-level railway and an interurban highway in the northern and southern sector respectively. The analysis focused on trip generation, using ordered logit models and Poisson regression models, and on transport mode choice through multinomial logit models. For this purpose, the source of information was the Grand Valparaíso Origin-Destination Survey of 2014, where 2053 households were categorized according to the distance to the train and highway line.

The results indicate that households closer to the railway line are negatively affected in their trip generation, while households near to the highway are affected in a positive way. The results of the modal share model do not allow us to conclude that transport infrastructures have a negative impact over the choice of non-motorized modes and positive impact on the choice of private mode. However, from the analysis of the trips that cross any of these infrastructures, the choice of non-motorized modes is less than 3% when the trip involves crossing the highway. Finally, it is concluded that people orient what they consider as their neighborhood towards their side of the barrier. This may cause an atrophy in the neighborhood due to the segregation produced by the analyzed transport infrastructures.

1. INTRODUCCIÓN

Proyectos que involucran grandes infraestructuras de transporte, tales como autopistas o líneas férreas, son usualmente considerados como inversiones positivas puesto que disminuyen los tiempos de viajes y aumentan la capacidad para transportar a más personas. Sin embargo, si estas infraestructuras no están soterradas, pueden generar diversas externalidades negativas tales como polución, ruido y segregación de la comunidad.

De manera amplia, la segregación de la comunidad es un concepto que describe el efecto que tienen las infraestructuras de transporte y el tráfico motorizado sobre la población, al actuar como una barrera física o psicológica que separa un área edificada de otra (Anciaes et al., 2016b). Este es un problema poco estudiado en la literatura por su alta complejidad y la variedad de componentes que la definen y, si bien hay un consenso de que es un problema que existe, la falta de una definición única y la dificultad para medirla ha hecho que no se incorpore completamente en la evaluación de proyectos (Handy, 2003; Anciaes et al., 2014a).

Este fenómeno es un problema que afecta tanto al individuo como a la sociedad. Produce impactos directos sobre la salud, incluida la reducción del apoyo social, la reducción al acceso a servicios y el acceso restringido a personas con discapacidad (Rajé, 2004). Esto disminuye las redes sociales, lo que está relacionado con pobre salud y mortalidad (Mindell & Karlsen, 2012). Sus consecuencias se pueden ver como un aumento en el tiempo de espera y de viaje para cruzar la vía, cambios en la elección del modo para evitar cruzar caminando o en bicicleta, e incluso puede llevar a la supresión de viajes (Anciaes et al., 2014a).

En Chile, este es un problema que se observa en infraestructuras como líneas férreas – por ejemplo, Metro Valparaíso S.A en la región de Valparaíso y Biotrén en la región del Biobío –, o autopistas urbanas – por ejemplo, la autopista Vespucio Sur en Santiago. No

es difícil intuir que su diseño poco amigable con el entorno tiene impactos sobre el patrón de viajes de las personas, especialmente de aquellas que viven próximas a ella.

No obstante, esta intuición no ha sido estudiada en profundidad en el país. ¿Existen viajes que se dejen de hacer por no poder cruzar la vía? ¿Existe un cambio modal, donde las personas efectivamente eviten caminar y prefieran usar el automóvil dada la presencia de estas infraestructuras? ¿Cuál es el área de influencia de estas barreras de transporte? Estas son algunas de las preguntas que no tienen una respuesta sencilla, por lo que su estudio se vuelve esencial.

1.1. Objetivos

El objetivo general de esta investigación es estudiar el efecto que poseen las infraestructuras de transporte sobre el patrón de viajes de una localidad urbana. En particular, los objetivos específicos de este trabajo son:

- 1) Determinar si existe una influencia negativa sobre el número de viajes de los hogares que se encuentran alrededor de las infraestructuras de transporte.
- 2) Determinar si existen preferencias de modos de transporte privados por sobre modos de transporte no motorizados en la cercanía de las infraestructuras de transporte.
- 3) Determinar el área de influencia que tienen las infraestructuras de transporte sobre las personas.
- 4) Determinar si existen preferencias por destinos que estén cercanos al hogar por sobre destinos que impliquen cruzar la infraestructura de transporte.
- 5) Analizar los viajes que impliquen cruzar una infraestructura de transporte, en cuanto al número y modo de transporte utilizado.
- 6) Determinar si existe un efecto mayor para las personas vulnerables: niños, adultos mayores y mujeres.

Para abordar estos objetivos, en este trabajo de investigación se escogerá un caso de estudio que tenga una infraestructura de transporte que pueda estar segregando la ciudad y se utilizará la información de la encuesta origen destino en hogares como base de datos. Se hará un análisis transversal y cuantitativo – tanto para la generación, modo de transporte y destino – de los viajes que realizan las personas que vivan en la localidad, diferenciándolos según cercanía a la infraestructura de transporte. Además, el análisis se profundizará con la modelación de la generación de viajes, a nivel de hogar y a nivel de persona, y la modelación de la partición modal.

1.2. Contenido

En el Capítulo 2 se explicará qué es la segregación de la comunidad, los elementos que la componen, indicadores y formas de cuantificarla. En el Capítulo 3 se presentará el marco teórico de los modelos que serán utilizados para determinar la generación de viajes y partición modal. En el Capítulo 4, se dará a conocer el caso de estudio y el análisis descriptivo de su respectiva base de datos. En el Capítulo 5, se presentará la metodología que se utilizará para definir los modelos, y los supuestos y análisis específicos que se harán para la generación de viajes y la elección modal. Posteriormente, en el Capítulo 6 se presentarán los resultados obtenidos. Finalmente, en el Capítulo 7 se presentarán las conclusiones y limitaciones de esta investigación, junto con propuestas para futuras investigaciones.

2. SEGREGACIÓN DE LA COMUNIDAD

Esta sección presenta una revisión de la literatura relacionada a la segregación de la comunidad. A continuación, se muestra las diferentes visiones acerca del concepto, su definición, elementos, y métodos e indicadores para medirla. Finalmente, se presenta la oportunidad de investigación.

2.1. Definición

Diversos estudios relacionan la segregación de la comunidad a un problema que afecta las conexiones sociales (Appleyard & Lintell, 1972; Boniface et al., 2015). A pesar de ello, la definición de segregación de la comunidad no posee consenso internacional (James et al., 2005; Ancaes et al., 2016b), ya que es un concepto que puede variar tanto en significados y connotaciones, como en agencias y países que lo miden (Quigley & Thornley, 2011).

Producto de la falta de una definición clara, diversos autores han adoptado otros conceptos para hablar de problemas similares. Por ejemplo, el “efecto barrera” (Litman, 2012), definido como las demoras que produce el tráfico en calles a los modos no motorizados o la “cohesión de la comunidad”, definido como un estado de unidad de las personas en torno a la participación y el involucramiento social (Quigley & Thornley, 2011).

También, el concepto de exclusión social (Rajé, 2003) es ampliamente abordado en la literatura. Su definición comprende diversas dimensiones que impiden a la población participar de las actividades regulares de la sociedad, dentro de las que se encuentra la movilidad y la interacción con el espacio público (Kenyon et al., 2002). Por último, desde las ciencias sociales, este concepto está relacionado a la cohesión social (Leyden, 2003; Sauter & Huettenmoser, 2008) y segregación espacial (King & Blackmore, 2013; Mitchell & Lee, 2014).

Por lo anterior, diversas revisiones se han hecho para poder definir un lenguaje común y las maneras de medir la segregación de la comunidad (Handy, 2003; Quigley & Thornley, 2011; Anciaes et al., 2016a; Anciaes et al., 2016b). En particular, se han creado proyectos de largo plazo, como *Street Mobility And Network Accessibility Series* de University College of London, para poder sentar las bases sobre las que enfocarse al momento de definir y medir la segregación.

Las definiciones utilizadas han sido resumidas en diversos trabajos (Guo et al., 2001; James et al., 2005; Quigley & Thornley, 2011). La investigación más actual al respecto es de Anciaes (2015) y reúne más de 60 definiciones que se han utilizado para la segregación de la comunidad y otros conceptos relacionados, como “efecto barrera”, “barreras de tráfico”, “segregación social”, incluyendo algunos utilizados en otros idiomas. Debido al gran número de definiciones, en la Tabla 2-1 solo se presentan las que se consideraron más importantes.

Finalmente, en el caso de esta investigación, se considerará la definición entregada por Anciaes (2015), puesto que el enfoque de este estudio se centra en las infraestructuras de transporte y sus impactos en la comunidad:

“La segregación de la comunidad relacionada con el transporte es el impacto negativo variable y acumulativo de la presencia de una infraestructura de transporte o tráfico motorizado sobre percepciones, el comportamiento y el bienestar de las personas que utilizan las áreas circundantes o que necesitan realizar viajes a lo largo de esa infraestructura o tráfico” (Página 4).

Tabla 2-1. Definición y conceptos relacionados a la segregación de la comunidad.

Fuente: elaboración propia con información de Ancaies (2015)

Autor	Año	Concepto	Definición
Lee & Tagg	1976	Segregación social	[Segregación social es la suma de] todas las formas de respuesta humana a (o la interacción con) una barrera en el ambiente.
Tate	1997	Segregación social	[Segregación social:] El efecto divisorio que resulta por la provisión y uso de las infraestructuras de transporte.
Lucas et al.	2001	Segregación de la comunidad	En áreas urbanas y suburbanas, la combinación de diseño de carreteras y empalmes, velocidad del tráfico, congestión y vehículos estacionados de manera inapropiada pueden causar la separación de las comunidades y limitar severamente la actividad peatonal.
Handy	2003	Segregación	Segregación hace referencia a la separación o partición entre personas, entre personas y lugares, o entre dos lugares. (...) La segregación puede entenderse también a través de su inverso, tanto a nivel físico [conectividad] o a nivel social [cohesión de la comunidad].
Egan et al.	2003	Segregación de la comunidad	[Segregación de la comunidad:] acceso reducido a servicios locales y disrupción de las redes sociales causadas por una barrera física que atraviesa la ciudad.
Mouette & Waisman	2004	Efecto barrera	[Efecto barrera] se define como las restricciones o inhibiciones causadas por el tráfico y las carreteras, que causan una impedancia a la libre circulación de peatones a través de los dos lados de la carretera. Además de las barreras físicas causadas por las carreteras y el tráfico motorizado, la movilidad de los peatones también se reduce significativamente por el riesgo al que están expuestos al caminar, especialmente al cruzar la carretera.
James et al.	2005	Segregación de la comunidad	Los esquemas de transporte nuevos o existentes, como las carreteras o los ferrocarriles, pueden tener un impacto social perjudicial en las comunidades. (...) Esto puede limitar la capacidad o el deseo de las personas de moverse a través de esa área, lo que a su vez puede reducir el acceso a servicios clave (como salud, educación y oportunidades de empleo y compras de alimentos de calidad) y dañar las redes sociales locales y la "cohesión" comunitaria.
Grisolía et al.	2011	Segregación de la comunidad	La segregación de la comunidad se puede definir como el impacto que causa la infraestructura de transporte masivo al pasar por áreas pobladas que dividen a las comunidades, alterando su comunicación, reduciendo su accesibilidad y creando otras externalidades ambientales.
Quigley & Thornley	2011	Segregación de la comunidad	[La segregación de la comunidad es la] separación de las personas de las instalaciones, los servicios y las redes sociales que desean utilizar dentro de su comunidad; cambios en la comodidad y el atractivo de las áreas; y / o personas que cambian los patrones de viaje debido a las barreras físicas, de tráfico y / o psicológicas creadas por los corredores de transporte y su uso.
Litman	2012	Efecto barrera/ Segregación	El efecto barrera (también llamado segregación) se refiere a las demoras, las molestias y la falta de acceso que el tráfico vehicular impone a los modos no motorizados (peatones y ciclistas). La segregación usualmente se enfoca en los impactos de carreteras nuevas o más amplias, mientras que el efecto barrera toma en cuenta los impactos del tráfico vehicular.
Mindell & Karlsen	2012	Segregación de la comunidad	La segregación de la comunidad se produce cuando el tráfico (velocidad o volumen) impide el acceso a bienes, servicios o personas.
Ancaies	2015	Segregación de la comunidad	La segregación de la comunidad relacionada con el transporte es el impacto negativo variable y acumulativo de la presencia de una infraestructura de transporte o tráfico motorizado sobre percepciones, el comportamiento y el bienestar de las personas que utilizan las áreas circundantes o que necesitan realizar viajes a lo largo de esa infraestructura o tráfico.

2.2. Elementos

El problema de la segregación puede ser descompuesto en cuatro componentes principales: (i) qué barreras producen segregación, (ii) quiénes son los afectados, (iii) cómo viajan las personas y (iv) hacia dónde viajan las personas. Cada uno de estos componentes presentan diversos elementos que han sido estudiados para medir segregación de la comunidad (Anciaes et al., 2016b). En la Figura 2-1 se presentan estos elementos.

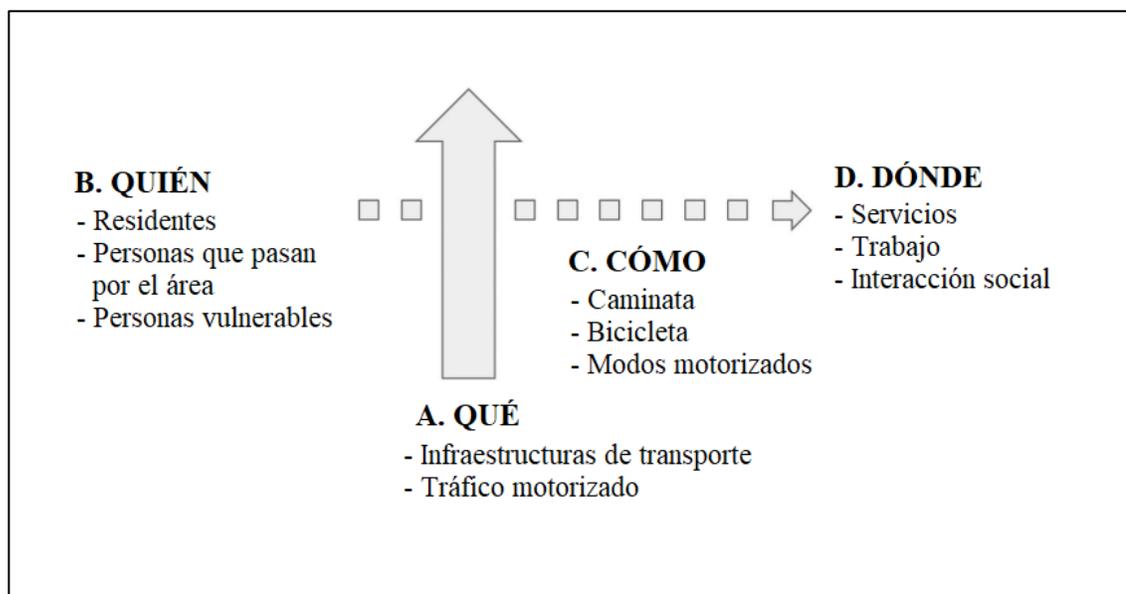


Figura 2-1. Elementos de la segregación de la comunidad

Fuente: Basado en Anciaes et al. (2016b)

2.2.1. ¿Qué barreras?

Al analizar la segregación, lo principal es determinar qué es lo que la produce. En primer lugar, una gran infraestructura de transporte – autopista o línea férrea–, puede provocar segregación cuando no se encuentra soterrada. Esto se produce por una desconexión entre las distintas zonas que se encuentran alrededor de las infraestructuras. Se dice que estas

barreras producen una “segregación estática”, puesto que los efectos se mantienen constantes a lo largo del día (Guo et al., 2001; Cleary, 2016).

Para estas barreras, existen distintas facilidades que se pueden implementar para mitigar la desconexión, como los pasos bajo o sobre nivel. Si estas son de calidad, tienen el potencial para superar la segregación y pueden incentivar el transporte activo (Nimegeer et al., 2018). Sin embargo, estas no siempre se instalan con un número suficiente o su diseño no es apto para todas las personas, especialmente aquellas con movilidad reducida. De esta manera, las facilidades pueden contribuir al problema mediante una “segregación secundaria”, debido a la experiencia negativa que causan en aquellos que la utilizan (Bradbury et al., 2007).

En segundo lugar, están las calles grandes, como avenidas principales, que, ya sea por el alto flujo o velocidad de los vehículos, impiden que las personas las crucen de manera rápida y segura. Estas calles se dice que producen una “segregación dinámica” (Guo et al., 2001; Cleary, 2016), ya que el efecto que tienen sobre las personas varía según el horario del día y el flujo vehicular que se encuentre en la calle.

En tercer lugar, se encuentra la barrera psicológica que puede producir una calle o sector (Lee & Tagg, 1976; Grigg & Ford, 1983; Tate, 1997; Handy, 2003; Bradbury et al., 2007; Anciaes et al., 2016b; Cleary, 2016). Esta barrera es la más difícil de determinar, puesto que depende de la percepción de las personas sobre aquello que está produciendo segregación. El ruido, la suciedad, la luminosidad o la seguridad personal ante crímenes pueden provocar que las personas se rehúsen a cruzar o cambien sus rutas con tal de no pasar por aquellos lugares que producen segregación, lo que incluso puede llevar a la supresión de viajes.

De esta manera, la segregación de la comunidad depende de un componente físico, como el diseño de las barreras y el entorno construido, y de un componente subjetivo que depende de la percepción de la persona que se enfrenta a la barrera. Así, la segregación depende de cómo las personas interactúan con el ambiente y el sistema de transporte que

puede estar segregándolos (Tight et al., 2004; Hodgson et al., 2004). Lo anterior hace que su evaluación sea más compleja en los proyectos de transporte, pero no por ello menos importante que otras evaluaciones más objetivas (Handy, 2003).

2.2.2. ¿Quiénes son los afectados?

Una vez establecida la barrera que produce la segregación, interesa conocer a quiénes afecta. Existen tres grupos de interés. El primero, son las personas que viven cerca de las barreras. El segundo, son las personas que pasan por las barreras, sin necesariamente vivir cerca. Ambos grupos podrían tener, por ejemplo, aumentos en sus tiempos de viaje y cambios de rutas producto de enfrentarse a la barrera.

De ambos grupos se obtiene un tercer grupo que considera a todas las personas vulnerables. Se considera como persona vulnerable a los individuos que se ven más afectados por las barreras, como son los adultos mayores, mujeres y niños (Grigg & Ford, 1983; Hodgson et al., 2004). También, se considera a aquellas personas que tienen algún problema de movilidad, como las personas que utilizan bastón, silla de ruedas o que deben llevar coches para bebés (Bradbury et al., 2007).

Para las personas con problemas de movilidad, los efectos de la segregación son mayores, puesto que su actitud frente al peligro o la capacidad de moverse no siempre es apta para utilizar las facilidades. Por ejemplo, para los adultos mayores la velocidad de caminata podría ser insuficiente para alcanzar a cruzar en el tiempo permitido en una vía (Hoxie & Rubenstein, 1994; Langlois et al., 1997; Asher et al., 2012) o podrían tener problemas para usar los pasos sobre nivel por su diseño (James et al., 2005). En el caso de las mujeres, son menos propensas a cruzar las calles en situaciones de riesgo (Holland & Hill, 2007). En el caso de los niños, la seguridad ante posibles accidentes limita el cruce por calles de alto flujo vehicular. De hecho, DiGuseppi et al. (1998) indicaron en su estudio que solo 3% de los niños que tienen bicicleta tienen permitido cruzar una calle principal. Clark et al. (1991) plantea que para ellos los efectos de la segregación son más que el aumento del

largo y el tiempo de viaje, por lo que se debería poner mayor atención en este grupo al momento de diseñar proyectos viales.

2.2.3. ¿Cómo se mueven las personas?

Determinar cómo viajan las personas también es importante para estudiar los efectos de la segregación, puesto que el medio de transporte influye en la actitud que tienen al enfrentar las barreras. Personas que viajan caminando se verán más afectadas por la amenidad del lugar y los tiempos de espera que las personas que viajan en transporte privado. Por lo tanto, efectos divisorios de las barreras y la pobre calidad del ambiente darán como resultado menos viajes en modo caminata (Mindell & Karlsen, 2012).

Lo anterior se explica, por una parte, ya que los viajes en caminata son más habituales para viajes cortos, por lo que el aumento del tiempo de espera para cruzar una calle con alto flujo vehicular, por ejemplo, implica un aumento significativo del tiempo total de viaje (Hodgson et al., 2004). En cambio, los viajes en transporte motorizado experimentan cambios de tiempo de viaje que son proporcionalmente menores a los de la caminata.

Por otra parte, la inseguridad, el aumento del tiempo de viaje o la imposibilidad de realizar estos viajes caminando – especialmente para las personas con movilidad reducida – son algunas de las razones de que la gente prefiera utilizar otros modos de transporte. Por lo tanto, cuando existe segregación, los modos caminata y bicicleta son los más afectados al disminuir el número de personas que los utilizan.

2.2.4. ¿Hacia dónde se mueven las personas?

Al estudiar la segregación, hay que tener en consideración que el interés en el destino influye en la percepción de las personas sobre los impactos de la segregación. Si las personas no están interesadas en cruzar al otro lado, entonces la barrera no necesariamente las afecta negativamente.

De esta manera, hay barreras que pueden ser consideradas positivas como, por ejemplo, cuando las barreras ayudan a separar barrios considerados distintos o más peligrosos del resto de la comunidad (Anciaes et al., 2014a). Así, la dificultad de cruzar podría considerarse como algo deseable por las personas que viven al otro lado de ese barrio.

Este desinterés se puede dar también, por ejemplo, cuando las infraestructuras son construidas de manera previa a la expansión de la ciudad. En estos casos, las comunidades a un lado y al otro de la infraestructura fueron desarrollándose siempre desconectadas. Para Handy (2003), esto no produce segregación, puesto que ninguna conexión previa fue cortada cuando se construyó la infraestructura.

Sin embargo, es necesario cuestionarse si el desinterés por no cruzar es necesariamente algo positivo, puesto que implica que las personas tienen una baja identidad como comunidad, un aspecto poco deseable desde el punto de vista del desarrollo urbano.

En el caso de implementar una barrera en contextos distintos al anterior, el estudio del destino de los viajes es relevante porque permite ver si existen cambios en el comportamiento de las personas con tal de no cruzar la barrera. Por ejemplo, las personas podrían preferir ir a lugares que se encuentren en su lado de la barrera en vez de cruzarla (Lee & Tagg, 1976), ya que la barrera estaría afectando negativamente su percepción del entorno construido y limitaría su barrio solo a sectores a su lado de la vía (Guimpert & Hurtubia, 2018). Más aún, la presencia de la barrera podría inducir a la supresión de viajes (Quigley & Thornley, 2011), especialmente cuando las personas no tienen acceso a automóvil (Cohen et al., 2014).

Por lo tanto, tal como plantea (Anciaes et al., 2014a) es tan importante explorar los viajes que no son realizados y los destinos que no son visitados como es recoger datos sobre el patrón de viajes ya existente, puesto que, como explica Bradbury et al. (2007), tanto las barreras físicas como las psicológicas pueden provocar supresión de viajes. Sin embargo, para obtener información sobre el comportamiento no observado de los peatones se deben hacer encuestas o entrevistas (Hine, 1996).

2.3. Dimensiones

La segregación de la comunidad es un problema tan complejo y amplio, que poder medirlo en su totalidad es una tarea difícil. Incluso, Mindell & Karlsen (2012) afirmaron que la segregación de la comunidad no era cuantificable de manera efectiva.

Esto se debe a que, según Anciaes et al. (2014a), cuando las investigaciones consideran la segregación, solo se hacen evaluaciones amplias que generalmente carecen de, ya sea medidas cuantitativas rigurosas del incidente y la magnitud del problema, o de cualquier análisis cualitativo detallado de las comunidades afectadas. Además, agregan que los estudios que existen tienden a ser de distintas disciplinas que no se intersectan o que son publicados en reportes técnicos en vez de revistas académicas, por lo que carecen de difusión internacional. En ese sentido, James et al. (2005) sugiere que se tome un enfoque más proactivo para reunir evidencia sobre el fenómeno.

Para poder obtener la rigurosidad necesaria, se debe considerar que el problema de la segregación de la comunidad tiene dos dimensiones importantes que deben ser consideradas para cada uno de los elementos antes planteados; espacio y tiempo.

2.3.1. Espacio

El espacio o área de estudio corresponde a la escala espacial que se quiere considerar para analizar el problema. Por un lado, se tiene un análisis local sobre los efectos de la segregación alrededor de las barreras. En este análisis podrían tener más importancia atributos como el tiempo de espera para cruzar, equipamiento del lugar o velocidad vehicular. Por otro lado, al aumentar el área de análisis, se puede considerar a las personas que viven más lejos y que son capaces de separar la segregación de otros efectos más tangibles, como el ruido, por lo que tienen una percepción más nítida del problema (Loir & Icher, 1983 en Anciaes et al., 2016b).

Además, ampliar el espacio de estudio permite ver efectos más allá del individuo, pudiendo también considerar los efectos que tiene sobre la sociedad. Efectos sobre la

cohesión de la sociedad, las redes sociales y la exclusión social (Rajé, 2004; Mindell & Karlsen, 2012; Boniface et al., 2015) son algunos de las consecuencias que tendrían las grandes infraestructuras o calles de alto tráfico sobre las interacciones en la sociedad.

Por lo tanto, la escala espacial define tanto los atributos que son importantes para medir como el objeto que será estudiado – los individuos que viven cerca de la infraestructura, una zona en particular a un lado de la infraestructura o una ciudad completa.

2.3.2. Tiempo

Los efectos de la segregación dependen del tiempo en que se analiza el fenómeno. Por ejemplo, James et al. (2005) argumentan que una calle principal, el objeto de análisis cambia según el periodo del día, siendo más relevante el nivel de tráfico de día y la velocidad en la noche.

En el caso de una infraestructura de transporte, como una autopista o una línea férrea, los efectos de la segregación son constantes en el corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo, la presencia de estas infraestructuras puede provocar cambios a la plusvalía de los sectores (Lee & Sohn, 2014), lo que eventualmente podría llevar que las personas decidan cambiar de residencia (Anciaes et al., 2014b).

Además, la relevancia del problema varía según el tiempo que ha transcurrido desde que está presente la barrera que causa segregación. Por ejemplo, Lee & Tag (1976) analizaron si la presencia de una calle principal o autopistas podrían encoger el barrio de las personas en el tiempo. Sus resultados indican que los barrios crecen, pero reorientándose hacia su lado y no estableciendo lazos con el otro lado de la vía.

2.4. Métodos e indicadores

Una vez definidos los elementos y dimensiones que definen la segregación de la comunidad, es necesario construir indicadores que permitan controlar de manera sencilla

los efectos. Además, si se quiere agregar la segregación de la comunidad en la evaluación de los proyectos es necesario valorizar estos indicadores.

A continuación, se muestran los indicadores que se han utilizado en la literatura, para luego mostrar los trabajos que se han hecho para cuantificar monetariamente la segregación, según si se utilizan métodos de preferencias declaradas o reveladas.

2.4.1. Indicadores

En la literatura la segregación se ha medido ya sea como un obstáculo para hacer algo – como cruzar la vía, llegar a ciertos destinos o caminar alrededor – o como un factor que reduce la calidad de caminar (Anciaes et al., 2016b). Esta medición se puede resumir en cuatro aspectos: cruzabilidad, caminabilidad, accesibilidad y calidad.

1) Cruzabilidad

La cruzabilidad del lugar permite determinar qué tan fácil es para un determinado individuo cruzar una barrera física, asociado regularmente a la infraestructura o condiciones de tráfico (Guo & Black, 2000; Anciaes et al., 2016b).

Atributos como el tiempo de espera para cruzar (Appleyard et al., 1981), la proporción de peatones que son demorados o el atraso promedio de los peatones (Hunt & Williams, 1982) son algunos de los indicadores que se pueden construir para medir la cruzabilidad. Meltofte & Nørby (2013) van un paso más allá y presentan una fórmula de cálculo del efecto barrera para el caso danés considerando el tráfico promedio del día, la proporción de los vehículos pesados, el número de personas que cruzan y el largo de la barrera.

2) Caminabilidad

Los impactos de las barreras se pueden evaluar según la reducción de la capacidad de caminata. Esto tiene relación directa con características del entorno construido (Owen et al., 2004) y la conectividad de las calles (Handy, 2003).

Un método para medir la caminabilidad es analizar la disponibilidad de destinos locales para los peatones mediante el número, el carácter y la deseabilidad de las actividades dentro de una distancia caminable (Kuzmyak et al., 2006). Además, otro método para abordar la caminabilidad tiene relación con la configuración espacial, analizando las características de la red local de las calles y su efecto en los flujos de peatones (Vaughan, 2007).

3) Accesibilidad

La accesibilidad tiene diversas definiciones y, por tanto, puede ser medida y relacionada a la segregación de diferentes formas. Por ejemplo, la segregación puede ser entendida como la reducción de acceso a oportunidades (Anciaes et al., 2016b), mientras que la definición tradicional hace referencia a la facilidad con que puede acceder los individuos a oportunidades a través de un modo o combinación de ellos (Geurs & van Wee, 2004).

Diversos estudios enfocados en la accesibilidad a facilidades mediante transporte activo (Iacono et al., 2010; Vale et al., 2015), mientras que Anciaes (2011) ha propuesto indicadores para medir la pérdida de interacción social producto de barreras.

4) Calidad

Como se dijo anteriormente, la segregación tiene un componente subjetivo importante, donde el entorno y los efectos de la barrera influyen sobre la percepción de las personas y su actitud al enfrentarlas. Para esto, el análisis de amenidades del entorno resulta esencial (Howie et al., 2010; Tiznado-Aitken et al., 2018).

Estas percepciones no pueden ser modeladas a través de modelos de tráfico (Grigg & Ford, 1983), sino que se deben utilizar otro tipo de datos. Por una parte, se pueden emplear encuestas para conocer estas percepciones (Guo et al., 2001; Ancaes et al., 2016b) como Dyett (2010), quién analizó si factores del entorno de la barrera, como la polución o el ruido, los disuadía de las personas de cruzar o caminar cerca de la vía. Por otra parte, enfoques cualitativos pueden ser útiles como complemento a datos cuantitativos para analizar la calidad de la caminata (Appleyard & Lintell, 1972; Lee & Tagg, 1976).

2.4.2. Preferencias declaradas

En la literatura existen diversos trabajos que utilizan el método de las preferencias declaradas para valorizar los impactos de la segregación. Por un lado, están los trabajos que utilizan valorización contingente, como Soguel (1995) y Grudemo et al. (2002) que estimaron la disposición al pago por soterrar una calle.

Por otro lado, se encuentran los trabajos que modelos de elección, donde los participantes realizan ejercicios de elección reiterados, donde escogen la alternativa que más les acomode según los atributos que se presentan. Por ejemplo, se pueden considerar las amenidades del lugar, como colocar parques o circuitos cerrados, para determinar la disposición al pago de las personas para soterrar una autopista (Grisolía et al., 2015).

También, hay trabajos que consideran variables de tráfico, como el desvío de las personas, la velocidad del tráfico, el flujo medio de vehículos y cruces disponibles (Kelly et al., 2007; Kelly et al., 2011). Garrod et al. (2002) utiliza variables de tráfico, como la velocidad de los vehículos y el tiempo extra para cruzar, junto con variables de ruido y belleza del lugar. Finalmente, Ancaes et al. (2018) modela la valorización de la reducción de la segregación causada por una calle, donde evalúa la disminución del número de pistas, la máxima velocidad y la inclusión de una franja divisoria en cuatro calles de ciudades de Inglaterra, controlando por variables socioeconómicas y características de los viajes en caminata.

2.4.3. Preferencias reveladas

Las preferencias reveladas también pueden ser utilizadas para valorar el efecto de las barreras sobre su entorno, donde la técnica más utilizada es la de precios hedónicos. Lee & Sohn (2014) calcularon la influencia que tienen las líneas férreas – soterradas o a nivel – sobre el precio de los hogares a su alrededor. Kang & Cervero (2009) mediante esta técnica determinaron que hubo un aumento de precios de los hogares cuando se eliminó una autopista y se creó un paseo peatonal en su lugar.

2.5. Oportunidad de investigación

La segregación es un problema complejo determinado por diversos elementos como la barrera que provoca la segregación, las personas que son afectadas, los modos que estas personas utilizan para moverse (o que dejan de utilizar) y el destino al cual quieren llegar (o dejan de llegar).

Incorporar todos estos elementos y posibles escenarios sobrepasa los límites de esta investigación. Sin embargo, el estudio propuesto se puede focalizar en ciertos espacios que ha dejado la literatura, como el estudio que tiene una barrera de transporte sobre la decisión de realizar viajes y la elección del modo de transporte.

En esta investigación se utilizará como barrera de estudio una infraestructura de transporte. La razón de utilizar una infraestructura y no una calle con alto tráfico, es que la primera produce una segregación que es estática, por lo que sus efectos podrán ser observables independiente de la hora del día. Además, esto permite dejar fuera variables de tráfico que son complejas de obtener, como la velocidad y el volumen del tráfico.

Los elementos que se abordarán en este estudio tienen relación con la supresión de viajes y la elección modal, ya que actualmente es un problema que ha sido poco estudiado en la literatura. A pesar de ello, algunos trabajos que han abordado este tema lo han hecho mediante encuestas en hogares (Dyett, 2010) o en la calle (Kelly et al., 2007; Kelly et al., 2011), lo que limita el número de respuestas que se podría obtener. Si bien las encuestas

permiten determinar una causalidad entre la existencia de la barrera con la decisión de no realizar un viaje o el modo utilizado, estas generalmente son costosas de implementar.

Por otro lado, si se quiere cuantificar el impacto de la barrera de transporte sobre la segregación, se pueden utilizar técnicas estadísticas, como la modelación de la generación de viajes por hogar y partición modal. La modelación, si bien no garantiza causalidad, sí permite observar patrones o resultados que podrían dar pie a otras hipótesis de trabajo que pueden ser abordadas en futuras investigaciones.

Para estimar estos modelos se puede utilizar como base de datos la encuesta origen destino en hogares de una ciudad, lo que tiene dos ventajas importantes. La primera es que permite obtener información de los viajes, personas y hogares que abarca el área completa de una ciudad. Como esta información se encuentra georreferenciada, se podrá analizar tanto los sectores más cercanos de la infraestructura que actúa como barrera, como los más alejados.

La segunda es que la base de datos contiene información socioeconómica, por lo que se puede diferenciar a las personas vulnerables – adultos mayores, mujeres y niños – del resto de la población, y así enfocar el análisis en estos grupos, tal como se recomienda reiteradamente en la literatura (Clark et al., 1991; James et al., 2005; Bradbury et al., 2007).

3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el marco teórico de los modelos que se estimarán en esta investigación. En la primera sección se presentan los modelos que se utilizarán para la generación de viajes. En la segunda sección se presenta el modelo que se considerará para determinar la elección modal. Por último, se presenta el cálculo de las elasticidades y semielasticidades que se utilizarán para el análisis.

3.1. Modelos de generación de viajes

Al momento de modelar la generación de viajes hay que tener en consideración la naturaleza discreta y no negativa de la variable dependiente – en este caso, el número de viajes por hogar o persona. Para estas variables, los modelos de regresión, como el modelo de regresión múltiple, no son aptos para estimación pues predicen resultados que pueden ser no enteros y/o negativos, ambas condiciones inconsistentes con datos de conteo (Washington et al., 2003). Así, modelos de conteo, como el de regresión Poisson, ajustan mejor a la naturaleza de la variable.

Otra alternativa es recurrir a los modelos logit o probit ordinal, ambos ampliamente utilizados en la literatura (Greene, 2003). Estos modelos se ocupan cuando la variable dependiente es categórica y tiene un orden lógico, por ejemplo, para respuestas en escala Likert. La diferencia entre el modelo logit y el probit está en el supuesto sobre la distribución del error. Mientras que para un logit se asume que el error distribuye logístico, para el probit se asume que distribuye normal estándar.

En la literatura se encuentran en varios trabajos que modelan frecuencia de viajes. Oliva et al. (2018) utilizaron un logit ordinal con clases latentes para modelar la frecuencia del uso de bicicletas. Larrañaga et al. (2016) los utilizó para modelar la frecuencia de caminata de las personas cerca de su residencia, según sus actitudes al viajar y el entorno construido. Huntsinger et al. (2013) concluye que el modelo logit ordinal es un buen candidato para estimar la generación de viajes.

3.1.1. Modelo de regresión Poisson

El modelo de regresión Poisson es un modelo de conteo, donde la distribución de la función de probabilidad distribuye Poisson (Cameron & Trivedi, 2013). La forma funcional de la probabilidad se presenta en la Ecuación 3.1.

$$Prob(Y_i = y_i | \mathbf{x}_i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!}, \quad y_i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.1)$$

Donde y_i es la variable dependiente, \mathbf{x}_i es el vector de variables independientes y λ_i es el valor esperado de la función de probabilidad para la observación i .

Se tiene que su función de enlace corresponde a lo presentado en la Ecuación 3.2. Así, el modelo estima el parámetro λ_i en función de las variables explicativas x_{ik} .

$$\ln(\lambda_i) = \sum_k \beta_k x_{ik} \quad (3.2)$$

Este modelo es estimable a través de métodos de máxima verosimilitud, los cuales producen parámetros Poisson que son consistentes, asintóticamente normales y asintóticamente eficientes. La función de verosimilitud a maximizar está dada por:

$$\mathcal{L} = \prod_{i=1}^N \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad (3.3)$$

Su función de log-verosimilitud está dada por:

$$\ln \mathcal{L} = \sum_{i=1}^N [-\lambda_i + y_i \sum_k \beta_k x_{ik} - \ln(y_i!)] \quad (3.4)$$

Una suposición importante el modelo de regresión Poisson es que la media condicional es igual a la varianza condicional, es decir:

$$E[y_i | \mathbf{x}_i] = \text{Var}[y_i | \mathbf{x}_i] = \lambda_i \quad (3.5)$$

Sin embargo, este supuesto rara vez se cumple por lo que se han creado otros modelos de conteo que no tienen ese supuesto (Hilbe, 2007), como la regresión binomial negativa, los cuales no se abordarán en esta investigación.

3.1.2. Modelo logit ordinal

El modelo logit ordinal es un modelo de regresión para variables que están ordenadas. Se dice que modelo se construye a partir de una regresión latente (Ecuación 3.6), puesto que la variable que se quiere modelar z_i es inobservable.

$$z_i = \beta' \mathbf{x}_i + \varepsilon_i \quad (3.6)$$

Donde \mathbf{x}_i es el vector de variables independientes, β' son los parámetros que se quieren estimar y ε_i es el error con media cero y desviación estándar σ_ε . En este caso, el error ε_i distribuye logísticamente. Si bien z_i no se puede observar, si se puede ver el comportamiento ordinal de la variable y_i , el cual se representa en la Ecuación 3.7.

$$y_i = \begin{cases} 0 & \text{si } z_i \leq 0 \\ 1 & \text{si } 0 < z_i \leq \mu_1 \\ 2 & \text{si } \mu_1 < z_i \leq \mu_2 \\ \vdots & \\ J & \text{si } \mu_{J-1} < z_i \end{cases} \quad (3.7)$$

μ_j se conoce como parámetro de corte, puesto que define los cortes entre una categoría y otra. Los parámetros μ_j y β' se deben estimar de manera conjunta. La pertenencia a una categoría j se define como la diferencia entre las probabilidades acumuladas:

$$\begin{aligned} \text{Prob}(y_i = 0 | \mathbf{x}_i) &= \Phi(-\beta' \mathbf{x}_i) \\ \text{Prob}(y_i = 1 | \mathbf{x}_i) &= \Phi(\mu_1 - \beta' \mathbf{x}_i) - \Phi(-\beta' \mathbf{x}_i) \\ \text{Prob}(y_i = 2 | \mathbf{x}_i) &= \Phi(\mu_2 - \beta' \mathbf{x}_i) - \Phi(\mu_1 - \beta' \mathbf{x}_i) \end{aligned} \quad (3.8)$$

⋮

$$Prob(y_i = J | \mathbf{x}_i) = 1 - \Phi(\mu_{J-1} - \beta' \mathbf{x}_i)$$

Donde $\Phi(\cdot)$ es la función de distribución acumulada logística. Por lo tanto, se tiene que la probabilidad de observación i de pertenecer a la categoría j , se define como:

$$Prob(y_i = j) = \frac{1}{1 + \exp(-\mu_j + \beta' \mathbf{x}_i)} - \frac{1}{1 + \exp(-\mu_{j-1} + \beta' \mathbf{x}_i)} \quad (3.9)$$

Para poder estimar los parámetros de corte μ_j y los parámetros de las variables se debe utilizar el método de máxima verosimilitud.

$$\mathcal{L} = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^J [\Phi(\mu_j - \beta' \mathbf{x}_i) - \Phi(\mu_{j-1} - \beta' \mathbf{x}_i)]^{\delta_i} \quad (3.10)$$

Donde δ_i vale uno si la categoría observada del individuo i es j , y cero en caso contrario.

3.1.3. Inclusión de efectos aleatorios

En el caso de la modelación de viajes es de esperar que exista una correlación entre las observaciones. Esto se produce, por ejemplo, en respuestas de individuos del mismo hogar, ya que comparten características socioeconómicas parecidas como el ingreso, número de vehículos, sector donde viven, etc. Esta correlación violará la suposición de que los errores son independientes y resultará en parámetros estimados erróneos (Washington et al., 2003).

Este problema se soluciona al hacer un modelo de efectos aleatorios, que permite agregar un error que correlacione las perturbaciones de las observaciones de un mismo grupo. El modelo es una modificación del presentado en la Ecuación 3.6, donde el término de error es descompuesto en dos: el error tradicional que es único para cada individuo ε_{iq} y un

error que es específico para cada grupo φ_q , el cual asume una distribución normal con media cero y varianza σ^2 .

$$z_{iq} = \beta'x_{iq} + \varepsilon_{iq} + \varphi_q \quad (3.11)$$

Donde q corresponde al grupo e i son todas las observaciones asociadas a ese grupo. El cálculo de la probabilidad queda como:

$$Pr(y_i = j|\varphi_q) = \frac{1}{1 + \exp(-\mu_j + \beta'x_i + \varphi_q)} - \frac{1}{1 + \exp(-\mu_{j-1} + \beta'x_i + \varphi_q)} \quad (3.12)$$

3.2. Modelos de partición modal

Para modelar la partición modal se utilizará un modelo logit multinomial. Este modelo ha sido ampliamente utilizado en la literatura, pues permite modelar la elección de alternativas que no tienen un orden lógico.

El modelo de maximización de la utilidad de McFadden (1974) nace de la teoría de la utilidad aleatoria, la cual considera que los individuos son racionales y buscan maximizar su utilidad. Supone que cada individuo i tiene una función de utilidad U_{iq} para cada alternativa q de su conjunto de alternativas disponibles, A_i . La función de utilidad se define como:

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (3.13)$$

Donde V_{iq} es lo que se conoce como la componente sistemática y ε_{iq} es la componente aleatoria de error. La componente sistemática se puede modelar como función lineal de los parámetros (Ortúzar & Willumsen, 2011).

$$V_{iq} = \sum_k \beta_{qk} * x_{iqk} \quad (3.14)$$

Donde β_{qk} es el parámetro por estimar y x_{iqk} es la variable independiente del atributo k -ésimo del individuo i para la alternativa q .

Como el individuo i elige la alternativa que maximiza su utilidad, se tiene que elegirá q si su utilidad es mayor al de las otras alternativas n .

$$U_{iq} \geq U_{in} \quad \forall n \in A_i \quad (3.15)$$

Si se reemplaza la Ecuación 3.13 en la anterior, se tiene que el individuo i elegirá la alternativa q si:

$$V_{iq} - V_{in} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{in} \quad \forall n \in A_i \quad (3.16)$$

Como la diferencia $\varepsilon_{iq} - \varepsilon_{in}$ no se puede determinar, ya que depende de dos componentes aleatorios, solo se puede plantear la probabilidad de que el individuo i escoja la alternativa q como:

$$P_{iq} = Pr\{V_{iq} - V_{in} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{in}, \quad \forall n \in A_i\} \quad (3.17)$$

Si se supone que el error distribuye independiente e idénticamente Gumbel con media cero y varianza σ^2 se obtiene un modelo logit multinomial, donde la probabilidad de que el individuo i escoja la alternativa q está dada por:

$$P_{iq} = \frac{e^{\lambda V_{iq}}}{\sum_{A_n \in A(i)} e^{\lambda V_{in}}} \quad (3.18)$$

Donde λ es un parámetro de escala, el cual está relacionado con la varianza de la función densidad:

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6\lambda^2} \quad (3.19)$$

Como se puede observar existe un problema de identificabilidad, puesto que el parámetro de escala λ multiplica a los parámetros β , por lo que no pueden ser estimados de manera independiente. Para solucionar esto, se normaliza λ y se considera igual a uno (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Finalmente, para estimar los parámetros se utiliza el método de máxima verosimilitud, el cual busca maximizar la siguiente función:

$$\mathcal{L} = \prod_i \prod_{q \in A_i} P_{iq}^{g_{iq}} \quad (3.20)$$

Donde g_{iq} vale uno si el individuo i escoge q y cero en otro caso.

3.3. Elasticidades y semielasticidades

Cuando se trabaja con modelos lineales, la interpretación de los coeficientes β y sus signos es sencilla; una unidad más en el regresor cambiará en β unidades la variable dependiente. En cambio, en un modelo no lineal, como son los modelos logit ordinal y de regresión Poisson, la interpretación no es directa.

En el caso del modelo de regresión Poisson, se tiene que un cambio en una unidad del regresor x_k produce un cambio proporcional de la media condicional en β_k unidades.

$$E(y|\mathbf{x}) = e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k)} \quad (3.21)$$

$$\frac{\partial E(y|\mathbf{x})}{\partial x_k} = \beta_k * e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k)} \quad (3.22)$$

$$\frac{\partial E(y|\mathbf{x})}{\partial x_k} = \beta_k E(y|\mathbf{x}) \quad (3.23)$$

En el caso del modelo logit ordinal la interpretación es más compleja, ya que la variable independiente y no es más que una etiqueta para clasificar las categorías, no una medida cuantitativa (Greene & Hensher, 2010). Así, a diferencia del modelo anterior, no existe

una media $E(y|x)$ que analizar, ya que esta no tendría sentido. Por lo tanto, lo que se analiza son los cambios de probabilidades en las categorías cuando se varía un regresor, en vez de los parámetros en sí.

$$\frac{\partial P_j(y_i = j | \mathbf{x}_i)}{\partial x_k} = -\beta_k(F_j - F_{j-1}) + \beta_k(F_j^2 - F_{j-1}^2) \quad (3.24)$$

Con $F_j = \Phi(\mu_j - \beta' \mathbf{x}_i)$.

La ecuación anterior solo es posible cuando la variable es continua, ya que el cambio marginal en la variable x existe. En cambio, cuando la variable es categórica y tiene C categorías – con $C - 1$ categorías estimables en el modelo más la categoría “base” – el cambio marginal no existe, pues el cambio en la variable x es discreto. Por ejemplo, una variable binaria *Sexo* tiene dos categorías, 0 si es hombre y 1 si es mujer, y no existe un cambio marginal entre estos dos; la persona es hombre o es mujer.

En el caso de las variables categóricas, lo que se calcula es el efecto marginal, que es la diferencia de la probabilidad al considerar la variable categórica d_k igual a la categoría c y la probabilidad al considerar d_k igual a la base (Ecuación 3.25). Por ejemplo, para una variable binaria *Sexo* se tendría el cálculo de la probabilidad considerando que d_k es igual uno y luego que d_k es igual a cero, correspondiente a la base (Greene & Hensher, 2010).

$$Ef. Marginal = P_j(y_i = j | d_k = c) - P_j(y_i = j | d_k = base) \quad (3.25)$$

En esta investigación interesa conocer cómo afectan los distintos regresores en el número esperado de viajes. En el caso del modelo logit ordinal, el número esperado de viajes se calcula como:

$$Número\ esperado\ de\ viajes = \sum_j j * P_j \quad (3.26)$$

Para las variables que son continuas y sin interacciones, la elasticidad se calcula como:

$$\frac{\partial \sum_j j * P_j}{\partial x_k} \frac{x_k}{\sum_j j * P_j} = -\beta_k x_k \frac{\sum_j j * [(F_j - F_{j-1})(1 - F_j - F_{j-1})]}{\sum_j j * [(F_j - F_{j-1})]} \quad (3.27)$$

Para variables binarias o categóricas la elasticidad no se puede calcular porque la derivada no existe, por lo que se calcula la semielasticidad (SE). Esta permite calcular cómo cambios en x producen cambios proporcionales en y (ver Ecuación 3.28).

$$SE = \frac{\Delta y}{\Delta x} \frac{1}{y} \quad (3.28)$$

En el caso de la semielasticidad del número esperado de viajes con respecto a un cambio en x , se tiene que Δx es igual a 1. Δy se calcula como el efecto marginal presentando en la Ecuación 3.25. Como la función de probabilidades no es simétrica, se considera a y como el promedio de las probabilidades. De esta forma, se elimina la asimetría de ir de la base a la categoría c versus de ir de la categoría c a la base. Por ejemplo, en el caso de una variable binaria se elimina la asimetría de ir de 0 a 1 o de ir de 1 a 0 (Greene & Hensher, 2010).

$$SE = \frac{\sum_j j * (P_j | x_k = c) - \sum_j j * (P_j | x_k = base)}{\frac{1}{2} \left[\sum_j j * (P_j | x_k = c) + \sum_j j * (P_j | x_k = base) \right]} \quad (3.29)$$

Donde c es la categoría que se está analizando de la variable categórica x_k .

Para el modelo logit multinomial, se tiene que las elasticidades puntuales y cruzadas se calculan según planteado en las Ecuaciones 3.30 y 3.31, respectivamente (Ortúzar & Willumsen, 2011).

$$E_{P_{iq}, x_{iqk}} = \beta_{iq} x_{iqk} (1 - P_{iq}) \quad (3.30)$$

$$E_{P_{iq}, x_{ink}} = -\beta_{in} x_{ink} P_{in} \quad (3.31)$$

Donde P_{i*} es la probabilidad presentada en la Ecuación 3.18, x_{i*k} es la variable k -ésima del individuo i para la alternativa q – o alternativa n – y β_{i*} es el coeficiente de la alternativa q – o alternativa n – para el individuo i .

4. CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se presenta el caso de estudio de la investigación. En la primera sección se establecen los criterios de elección del caso de estudio. En la segunda sección se presenta el proceso de depuración de la base de datos. Finalmente, en la tercera sección se hace un análisis de la base de datos.

4.1. Elección del caso de estudio

En esta sección se explicará la elección del caso de estudio. En la primera sección se presentan los criterios que se utilizaron para escogerlo, mientras que en la segunda sección se presentan las características generales del caso de estudio.

4.1.1. Criterios de selección y elección del caso de estudio

Dados los objetivos de esta investigación, el caso de estudio debe cumplir los siguientes criterios:

- 1) Estar fuera de la Región Metropolitana y así incentivar el desarrollo de trabajos en otras regiones del país.
- 2) Contar con una Encuesta Origen Destino de Viajes disponible y actual. Sin esta base de datos, el estudio no se podría realizar.
- 3) En la zona o comuna debe estar construida una infraestructura de transporte que potencialmente pueda producir segregación, como una autopista o una línea férrea. Esta infraestructura no puede estar soterrada ni elevada.

Si bien son varias las ciudades en el país que cumplen los criterios descritos, como Concepción, Temuco y Rancagua, se escogió la conurbación de las comunas de Quilpué y Villa Alemana, ubicada en la Región de Valparaíso, por dos razones. La primera, ya que cuenta con dos infraestructuras a nivel – una autopista y una línea férrea. La segunda, es

que la que topografía del lugar ayuda a definir claramente la zona de estudio. Ambas razones se explican con más detalles en la próxima sección.

4.1.2. Descripción del caso de estudio: Quilpué y Villa Alemana

El caso de estudio corresponde a la conurbación de Quilpué y Villa Alemana, ambas comunas pertenecientes a la región de Valparaíso (ver Figura 4-1). Quilpué tiene una superficie de 537 km² y una población de 151.708 habitantes, mientras que Villa Alemana tiene una superficie de 294 km² y una población de 126.548 habitantes.

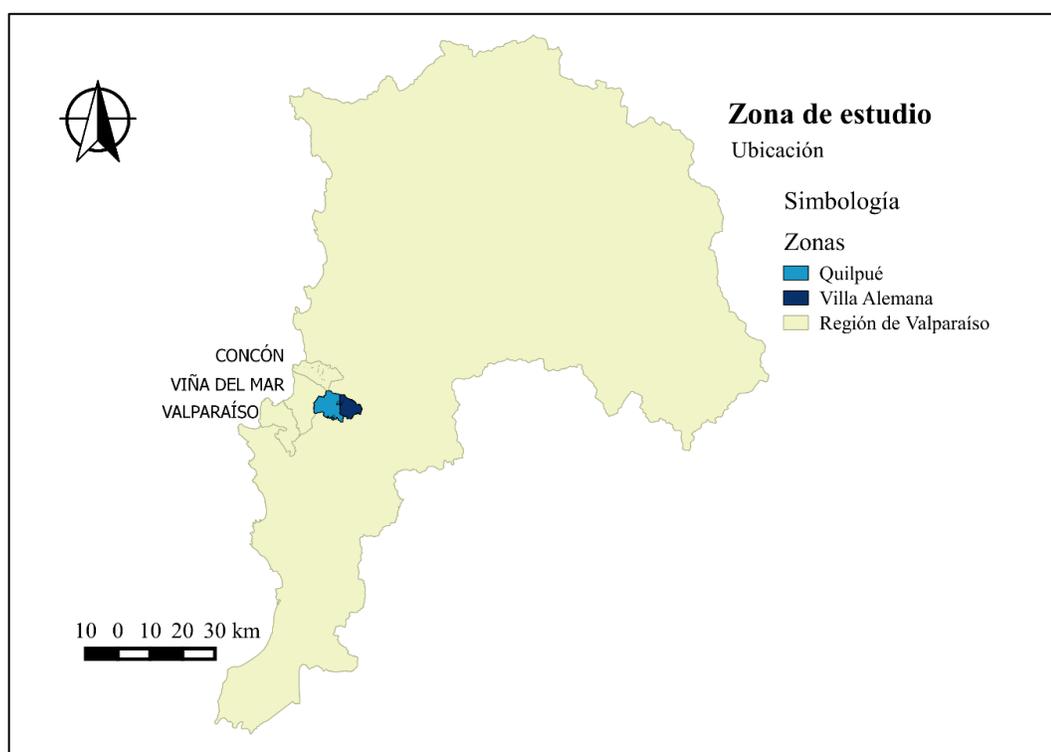


Figura 4-1. Quilpué y Villa Alemana en la región de Valparaíso

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

La zona de estudio cuenta con dos infraestructuras de transporte a nivel: una línea férrea y una autopista interurbana. En la Figura 4-2 se presentan las comunas de Quilpué y Villa

Alemana, junto con las dos infraestructuras de transporte y las 86 zonas definidas por SECTRA (2016).

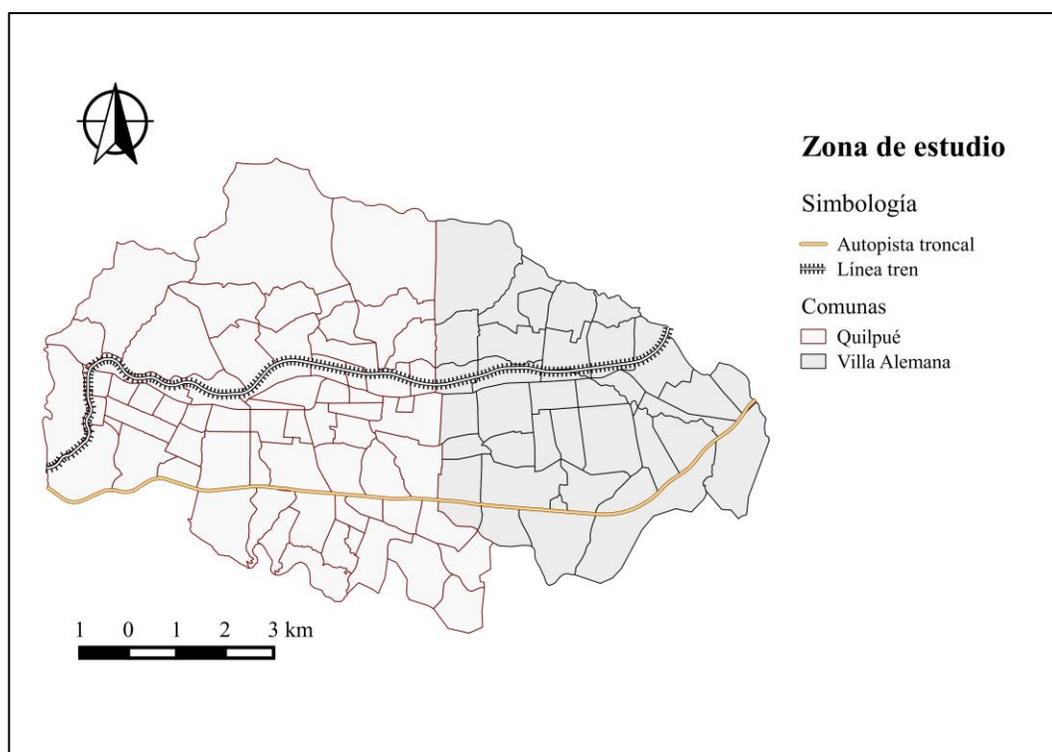


Figura 4-2. Zona de estudio

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis con información de SECTRA (2016)

La línea férrea es utilizada por Metro de Valparaíso S.A. (Merval) y cruza ambas comunas por el sector norte. El metro conecta las comunas de Limache, Villa Alemana, Quilpué, Viña del Mar y Valparaíso. En la Figura 4-3 se presenta la línea del metro junto con el nombre de las estaciones.

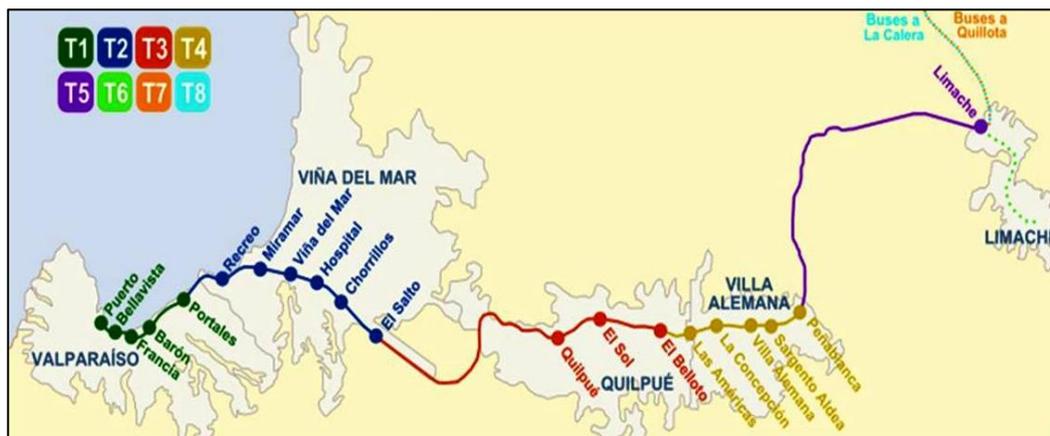


Figura 4-3. Mapa con la representación del trazado de la línea férrea

Fuente: www.wikipedia.org

Lo más relevante del trazado de la línea férrea en la zona de estudio es que se encuentra a nivel y completamente separada con rejas del resto de la ciudad, tal como se muestra en la Figura 4-4. Por lo tanto, para cruzarla se deben utilizar cruces habilitados, como pasos bajo nivel o escaleras sobre nivel.



Figura 4-4. Vista de la línea férrea en la ciudad

Fuente: Google Street View

La autopista corresponde a la Autopista Troncal Sur (Ruta CH-60), una carretera de alta velocidad que conecta a las ciudades al interior de la región de Valparaíso, como Limache,

Quilpué y Villa Alemana, con las ciudades costeras de Viña del Mar y Valparaíso. La autopista – en adelante, también “troncal” – pasa por el sur del área de interés, está a nivel y cuenta con barreras de contención para separarla del resto de la comunidad (ver Figura 4-5).



Figura 4-5. Autopista CH-60, Troncal Sur

Fuente: www.wikipedia.org

Ambas infraestructuras se encuentran separadas del resto de la comunidad, ya sea por rejas o barreras de contención. Por esto, interesa conocer los pasos habilitados para cruzarlas. En la Figura 4-6 se muestran las estaciones de metro, pasos peatonales y vehiculares habilitados en ambas infraestructuras. En la línea férrea, existen 17 pasos peatonales, 11 pasos vehiculares y nueve estaciones de metro. Los dos últimos también permiten el cruce de las personas. En la autopista solo existen 15 pasos vehiculares, de los cuales dos tienen separaciones entre el flujo peatonal y vehicular mediante barandas. En el Anexo A se presentan cruces representativos de la ciudad.

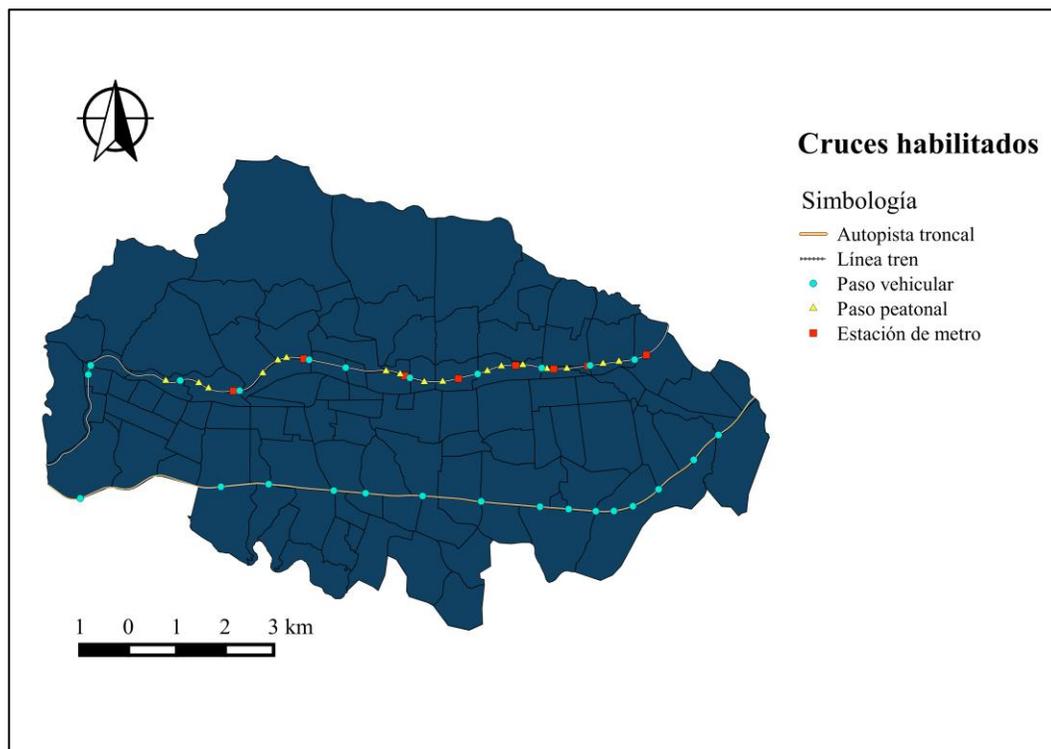


Figura 4-6. Cruces habilitados en las infraestructuras de transporte

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

Como se mencionó anteriormente, la topografía del lugar fue un factor importante para elegir esta zona como caso de estudio. Esta se caracteriza por no ser llano y es común ver sectores elevados dentro de la conurbación además de los cerros que rodean a la zona de estudio. En la Figura 4-7 se muestra la topografía de la zona de estudio, donde se categoriza la altura cada 25 metros y la última categoría considera los sectores de más de 225 metros sobre el nivel del mar. Se puede observar que la cadena montañosa permite definir claramente el área de estudio y la zona de influencia de las infraestructuras de transporte.

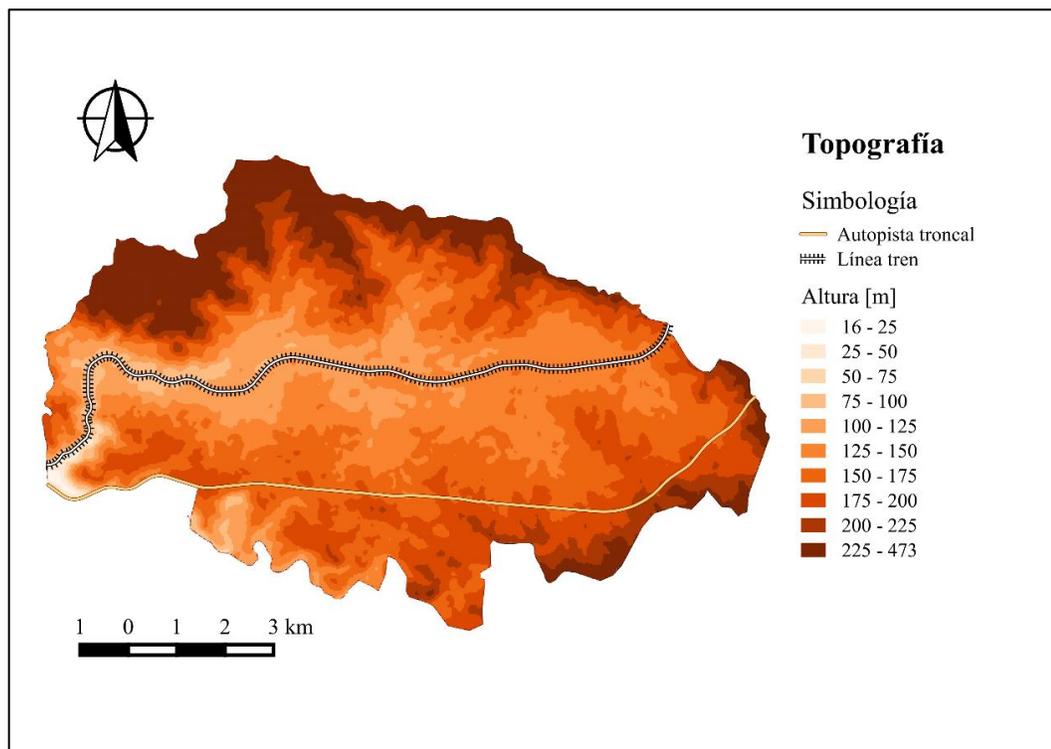


Figura 4-7. Topografía de la conurbación de Quilpué y Villa Alemana

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

4.2. Depuración de la base de datos

Para estimar los modelos propuestos es necesario primero depurar la base de datos, ya que una inconsistencia en la información podría sesgar los modelos y la interpretación a partir de ellos estaría errada. Por lo tanto, esta sección tiene como objetivo describir la base de datos inicial, la metodología utilizada para depurar los datos y dar a conocer la base de datos final.

4.2.1. Base de datos inicial

La base de datos que se utiliza es la Encuesta Origen Destino de Viajes del Gran Valparaíso del año 2014 – en adelante, EOD – la cual es entregada por la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA, 2016). La encuesta se aplica a una muestra de

hogares de la región, donde cada individuo que habita el hogar debe completar un diario de viajes con la información de cada viaje que realiza en un día. El día está determinado *a priori* y es el mismo para todas las personas pertenecientes al hogar. Además, por privacidad, cada hogar tiene una ubicación en coordenadas UTM que corresponde al centroide de la manzana a la que pertenece.

La EOD cuenta con tres bases de datos principales y a continuación se hará una breve descripción de cada una, junto con la información más relevante para este estudio:

1) Base de datos a nivel de hogar:

- Información geográfica del hogar: comuna, zona y manzana.
- Información socioeconómica: número de personas que viven, número de vehículos e ingreso del hogar.
- Información del día de la semana que se realizó la encuesta.

2) Persona:

- Información socioeconómica: edad, sexo, ingreso, ocupación y actividad.

3) Viaje:

- Información geográfica: comuna, zona, manzana y coordenadas de cada origen y destino de viajes.
- Información del viaje: propósito, modo usado, tiempo de viaje, identificación de la persona que realiza el viaje.

Puesto que la investigación tiene como objetivo analizar el patrón de viajes de los individuos que viven en Quilpué y Villa Alemana, se tomará solo en cuenta la información asociadas a estas personas. Lo anterior, lleva a dos consideraciones importantes. La primera es que serán considerados viajes que no tienen como origen y/o destino la zona de estudio, siempre y cuando el individuo que los realice viva en Quilpué o Villa Alemana. La segunda es que serán eliminados viajes que tienen como origen y/o destino la zona de estudio, pero de personas que no viven en Quilpué o Villa Alemana.

De esta manera, la base de datos inicial cuenta con 2.855 hogares, 9.275 personas y 20.042 viajes. En la Figura 4-8 se presenta el mapa con los hogares. En el sector norte existen varias zonas sin hogar, incluso cercano al tren, lo que se debe principalmente a la presencia de cerros. Además, existe una zona acotada con hogares al sur del troncal, ya que el resto del sector no se encuentra poblado.

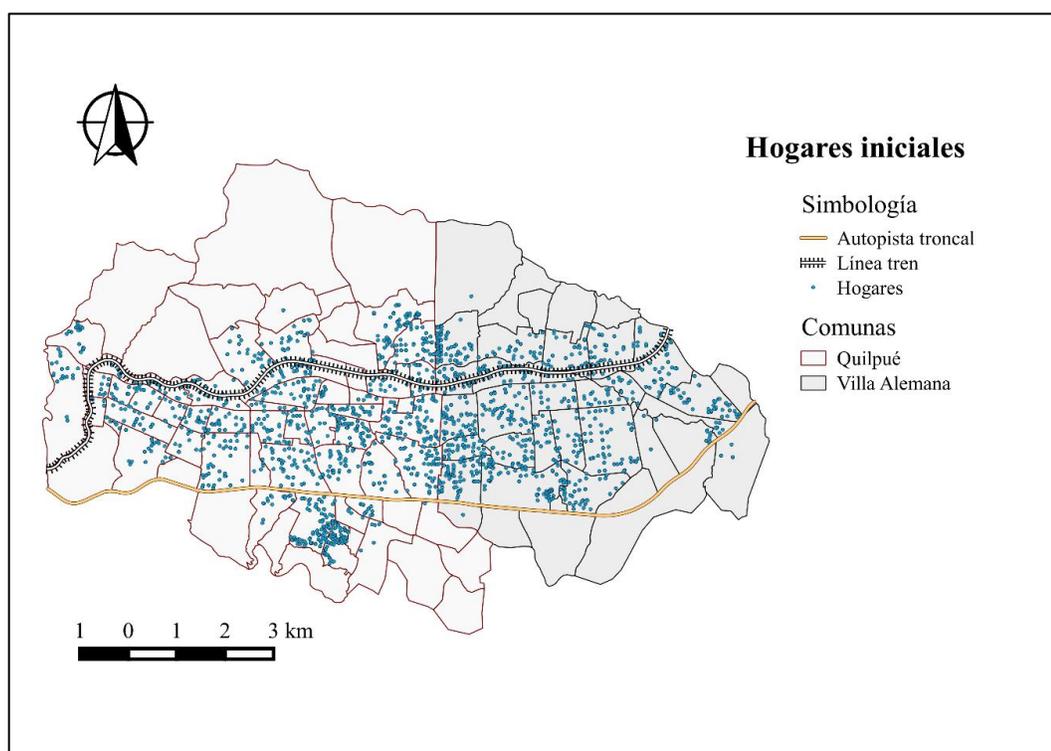


Figura 4-8. Hogares de la base de datos inicial

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis, con información de SECTRA (2016)

4.2.2. Metodología para depurar la base de datos

Luego de obtener la base de datos inicial, se procedió a eliminar los viajes que tuviesen información incompleta o que no fuesen consistentes entre la velocidad de viaje y el modo de transporte reportado. Es importante destacar que la eliminación de un viaje implicaba

la eliminación completa del hogar y toda su información asociada. De esta manera, un viaje inconsistente podía provocar la omisión de 10 viajes, por ejemplo.

1) Primera depuración: omisión de las coordenadas UTM de origen y/o destino.

Al analizar la EOD se concluyó que, si faltaba información, había dos posibilidades. La primera es que no se reportara el código de las manzanas de origen y/o destino, lo que automáticamente implicaba que tampoco estaban las coordenadas UTM. Este problema no tenía solución y el viaje tenía que ser eliminado. La segunda es que no se reportaran las coordenadas UTM del origen y/o del destino de viaje. Este problema tenía solución si los códigos de las manzanas sí estaban reportados, ya que se podía imputar las coordenadas UTM de las manzanas para tener una aproximación de la coordenada UTM omitida.

Sin embargo, realizar la imputación de las coordenadas de las manzanas no era directo, ya que la información disponible en la EOD son los códigos de las manzanas, no sus coordenadas. Para poder obtener las coordenadas se utilizó el software Qgis, ya que a través de este se pueden utilizar *shapes* – o capas de información – para la visualización y manipulación de información georreferenciada. En el caso de esta investigación, se trabajó con los *shapes* de manzanas y se obtuvieron los centroides de cada una, para posteriormente imputarlos en las coordenadas faltantes. Hay que destacar que los códigos reportados en la EOD son propios de SECTRA y no coinciden con la codificación del Servicio de Impuestos Internos, por lo que se tuvo que gestionar con este organismo la obtención de la codificación y los *shapes* de las manzanas.

2) Segunda depuración: velocidades coherentes.

La velocidad del viaje permite determinar si el tiempo y la distancia reportados son coherentes para el modo utilizado. Si bien el tiempo, el modo y la distancia lineal pueden ser obtenidos directamente de la base de datos, la distancia lineal no sirve puesto que subestimaría la distancia real del viaje. La distancia real está determinada por la red vial (que incluye el sentido de las calles) y por el modo utilizado. De esta manera, para un mismo par origen destino, un viaje en caminata tendría menor

distancia real que en transporte público, puesto que este último tiene recorridos y debe considerar el sentido de las calles. Por lo tanto, la distancia real tuvo que obtenerse mediante un script y *OpenStreetPlanner*.

El análisis de la velocidad descrito anteriormente ya viene reportado en la EOD en la variable “TipoViaje”. Sin embargo, la información no fue considerada en su totalidad, ya que la metodología utilizada por SECTRA no toma en cuenta las coordenadas reportadas en cada viaje, sino que considera las coordenadas de los centroides de las zonas de origen y destino del viaje para el análisis. El problema con este método es que las zonas pueden estar más separadas que el origen y destino originales. Lo anterior, castiga más a los viajes en modos no motorizados, puesto que un viaje que implique pasar de una zona a otra, y que en la práctica podría estar más cerca que la distancia entre los centroides tendrá sobredimensionada la distancia recorrida y, por tanto, la velocidad calculada también lo estará.

Una vez obtenidas las velocidades, se eliminaron todos los viajes que superaran el umbral de velocidad máxima establecida en la Tabla 4-1. Estas velocidades tuvieron como referencia los definidos por SECTRA (2016), pero fueron aumentadas por dos razones principales. La primera es que la zona cuenta con una autopista, por lo que existe la posibilidad de que los viajes alcancen velocidades más altas, especialmente para los modos de transporte privado. La segunda es que, como las personas pueden aproximar sus respuestas – por ejemplo, declarar que se demoraron 10 minutos en un viaje de 12 minutos o de 8 minutos – las velocidades podrían estar sobrestimadas o subestimadas. Como el propósito de definir los umbrales es eliminar los viajes *outliers* – por ejemplo, un viaje en caminata a 100 [km/h] – la holgura de la velocidad máxima permite incluir viajes que sí podrían ser posibles en la realidad.

Tabla 4-1. Velocidad máxima permitida según modo de transporte

Fuente: elaboración propia a partir de SECTRA (2016)

Modo de transporte	Velocidad máxima SECTRA (2016) [km/h]	Velocidad máxima utilizada [km/h]
Auto Chofer	60	75
Auto Acompañante	60	75
Bus Urbano	30	65
Metro Valparaíso	50	75
Taxi Colectivo	50	75
Caminata	7	8
Bicicleta	20	25
Bus interurbano o rural	60	65
Ascensor	10	10
Otros	50	75
Combinados con Bus Urbano	50	65
Combinados con Metro	50	75
Combinados con Bus Urbano y Metro	50	75
Resto Combinados	50	75

Cada proceso de depuración eliminó viajes, personas y hogares. En la Tabla 4-2 se presenta la base de datos inicial y final, junto con los datos eliminados en cada depuración. Además, en la Figura 4-9 se presenta la distribución geográfica de los 802 hogares eliminados. Se observa que la distribución es bastante homogénea, lo que aseguraría representatividad en la muestra final.

Tabla 4-2. Base de datos inicial, datos eliminados por depuración y base datos final, según número de hogares, personas y viajes.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

	Base de datos inicial	Eliminados 1° depuración	Eliminados 2° depuración	Base de datos final
Hogares	2855	454	348	2053
Personas	9275	1717	1175	6383
Viajes	20042	3947	3226	12869

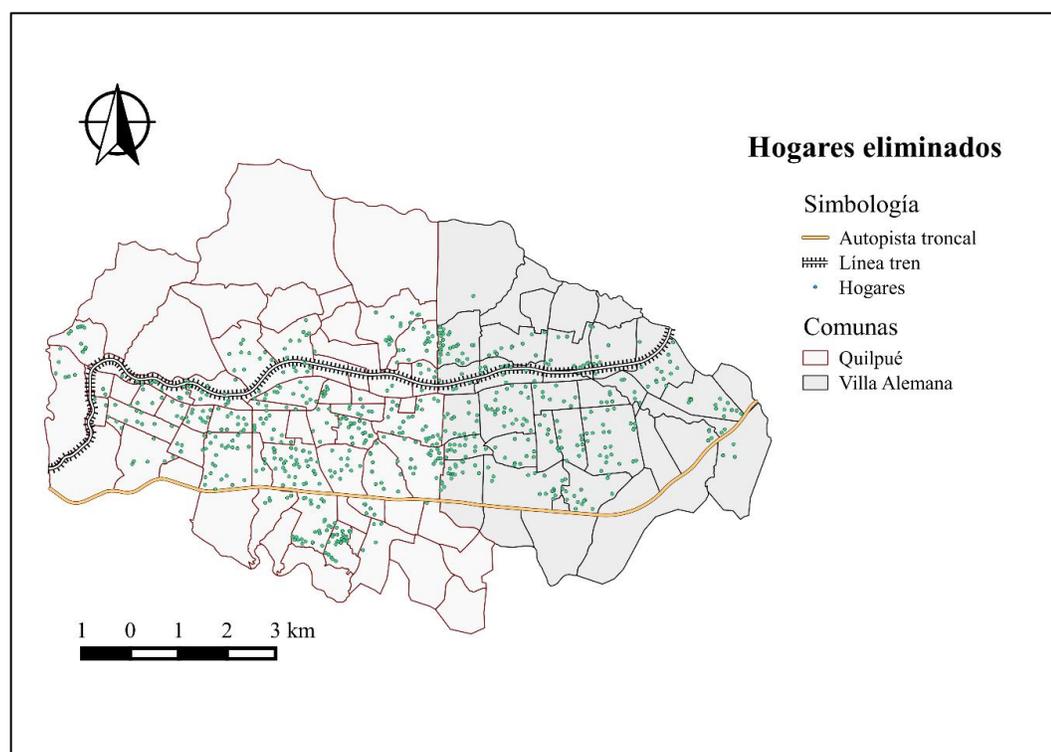


Figura 4-9. Distribución geográfica de los hogares eliminados

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis con información de SECTRA (2016)

4.3. Análisis descriptivo de la muestra

En esta sección se presenta el análisis descriptivo de la muestra. En la primera parte se presenta el análisis a nivel de hogar. En la segunda parte se presenta el análisis a nivel de persona. Finalmente, se presenta el análisis a nivel de viajes.

4.3.1. Análisis a nivel de hogar

La muestra final consiste en 1.113 hogares de Quilpué y 940 de Villa Alemana, correspondientes al 54,2% y 45,8% del total de hogares, respectivamente. En adelante, el análisis se hará sin distinguir por comuna, entendiéndose que la conurbación es la zona de estudio.

Como se mencionó anteriormente, hay un día asignado para cada hogar para responder la encuesta. En la Tabla 4-3 se presenta el número de hogares por día asignado, y se agrega la clasificación si el día corresponde a un día laboral o no. Los días no laborales están levemente menos representados, ya que se esperaría que hubiese una proporción 2:7, es decir, que el 28,6% de los hogares tuviese asignado un día del fin de semana, en vez del 20% reportado.

Tabla 4-3. Número de hogares según día de la semana
Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Clasificación tipo día	Día de la semana	Número de hogares	Porcentaje del total
Laboral	Lunes	281	13,7%
	Martes	323	15,7%
	Miércoles	337	16,4%
	Jueves	363	17,7%
	Viernes	339	16,5%
	TOTAL	1643	80,0%
No laboral	Sábado	206	10,0%
	Domingo	204	9,9%
	TOTAL	410	20,0%

Se categorizó a cada hogar en un quintil según su ingreso per cápita. En la Tabla 4-4 se indica el tramo de del quintil y el número de hogares. Como se puede observar, la conurbación tiene un 43,2% de los hogares con ingresos medio alto o alto.

Tabla 4-4. Clasificación de los hogares según quintil
Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Quintil	Nivel de ingreso per cápita	Tramo de ingreso	Número de hogares	% del total de hogares
1	Bajo	0 - 74.969	180	8,8%
2	Medio bajo	74.969 - 125.558	414	20,2%
3	Medio	125.558 - 193.104	574	28,0%
4	Medio alto	193.104 - 352.743	658	32,1%
5	Alto	352.743 o más	227	11,1%

Complementando lo anterior, en la Figura 4-10 se muestra el promedio del ingreso per cápita de cada zona. Si bien en la comuna de Quilpué hay zonas de ingreso mayores, es interesante notar que la conurbación tiene una distribución bastante homogénea. Además,

al parecer no hay una correlación entre los sectores más pobres y la posición cercana a una infraestructura de transporte.

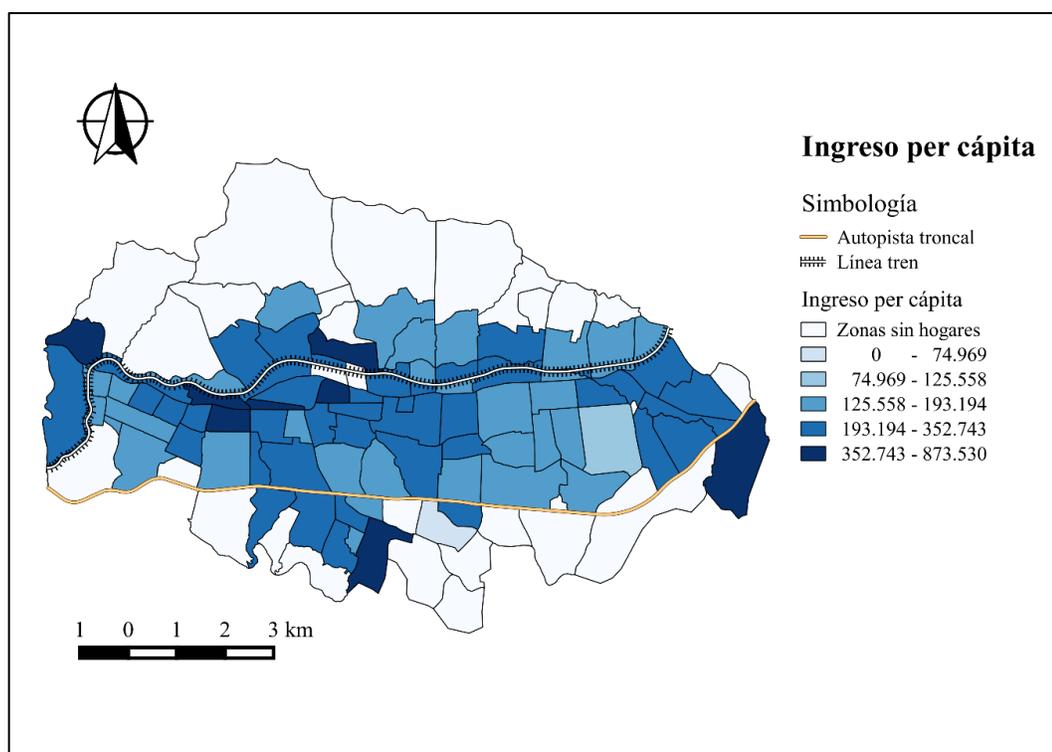


Figura 4-10. Zonas según ingreso per cápita promedio

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis con información de SECTRA (2016)

Finalmente, al analizar la disponibilidad de vehículos a nivel de hogar en la Tabla 4-5, se puede observar que el 56% de los hogares no tienen un vehículo, 37,7% tienen un vehículo y el 6,3% tiene 2 o más vehículos.

Tabla 4-5. Clasificación hogares según el número de vehículos

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Número de vehículos	Hogares	Porcentaje del total
0	1150	56,0%
1	773	37,7%
2 o más	130	6,3%

4.3.2. Análisis a nivel de persona

La muestra de la conurbación consiste en 6.383 personas, de las cuales 2.888 son hombres y 3.495 mujeres, el 45,2% y 54,8%, respectivamente.

Cuando se estudia el patrón de viajes es importante considerar la edad de la persona y la actividad que esta realiza, ya que según la etapa de la vida el comportamiento y la necesidad de viajar son distintos. Así, una persona de 30 años tendrá distintas necesidades de viajes según esté trabajando, estudiando, sea dueña(o) de casa, etc. Además, si a lo anterior se suma que esta persona tiene hijos, el patrón de viajes del niño y del padre y/o madre también estarán correlacionados, puesto que la baja autonomía de un menor de edad resulta en un condicionamiento del patrón de actividades de los padres, y viceversa. De hecho, los niños tienden a realizar una alta proporción de sus viajes acompañados por sus padres, proporción que decae cuando los menores de edad van creciendo (McDonald, 2006). De esta manera, es necesario caracterizar la muestra según la edad y la actividad que realizan.

En primer lugar, la Figura 4-11 muestra que cada edad está representada por al menos 60 observaciones, con la excepción de los niños de 0 y 1 años, y los adultos mayores sobre 73 años. Por simplicidad, se clasificó cada persona en alguna de las siguientes categorías: niño (0-11 años), adolescente (12-18 años), adulto joven (19-35 años), adulto (36-64 años) y adulto mayor (65 años o más).

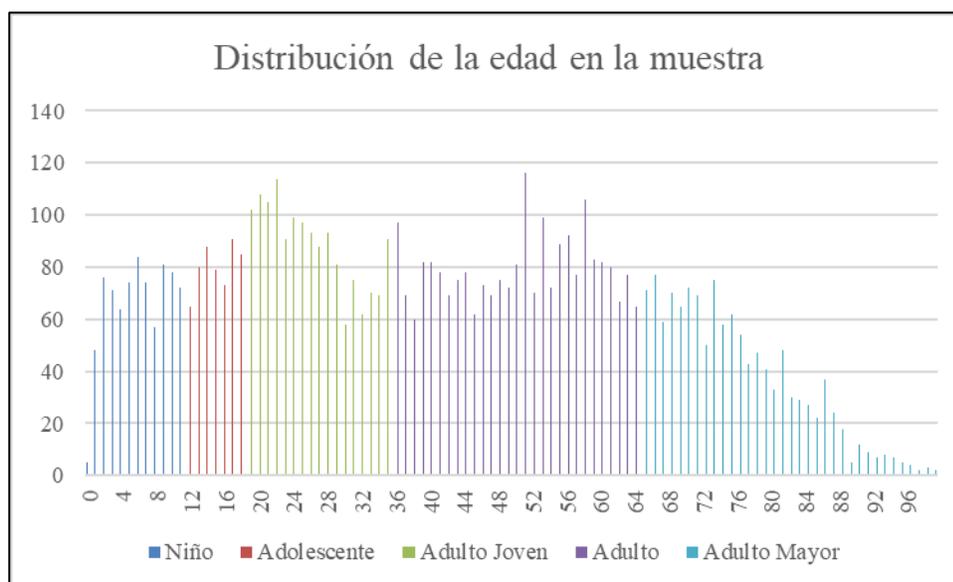


Figura 4-11. Distribución de edad de la muestra

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Los menores de edad fueron clasificados en dos categorías porque se supone que la autonomía de los adolescentes debiera ser mayor, disminuyendo el condicionamiento del patrón de viajes entre padres e hijos. De esta manera, los menores de edad de 0 a 11 años fueron clasificados como niños y de 12 a 18 como adolescentes.

Los adultos menores de 65 años fueron clasificados en categorías porque, en caso contrario, esta categoría hubiese abarcado más de la mitad de la muestra. Además, se supone que el comportamiento de los adultos cambia según la etapa en que estén de sus vidas, por lo que tener una categoría tan amplia no hubiese permitido observar esa diferencia. Por lo tanto, los adultos no mayores fueron clasificados como adulto joven si tenían entre 19 y 35 años y como adultos si tenían entre 36 y 64 años.

Luego de esta clasificación, la muestra quedó distribuida como se muestra la Figura 4-12. La distribución no es homogénea, pero es esperable dado que la definición de las categorías busca caracterizar a la población según etapas en la vida, y no que el número de observaciones sea parejo entre categorías.

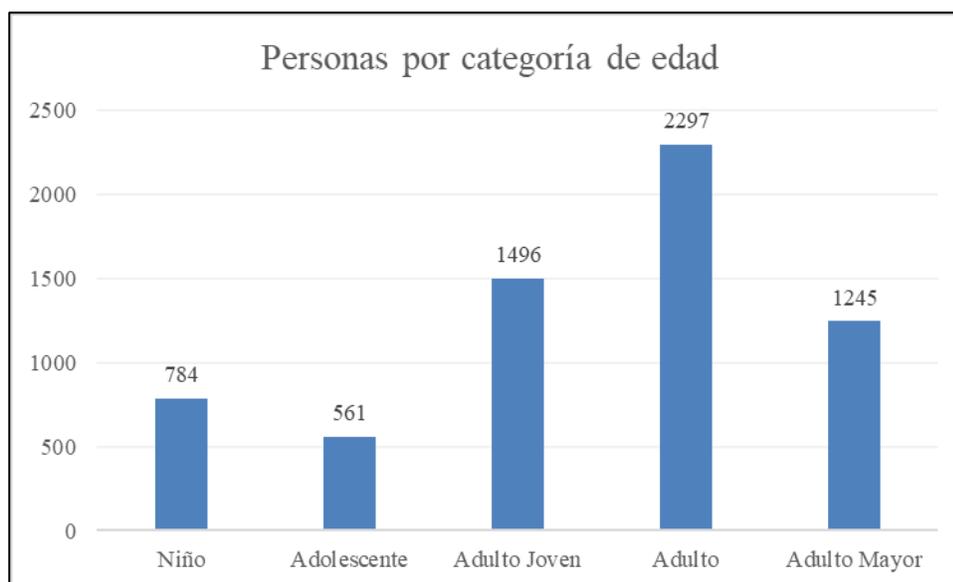


Figura 4-12. Número de personas por categoría de edad
Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

En segundo lugar, al clasificar a las personas según la actividad principal que realizan, se puede ver en la Figura 4-13 que la mayoría trabaja (34,5%) o estudia (26,7%). Además, un porcentaje no menor está jubilado (15,4%) o es dueña(o) de casa (15,4%). La actividad principal es un factor que condiciona el comportamiento de las personas al otorgar restricciones horarias y necesidades distintas de viajar. Es de esperar que las personas que trabajan o estudian tengan un horario más rígido, mientras que las personas que no tienen alguna de esa actividad principal tienen una flexibilidad y propósitos de viajes distintos.

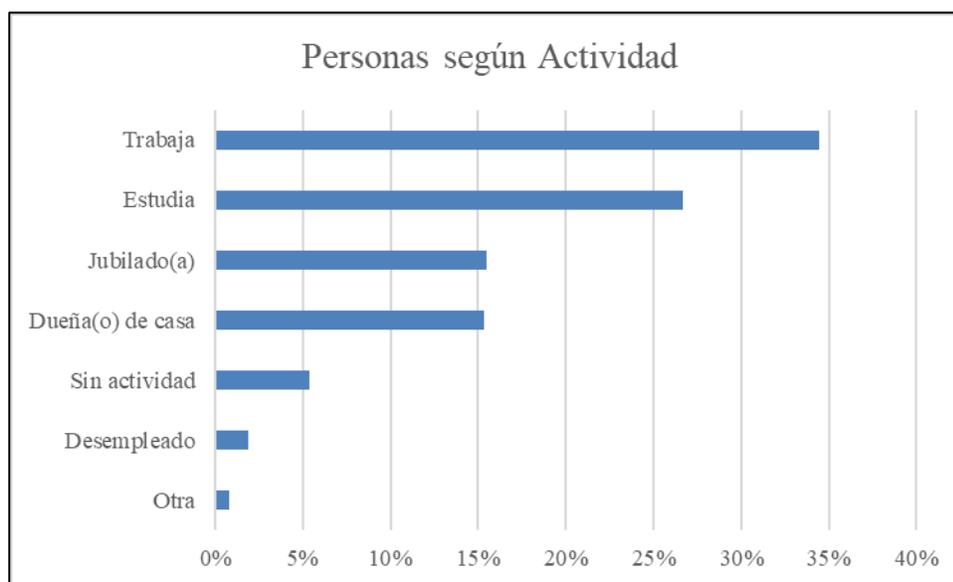


Figura 4-13. Clasificación de las personas según actividad que realiza
Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

4.3.3. Análisis a nivel de viajes

Este estudio cuenta con una muestra de 12.869 viajes, donde 7.259 (54,2%) están asociados a un hogar de Quilpué y 5.610 (45,8%) a un hogar de Villa Alemana.

En la Figura 4-14 se presenta la frecuencia del número de viajes, donde el eje horizontal representa el número de viajes al día y el eje vertical el número de hogares. Por simplicidad, en la figura se presenta hasta el número de viajes 20, lo que corresponde a un 99% de los datos. La importancia de esta figura está en observar los saltos que ocurren entre las columnas, donde los números pares de viajes tienden a tener un alto número de hogares asociados, llegando a un máximo de 345 hogares para la categoría 4 de número de viajes. Al contrario, los números impares de viajes presentan menos hogares asociados, siendo el máximo 51 hogares para la categoría 9 de número de viajes.

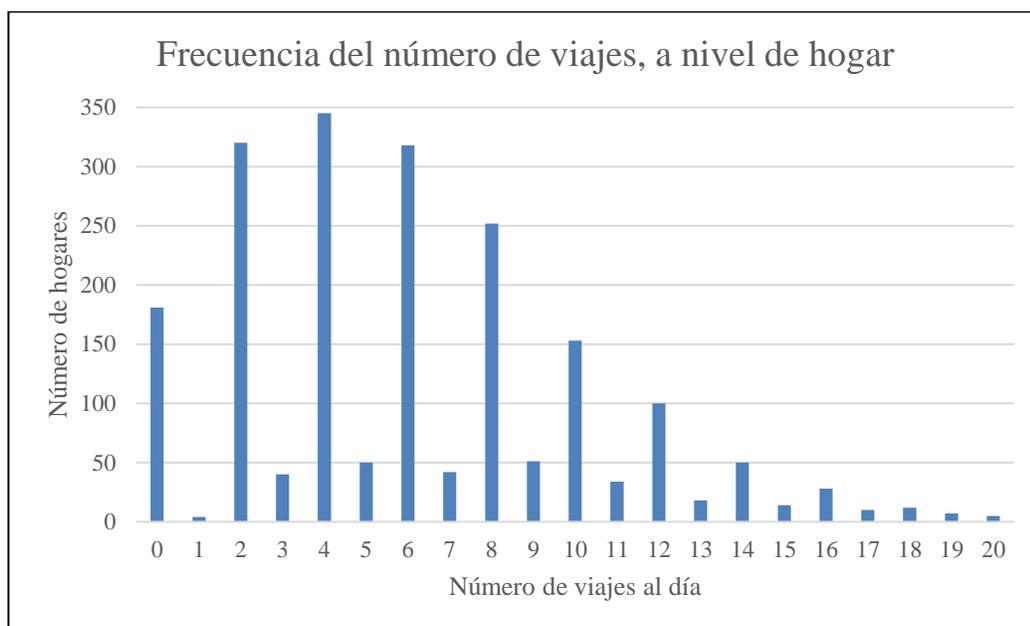


Figura 4-14. Frecuencia del número de viajes, a nivel de hogar
Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

El fenómeno anterior es de esperar, ya que en general los viajes están compuestos por ida y vuelta, lo que hace que el número de viajes vaya aumentando de a pares. La excepción de esto último ocurre cuando hay encadenamiento de viajes, y en una misma ruta se realizan viajes con propósitos distintos. Por ejemplo, cuando un adulto va a dejar desde la casa a los niños al colegio y aprovecha para ir a comprar en el camino de vuelta al hogar.

La frecuencia del número de viajes a nivel de persona presentado en la Figura 4-15 muestra, en primer lugar, que hay personas que realizan hasta 14 viajes al día, pero que las personas que hacen más de cuatro viajes al día es bajo – cerca del 5% de la muestra. En segundo lugar, la distribución es más heterogénea con respecto la figura de viajes a nivel de hogar, ya que, si bien las categorías pares son superiores a las impares, la categoría 2 agrupa al 55,8% de la muestra. La poca variabilidad en el número de viajes por persona podría tener efectos en la modelación del número de viajes a nivel de personas.

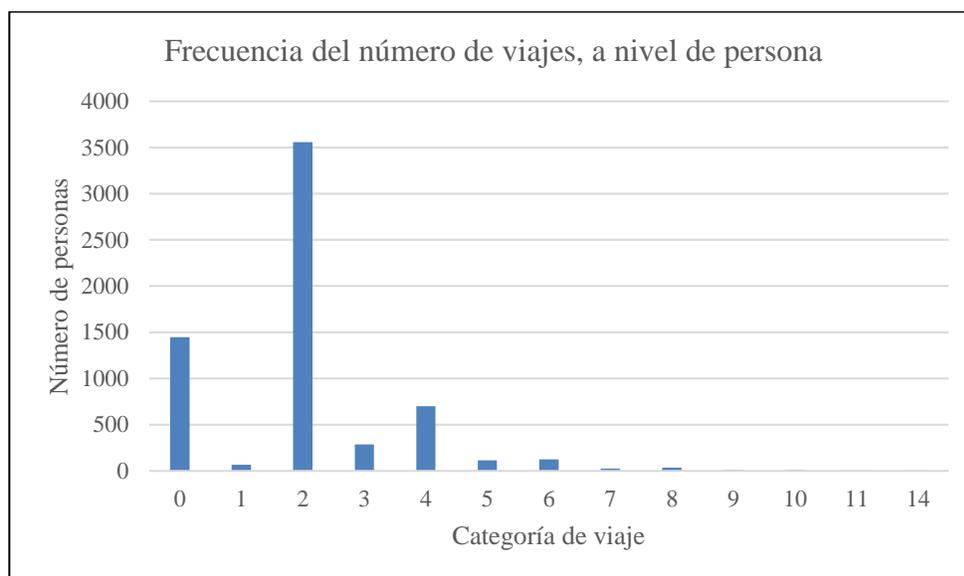


Figura 4-15. Frecuencia del número de viajes, a nivel de persona

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

La partición modal de los viajes de la muestra se presenta en la Figura 4-16. El transporte público es el modo más utilizado con el 42% de los viajes. En cambio, el modo no motorizado, que considera caminata y bicicleta, tiene la partición modal más baja, con 25% de las preferencias.

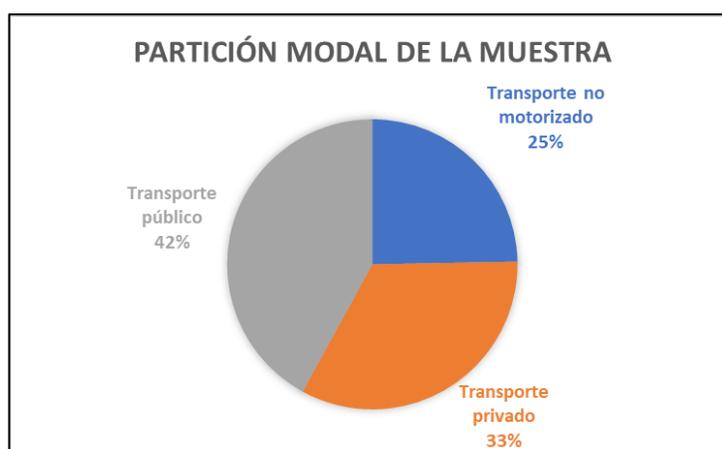


Figura 4-16. Partición modal de la muestra

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Por último, interesa conocer la localización del centro de actividades de la zona de estudio, pero como en este trabajo no se utilizó la información del uso de suelo, no es trivial saber la ubicación. Por esto, se utilizó el destino de los viajes de la muestra – sin considerar los viajes con propósito volver al hogar – para tener un indicio de dónde se podría ubicar. En la Figura 4-17 se presenta un mapa de calor hecho mediante la herramienta Qgis que permite visualizar de manera aproximada los lugares que más atraen viajes. Como es de esperar, las comunas de Valparaíso y Viña del Mar son destino de varios viajes de la base de datos, por ser las ciudades más grandes económica y poblacionalmente de la región.

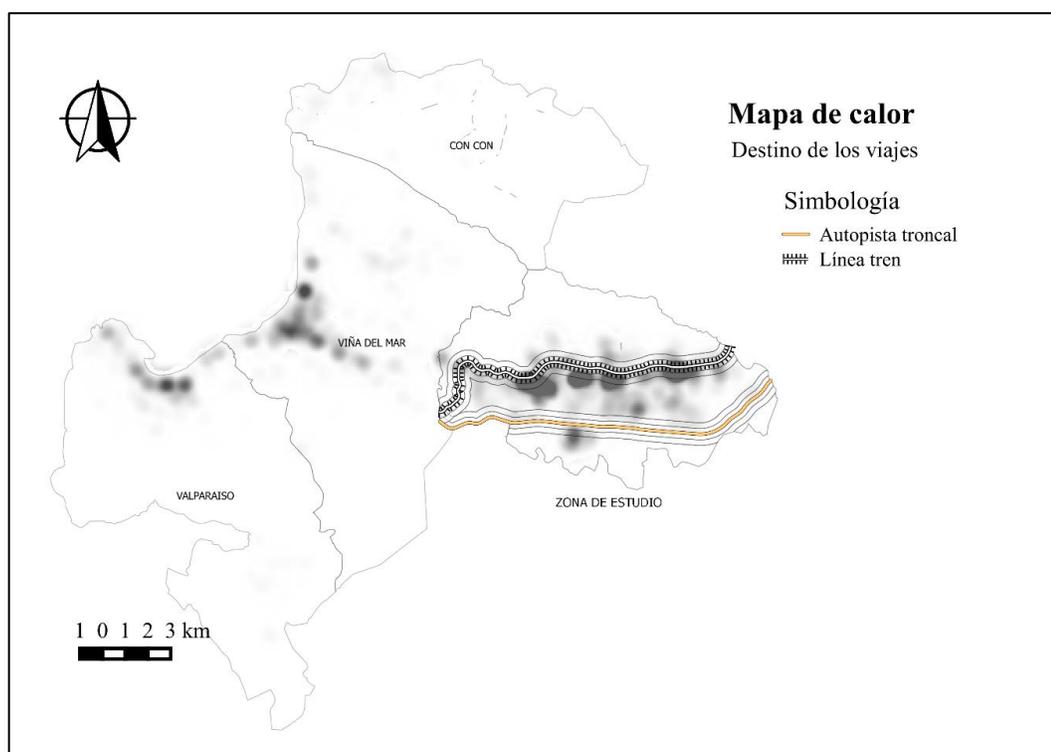


Figura 4-17. Mapa de calor de los destinos de viajes de la muestra en la región

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

Como interesa lo que ocurre dentro de la zona de estudio, en la Figura 4-18 se presenta el mismo mapa de calor, pero enfocado a Quilpué y Villa Alemana. Existen cuatro focos

importantes de atracción de viajes, todos cercanos al tren. El primero corresponde a la zona donde se encuentra la municipalidad de Quilpué y el Mall Plaza del Sol Quilpué. El segundo corresponde al sector que se encuentra el Portal Belloto, donde hay varios centros comerciales. El tercero corresponde al sector donde se encuentra la Feria El Belloto y supermercados. El último, corresponde al centro de Villa Alemana, donde se encuentra la municipalidad y varios centros comerciales.

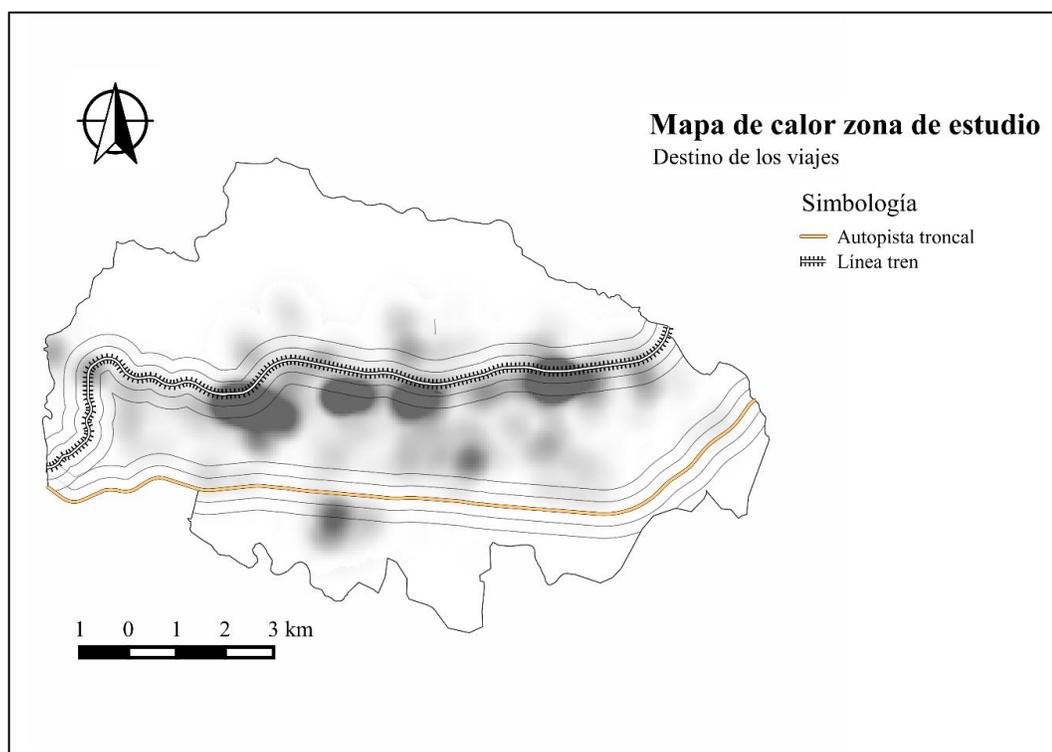


Figura 4-18. Mapa de calor de los destinos de viajes de la muestra en Quilpué y Villa Alemana

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

5. METODOLOGÍA

En este capítulo se explicará la metodología que se utilizará para hacer el análisis del patrón de viajes de la muestra y la modelación, tanto de la generación de viajes como de la partición modal. Si bien los modelos teóricos fueron presentados en el Capítulo 3, en este capítulo se plantearán los modelos y las variables específicas para el caso de estudio presentado en el capítulo anterior.

5.1. Definición de los sectores de interés

En esta investigación se plantea que las infraestructuras de transporte afectan el patrón de viajes de las personas, pero *a priori* no se sabe el área de influencia que tienen sobre estas y si esta influencia es simétrica al norte y al sur. A continuación, se plantean las cuatro hipótesis principales con respecto al área de influencia de las infraestructuras. En la Figura 5-1 se presenta la representación de los sectores.

- a) Las personas que viven al norte del tren o al sur de la autopista podrían estar segregadas. Como no se tiene claridad del área de influencia, se estudiará si hay diferencias en el comportamiento si se vive a más de 500 metros (Sector 1), entre 250 metros y 500 metros (Sector 2) o a menos de 250 metros (Sector 3).
- b) Las personas que viven al sur del tren o al norte de la autopista también podrían presentar un cambio de comportamiento producto de la segregación. Se estudiarán los hogares que se encuentran a menos de 250 metros (Sector 4) y entre 250 y 500 metros (Sector 5).
- c) Esta área de influencia puede ser distinta según infraestructura.
- d) Esta área de influencia puede ser distinta cuando afecta la elección de modo o la decisión de no viajar (supresión de viajes).

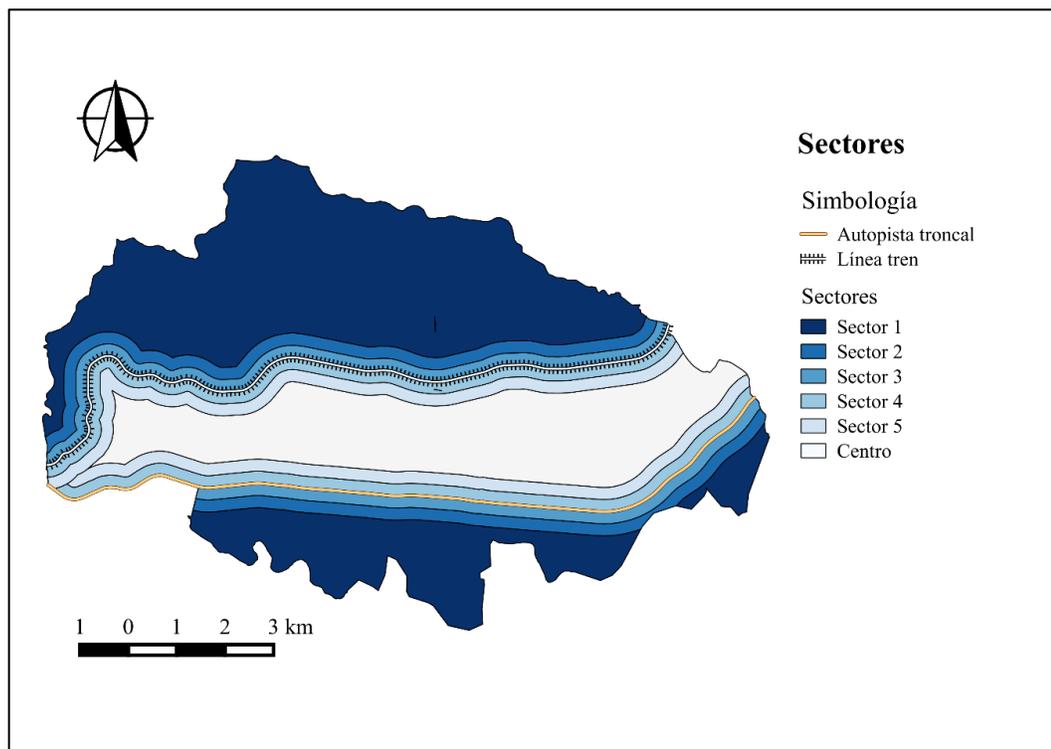


Figura 5-1. Mapa con la representación de los sectores

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

En la Tabla 5-1 se presenta para cada sector la zona a la que pertenece, distancia a la infraestructura más cercana y el nombre del sector según infraestructura más cercana. Para facilitar la comprensión, el orden presentado coincide con el orden geográfico de la Figura 5-1. Las zonas Norte, Central y Sur están delimitadas por las infraestructuras de transporte; Norte y Central por la línea férrea, y Sur y Central por la autopista. Además, se define el sector centro, que corresponde al sector de la zona central que no pertenece a ningún sector asociado a alguna infraestructura de transporte.

Tabla 5-1. Definición de los sectores según distancia a infraestructura más cercana

Fuente: elaboración propia

Nombre sector según infraestructura	Zona	Sector	Distancia a la infraestructura más cercana
S1Tren	Norte	Sector 1	$500 < x$
S2Tren		Sector 2	$250 < x \leq 500$
S3Tren		Sector 3	$x \leq 250$
S4Tren		Sector 4	$x \leq 250$
S5Tren		Sector 5	$250 < x \leq 500$
Centro	Central	Centro	-
S5Troncal		Sector 5	$250 < x \leq 500$
S4Troncal		Sector 4	$x \leq 250$
S3Troncal		Sector 3	$x \leq 250$
S2Troncal		Sur	Sector 2
S1Troncal	Sector 1		$500 < x$

Para comprobar las hipótesis se probarán distintas combinaciones de los sectores para analizar de mejor manera el área de influencia, ya que no necesariamente estas tienen que ser de ancho 250 metros. Por consiguiente, se unirán los distintos sectores para obtener áreas de influencia más grandes. En adelante, y para simplificar la notación, cualquier nuevo sector tendrá en su nombre el número de los sectores que se unieron. Por ejemplo, una posibilidad sería considerar unir los sectores 2 y 3 al sur del troncal mediante la creación de S23Troncal, sector que abarcaría entre 0 y 500 metros al sur de la autopista.

En esta investigación se considerarán cuatro escenarios que modifican la definición de los sectores. Los escenarios se definen a continuación y se resumen en la Tabla 5-2.

- 1) Escenario A: considera los 11 sectores de la Tabla 5-1 y es la sectorización más desagregada (ver Figura 5-2).

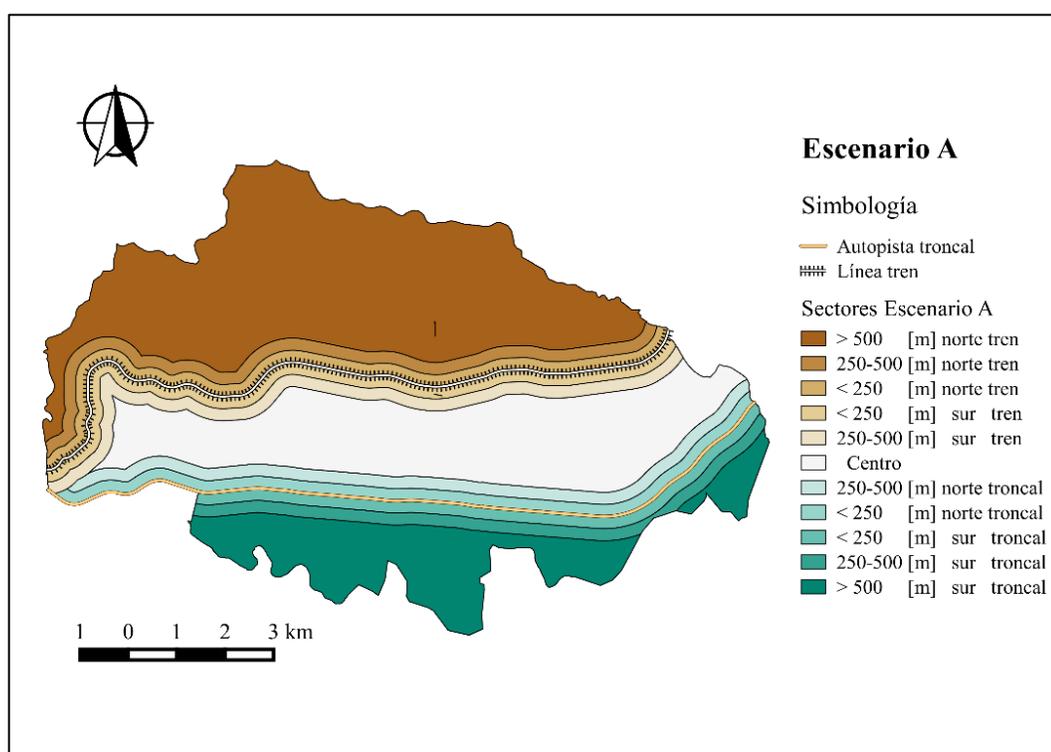


Figura 5-2. Mapa del Escenario A

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

- 2) Escenario B: agrupa a los hogares que estén al norte del tren en el sector S123Tren y a los hogares entre 0 y 500 metros al sur del tren en el sector S45Tren. De manera análoga, se agrupan los hogares en S123Troncal a los hogares que se encuentren al sur del troncal y en S45Troncal a los hogares que se encuentren entre 0 y 500 metros al norte del troncal. Se obtienen así cinco sectores, la sectorización menos desagregada (ver Figura 5-3).

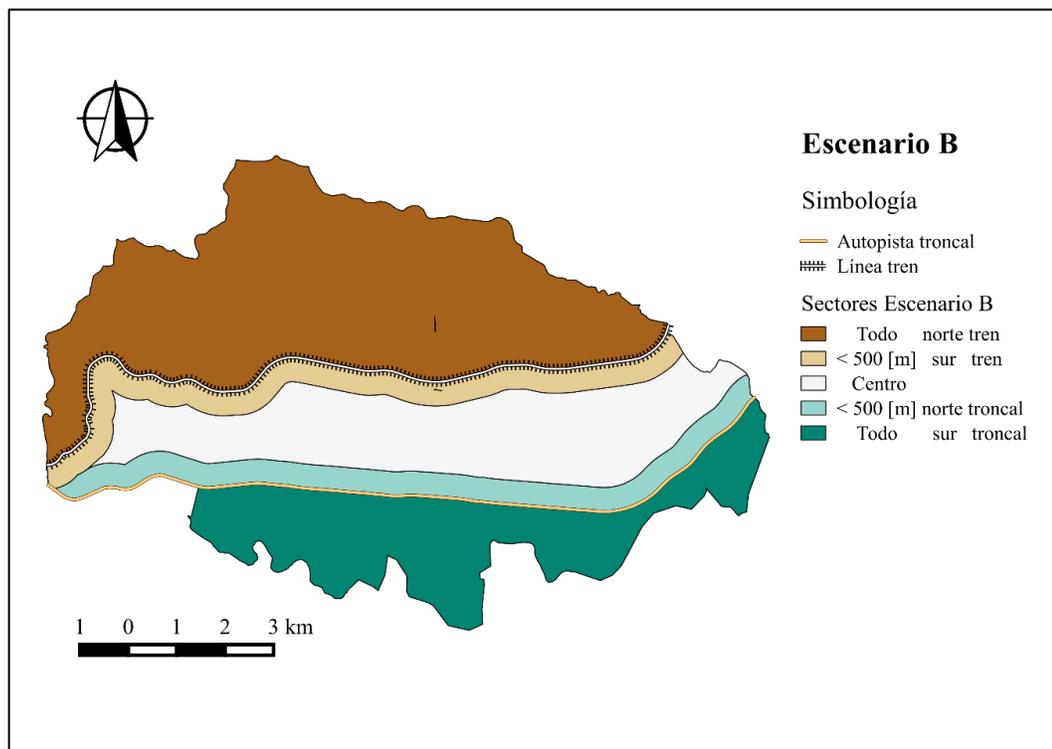


Figura 5-3. Mapa del Escenario B

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

- 3) Escenario C: agrupa a los hogares que se encuentren a más de 500 metros al norte del tren en el sector S1Tren. Si el hogar se encuentra entre 0 y 500 metros, se agrupa en el sector S23Tren si está al norte del tren, y en el sector S45Tren si está al sur. De manera análoga se agrupan los hogares que se encuentran cerca del troncal. Se obtienen así siete sectores (ver Figura 5-4).

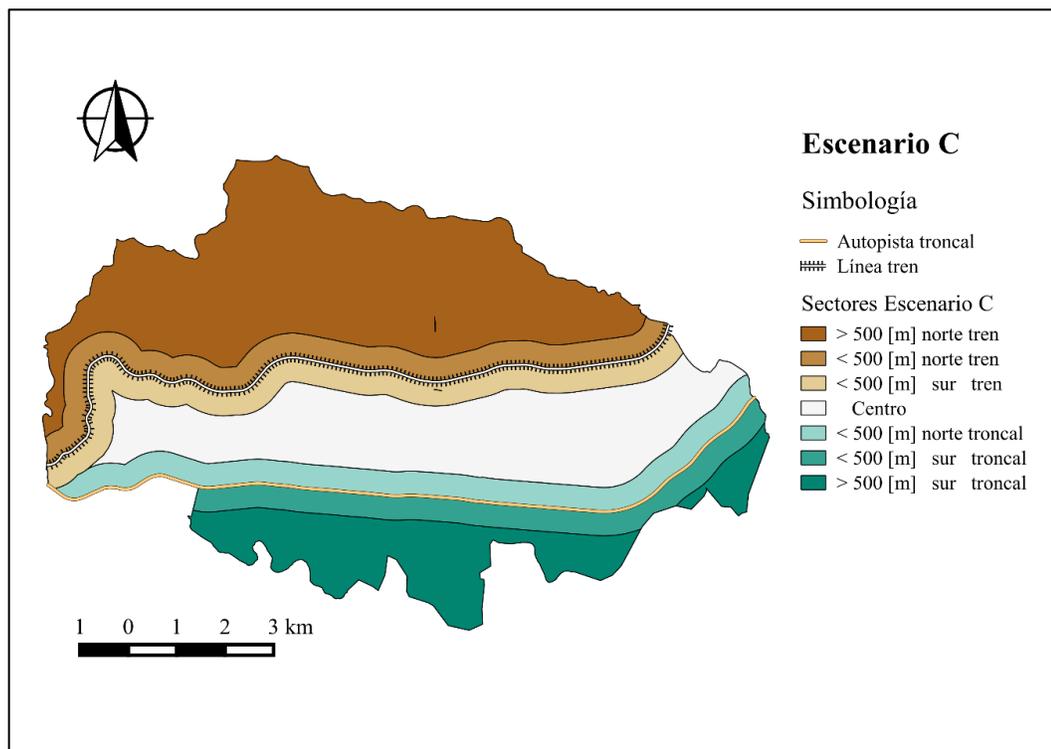


Figura 5-4. Mapa del Escenario C

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

- 4) Escenario D: agrupa a los hogares que se encuentran a más de 500 metros al norte del tren en el sector S1Tren. Si el hogar se encuentra entre 0 y 250 metros del tren, se agrupa en el sector S34Tren. Si el hogar se encuentra entre 250 y 500 metros del tren, se agrupa en el sector S25Tren. La creación de estos últimos dos sectores es para estudiar si es la distancia, más que la orientación al norte o al sur, la que podría afectar el comportamiento de las personas. De manera análoga se agrupan los sectores cercanos al troncal. Se obtienen así siete sectores (ver Figura 5-5).

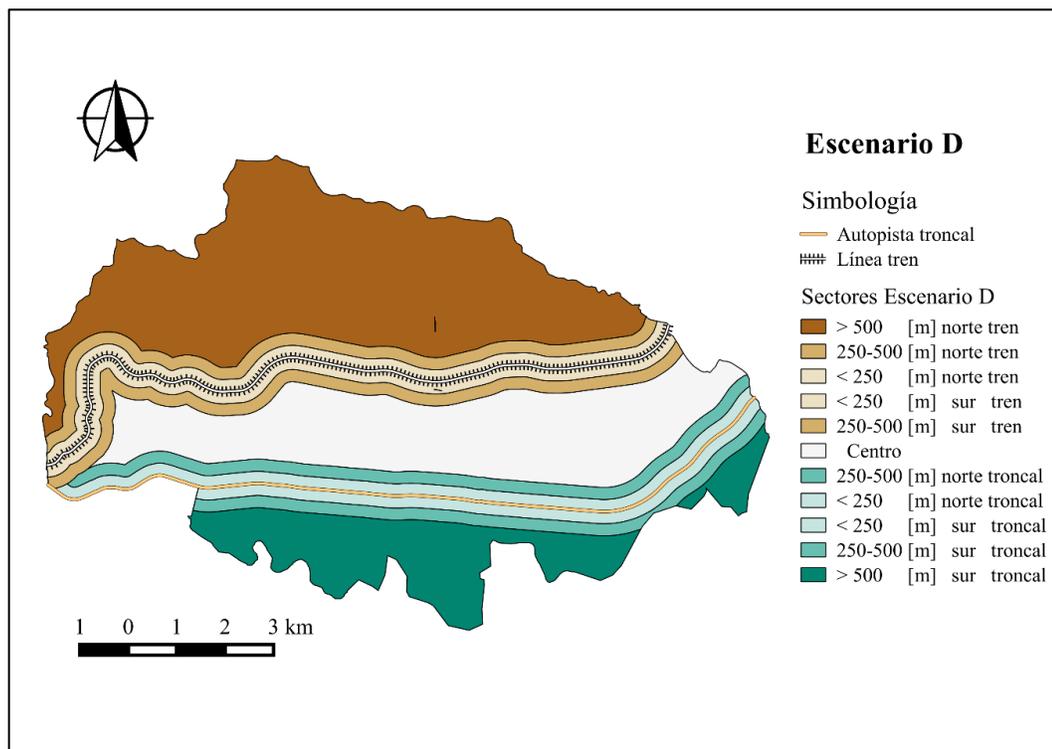


Figura 5-5. Mapa del Escenario D

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

Tabla 5-2. Resumen de los escenarios a estudiar

Fuente: elaboración propia

Zona	Sector	Distancia a la infraestructura más cercana	Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D
Norte	Sector 1	$500 < x$	S1Tren	S123Tren	S1Tren	S1Tren
	Sector 2	$250 < x \leq 500$	S2Tren		S23Tren	S25Tren
	Sector 3	$x \leq 250$	S3Tren			S34Tren
Central	Sector 4	$x \leq 250$	S4Tren	S45Tren	S45Tren	
	Sector 5	$250 < x \leq 500$	S5Tren			
	Centro	-	-	-	-	-
	Sector 5	$250 < x \leq 500$	S5Troncal	S45Troncal	S45Troncal	S25Troncal
	Sector 4	$x \leq 250$	S4Troncal			
Sur	Sector 3	$x \leq 250$	S3Troncal	S123Troncal	S23Troncal	
	Sector 2	$250 < x \leq 500$	S2Troncal			
	Sector 1	$500 < x$	S1Troncal			S1Troncal

5.2. Análisis patrón de viajes de la muestra

Al estudiar el patrón de viajes interesa conocer cuántos, en qué modo y hacia dónde se realizan los viajes de la zona de estudio, por lo que se hará un análisis preliminar de la generación, la distribución y la partición modal de los viajes de la muestra. Esta información servirá como contraste para los resultados de los modelos de generación de viajes y de partición modal, que serán presentados en las secciones 5.3 y 5.4, respectivamente.

5.2.1. Generación de viajes

Para estudiar si efectivamente hay supresión de viajes lo más relevante es saber cuántos viajes se realizaron en la zona de estudio. Además, como el número de viajes está

altamente correlacionado con el número de personas que viven en cada sector, también interesa estudiar la tasa de viajes por persona y viajes por hogar.

Por lo tanto, se clasificará a cada viaje, hogar y persona en un sector y se calcularán los viajes por hogar y persona. Luego, se compararán los resultados de los distintos sectores, para ver si existen sectores que pueden generar menos viajes y ver si esto está asociado con alguna infraestructura de transporte en particular. Para esto, se considerarán los 12.869 viajes de la muestra.

Como la generación de viajes se explica por características de las personas – edad, ocupación, ingreso socioeconómico, entre otros –, el análisis debe complementarse con los modelos de generación de viajes, que se presentarán en la sección 5.3.

5.2.2. Distribución de los viajes

Tal como se planteó en el Capítulo 2 el destino de los viajes es importante de analizar, ya que permitiría ver si el sector en que viven las personas influye en la decisión de cruzar la infraestructura. Este análisis ayudaría a ver, por ejemplo, si las personas que viven en los sectores más al norte o al sur de la conurbación tienden a tener menor interés en ir a la zona central y, por consiguiente, realizar sus actividades en ciudades aledañas como Viña del Mar y Valparaíso para así evitar cruzar la infraestructura. También, ayudaría a ver el caso contrario, es decir, si existe una mayor preferencia de las personas por realizar los viajes en la cercanía de su hogar.

De lo anterior, surge la necesidad de estudiar no solo el patrón global de distribución de viajes, sino que también identificar aquellos viajes que crucen alguna o ambas infraestructuras de transporte. Por lo tanto, en esta sección se realizarán dos tipos de análisis, que se presentan a continuación.

1) Distribución global de los viajes

Se considerarán todos los viajes de la muestra, incluyendo aquellos que poseen destinos que no están dentro de Quilpué o Villa Alemana. Sin embargo, como interesa ver hacia dónde se está moviendo la gente, no se considerarán los viajes que tengan como propósito volver al hogar. La razón es que, al incorporarlos, aumentaría la proporción de viajes que se realizarían dentro del mismo sector, lo que afectarían las conclusiones obtenidas del análisis. Por lo tanto, se considerarán solo 6.969 viajes (54,2% del total de viajes).

Se analizará el destino de los viajes de las personas según el sector en que viven. Los sectores corresponderán a los definidos en el Escenario A y los destinos serán las zonas Norte, Central, Sur y Exterior, incorporando en esta última todos los destinos que estén fuera de Quilpué y Villa Alemana (ver Figura 5-6). La razón de agrupar de manera más agregada los destinos es que interesa conocer las preferencias – con respecto a ir a lugares externos o quedarse en la misma zona – de las personas que viven en los sectores cautivos del tren (S1Tren, S2Tren y S3Tren) y del troncal (S1Troncal, S2Troncal y S3Troncal), junto con observar si hay diferencias en la elección de los destinos entre sectores de la misma zona. Por lo tanto, el sector específico del destino del viaje es irrelevante, no así su zona.

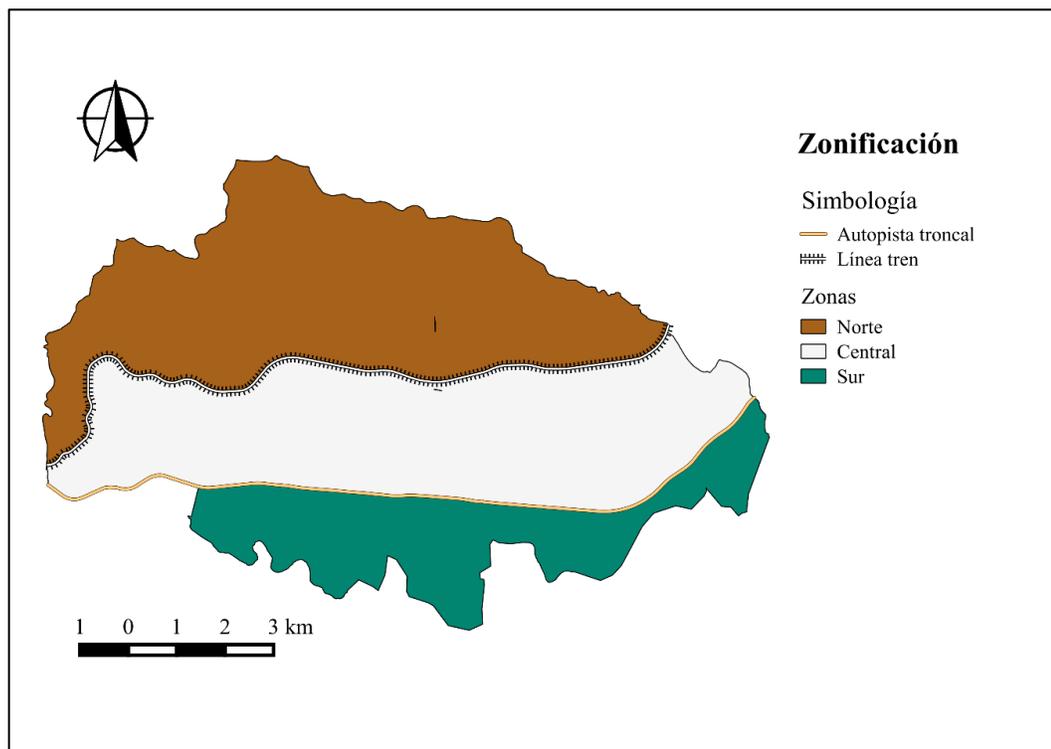


Figura 5-6. Zonas para el análisis de la distribución de los viajes

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

2) Distribución de los viajes que cruzan una o ambas infraestructuras de transporte

Para determinar qué viajes cruzan se zonificará la conurbación en Norte, Central y Sur, y será considerado cualquier viaje que implique pasar de una zona a otra distinta. Aquellos viajes que tuviesen un origen o destino fuera de las zonas de estudio serán descartados, ya que no se puede saber con certeza si estos viajes cruzaban una infraestructura de transporte o no al no conocer la ruta que fue utilizada.

Se construirá una matriz origen destino que considerará como origen y destino las mismas zonas – Norte, Central y Sur. Con esto, se verá si hay diferencias entre el número de viajes que cruzan la línea del tren con respecto a los que cruzan la autopista.

5.2.3. Partición modal de los viajes

Para estudiar la partición modal se hará un análisis de la elección de modo según sector. Este análisis se hará en dos partes. La primera considerará todos los viajes de la muestra, independiente de si estos ocurren o no en la zona de estudio. Los sectores por considerar corresponden a los del Escenario A, es decir, dividiendo la zona de estudio en 11 sectores.

La segunda parte del análisis considerará los viajes que crucen alguna o ambas infraestructuras de transporte. Este análisis complementará la matriz origen destino que se creará para la distribución de los viajes que cruzaban alguna infraestructura de transporte, por lo que se considerarán las zonas Norte, Central y Sur. De esta manera, se podrá analizar para cada par origen destino los modos más o menos preferidos cuando se tiene que cruzar una infraestructura de transporte.

Ambos análisis se harán con respecto a tres modos de transporte: privado, público y no motorizado. Esta división estaba definida previamente en la base de datos de la EOD, según la columna “ModoPriPub”. Por simplicidad, las 68 observaciones catalogadas como modos de viajes mixtos – que incluían tanto modos privados como públicos –, serán catalogadas como privadas.

Finalmente, ambos análisis se harán con respecto a tres propósitos: trabajo, estudio y otro. Al igual que el modo, esta división estaba definida previamente en la base de datos en la columna “PropositoEtraus”.

5.3. Modelos de generación de viajes

En esta sección se definirán los modelos, junto con las variables de infraestructuras y variables socioeconómicas estimadas en cada uno. Se presentará la metodología para escoger el modelo final y la incorporación del efecto aleatorio.

5.3.1. Definición de los modelos

Para la generación de viajes a nivel de hogar se utilizarán dos tipos de modelos, ambos presentados en el Capítulo 3. El primero, el modelo logit ordinal, se espera que ajuste mejor por la naturaleza de la variable independiente – el número de viajes por hogar – puesto que, como se mostró en el capítulo anterior, tiene diferencias significativas entre categorías pares e impares. Como contraste se utilizará el modelo de regresión Poisson. En caso de existir evidencia en el análisis que se hará para determinar el modelo final – que se explicará más adelante – que muestre que el modelo logit ordinal ajusta mejor, se utilizará este modelo para modelar el número de viajes a nivel de persona.

Para definir el número de categorías para los modelos logit ordinal se tomará en cuenta la muestra de la base de datos, diferenciando si el modelo es a nivel de hogar o a nivel de personas.

1) Modelo a nivel de hogar

Como se mencionó en el Capítulo 4, la proporción hogares que realizan más de 20 viajes corresponde a menos del 1% de la muestra, por lo que utilizar más de 21 categorías (si se incluye al cero) podría ser contraproducente dado que se tendrían pocas observaciones por categoría.

Por lo tanto, se consideraron dos configuraciones para las categorías. La primera consiste en 14 categorías, donde la categoría 13 agrupa a todos los hogares que realizan 13 o más viajes (cerca del 7,9% de la muestra). En la Figura 5-7 se presenta el histograma del modelo logit ordinal que agrupa 13 o más viajes en una categoría (MLO_14).

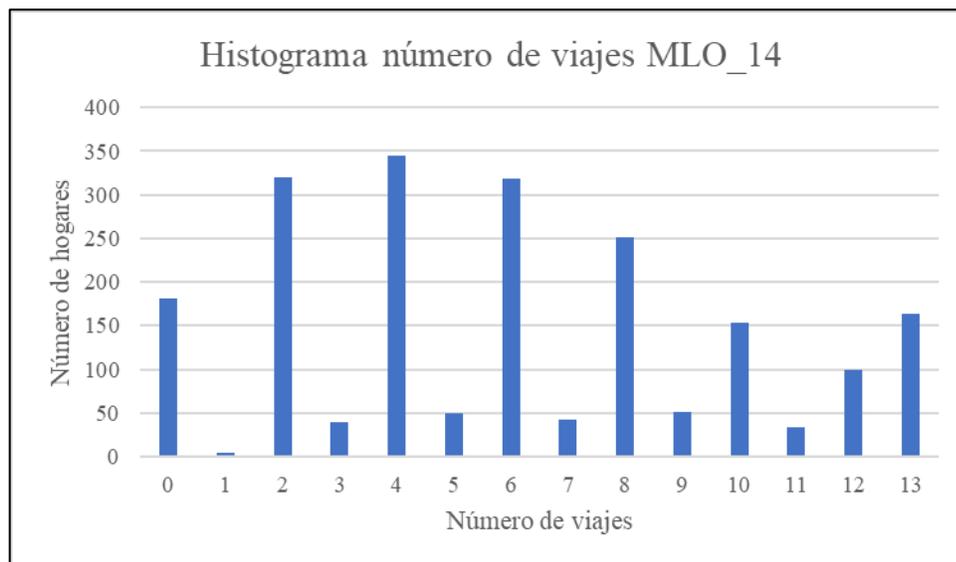


Figura 5-7. Histograma del número de viajes por hogar, modelo MLO_14
Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

La segunda consiste en 20 categorías, donde la categoría 19 agrupa a todos los hogares que realizan 19 o más viajes (cerca del 1,5% de la muestra). En la Figura 5-8 se presenta el histograma del modelo logit ordinal que agrupa 19 o más viajes en una categoría (MLO_20).

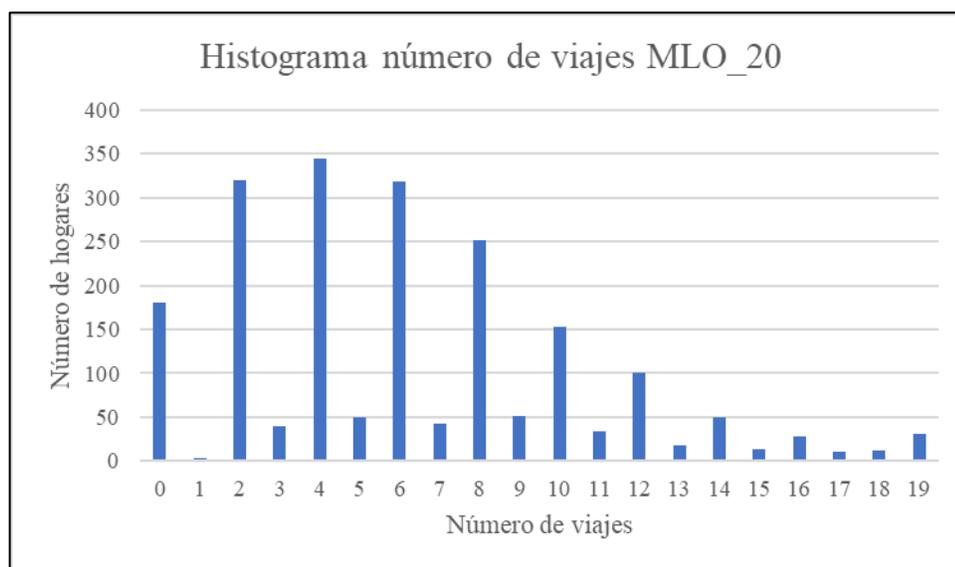


Figura 5-8. Histograma del número de viajes por hogar, modelo MLO_20
Fuente: elaboración propia

Con lo anterior, existirán tres tipos de modelos a estudiar: modelo logit ordinal con 14 categorías (MLO_14), modelo logit ordinal con 20 categorías (MLO_20) y modelo de regresión Poisson (MRP).

2) Modelo a nivel de persona

Al igual que en los modelos a nivel de hogar se busca agrupar en una misma categoría los viajes que son más altos. En el Capítulo 4 se mencionó que cerca del 5% de la muestra hace más de cuatro viajes, una proporción que se considera baja, por lo que solo se realizará una categorización que agrupe este porcentaje en la categoría de cuatro viajes. En la Figura 5-9 se muestra la distribución final de la categorización del modelo logit ordinal con cinco categorías (MLO_5).

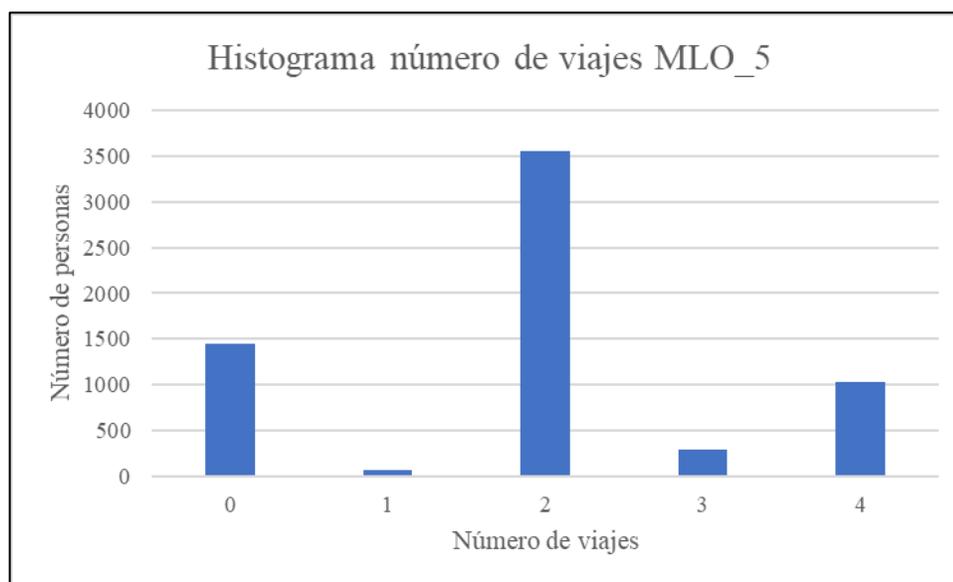


Figura 5-9. Histograma del número de viajes por persona, modelo MLO_5
Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Además, el modelo a nivel de persona incluirá un efecto aleatorio que correlacione el componente de error de las personas que vivan en el mismo hogar.

5.3.2. Definición de las variables de infraestructura

A partir de los sectores de interés se crearán las variables categóricas – en adelante, variables de infraestructura. Estas variables tendrán tantas categorías como sectores tenga el escenario a estudiar. Como cada hogar que se encuentre en el área de influencia pertenecerá solo a un sector, cada hogar pertenecerá a una categoría de la variable. Para la modelación, la base considerará todos los hogares que se encuentren en el sector centro.

A pesar de lo anterior, los escenarios solo se probarán para los modelos a nivel de hogar, mientras que a nivel de persona solo se considerará el escenario más agregado (Escenario B). La razón es que el objetivo del análisis a nivel de persona es determinar si existen diferencias entre individuos de interés – adultos mayores, mujeres y niños – que viven cerca de una infraestructura de transporte con respecto a los que no. Para esto, es necesario

hacer interacciones entre las variables de infraestructura y las variables socioeconómicas. El problema de esto es que, a medida que aumenta el número de variables de infraestructura - escenarios más desagregados –, mayor es el número de interacciones. Esto conlleva a un menor número de observaciones por interacción, lo que haría más difícil que estas últimas sean estadísticamente significativas.

5.3.3. Definición de las variables socioeconómicas

Las variables socioeconómicas se consideran distintas si el análisis es a nivel de persona u hogar. Para el primer caso interesa conocer las características de la persona, como el sexo, actividad principal, edad, entre otras. De ser posible, las variables fueron consideradas como binarias, como es el caso de la variable Sexo o Laboral. Cuando existe más de dos opciones para alguna característica socioeconómica, como la edad o la actividad, se crearon variables categóricas que se activan solo para una de esas opciones. Además, se crean las variables continuas Altura y Altura al cuadrado, según la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentre el hogar.

En la Tabla 5-3 se presentan las variables categóricas a nivel de persona, junto con las distintas opciones que activan a la variable y sus nombres en el modelo. Se crea la variable “Menor a cargo”, la cual se activa para las personas mayores de 18 años y que vivan con al menos una persona menor de edad, como una forma de aislar el efecto que pueda generar un niño o adolescente en el patrón de viajes sobre las personas que las cuide. Además, por la misma razón de utilizar el Escenario B para modelar las variables de infraestructura a nivel de personas – para que de esta forma sean menos las interacciones en el modelo – se agruparán tanto adolescentes como niños en la categoría “Menor de edad”.

Tabla 5-3. Variables categóricas y opciones que la componen, a nivel de persona

Fuente: elaboración propia

Variable categórica	Opción	Nombre variable	Signo esperado
Sexo	Mujer	D_Sexo	Negativo
	Menor de edad	D_Menor	Incierto
Edad	Adulto joven	D_AJoven	Positivo
	Adulto	Base	--
	Adulto mayor	D_AMayor	Negativo
	Trabaja	D1_Act	Positivo
Actividad	Estudia	D2_Act	Positivo
	Jubilado	D3_Act	Incierto
	Dueño(a) casa	D4_Act	Incierto
	Otro	Base	--
	Disponibilidad de vehículo	En el hogar hay al menos un vehículo	DispoAuto
Licencia	Tiene licencia de conducir	Licencia	Positivo
Día asignado	El día es laboral	Laboral	Positivo
Menor a cargo	La persona tiene 18 años y en su hogar vive al menos un menor de edad	MenorACargo	Positivo

Como se mencionó anteriormente, se harán interacciones entre las variables de infraestructura y las variables socioeconómicas de edad y sexo. En la Tabla 5-4 se presentan variables creadas para las interacciones. Los signos esperados se omiten, pero se espera que las interacciones con el sexo, los menores de edad y los adultos mayores den negativas, hipótesis que se quiere comprobar sobre el efecto que tienen las infraestructuras de transporte sobre estas personas.

Tabla 5-4. Interacciones entre variables, a nivel de persona

Fuente: elaboración propia

Variables	S123Tren	S45Tren	S123Troncal	S45Troncal
D_Sexo	SexS123Tren	SexS45Tren	SexS123Troncal	SexS45Troncal
D_Menor	DMenorS123Tren	DMenorS45Tren	DMenorS123Troncal	DMenorS45Troncal
D_AJoven	DAJovenS123Tren	DAJovenS45Tren	DAJovenS123Troncal	DAJovenS45Troncal
D_AMayor	DAMayorS123Tren	DAMayorS45Tren	DAMayorS123Troncal	DAMayorS45Troncal

Para el segundo caso, interesa conocer la información agregada por hogar y así caracterizar de mejor manera la composición del hogar. Entonces, a diferencia de las variables de nivel de personas – donde cada variable categórica considera toda una característica socioeconómica –, a nivel de hogar las variables serán categóricas para cada opción dentro de una característica socioeconómica. Por ejemplo, para cada opción dentro de la característica socioeconómica edad (niño, adolescente, adulto joven, adulto y adulto mayor), existirá una variable categórica para indicar si hay 0, 1 o 2 o más personas con esa característica. En la Tabla 5-5 se presenta la característica socioeconómica junto con las variables categóricas y categorías que se crean a partir de ella. Además, se agrega el nombre de la variable en el modelo.

Tabla 5-5. Variables creadas según características socioeconómicas, a nivel de hogar

Fuente: elaboración propia

Característica socioeconómica	Variable categórica	Categorías	Nombre variable
Edad	Número de niños	0	Base
		1	D1_Ninos
		2 o más	D2_Ninos
	Número de adolescentes	0	Base
		1	D1_Adoles
		2 o más	D2_Adoles
	Número de adultos jóvenes	0	Base
		1	D1_AJoven
		2 o más	D2_AJoven
	Número de adultos	0	Base
		1	D1_Adultos
		2 o más	D2_Adultos
	Número de adultos mayores	0	Base
		1	D1_AMayor
		2 o más	D2_AMayor
Actividad	Número de trabajadores	0	Base
		1	D1_Trabaja
		2 o más	D2_Trabaja
	Número de estudiantes	0	Base
		1	D1_Estudia
		2 o más	D2_Estudia
	Número de jubilados	0	Base
		1	D1_Jubilados
		2 o más	D2_Jubilados
	Número de dueños(as) de casa	0	Base
		1 o más	D_Dueno
	Número de personas con otras actividades	0	Base
1		D1_Otros	
2 o más		D2_Otros	
Vehículos	Número de vehículos	0	Base
		1	D1_Veh
		2 o más	D2_Veh
Ingreso	Ingreso per cápita del hogar	Bajo	Base
		Medio Bajo	D1_Ingreso
		Medio	D2_Ingreso
		Medio Alto	D3_Ingreso
		Alto	D4_Ingreso
Día asignado	Laboral	Día no laboral	Base
		Día laboral	Laboral

Para todas las variables de la Tabla 5-5 se espera que el signo sea positivo. En el caso de las variables asociadas a la característica socioeconómica “Edad”, “Actividad” y “Personas”, la razón es que la activación de alguna de las variables categóricas asociadas conlleva implícitamente el aumento en el número de personas en el hogar, lo que favorecería un mayor número de viajes. En el caso de las variables de ingreso se espera que, a mayor ingreso, mayor sea el número de viajes. Finalmente, la variable categórica Laboral se espera que tenga signo positivo, dado que se espera que en un día laboral se realicen más viajes que en un fin de semana.

Finalmente, además de las variables discretas mencionadas anteriormente, se consideraron las variables “Altura” (altura sobre el nivel del mar que se encuentra el hogar), tanto de manera lineal como cuadrática, y “NumLicencias” (número de licencias de conducir que hay en el hogar).

5.3.4. Estimación y elección del modelo final

La estimación de los modelos se hará mediante el software Stata y, con el fin de ser consistentes, cada modelo comenzará con todas las variables y se sacará de una la variable con test-t más bajo y que no sea significativa al 90%, para luego reestimar. Lo anterior, tendrá como excepción las variables de infraestructura, las cuales no serán eliminadas si no son significativas, puesto que son las variables de interés en esta investigación.

En el caso de los modelos a nivel de hogar, se quiere comparar los resultados de tres tipos de modelos (MLO_14, MLO_20 y MRP) para cuatro escenarios distintos. Para esto, en primer lugar, se compararán las log-verosimilitudes de los 12 modelos para ver si existen diferencias entre ellos, especialmente entre los modelos de regresión Poisson y logit ordinal. Con este análisis se espera ver las diferencias más importantes en el nivel de ajuste de los modelos, evidencia que confirmaría que el modelo logit ordinal se ajusta mejor a la naturaleza de la variable dependiente.

En segundo lugar, se calculará el criterio de información Akaike (AIC, por sus siglas en inglés) y se escogerán los modelos con los AIC más bajos, de manera de acotar los potenciales candidatos a modelo final.

Por último, se calculará el ajuste de los candidatos. Para esto, se dividirá la muestra aleatoriamente en una base de datos de predicción (80% de la muestra) y en una base de datos de validación (20% de la muestra). Luego, con la base de datos de predicción se estimarán los parámetros según el diseño de cada uno de los modelos. Finalmente, con la base de datos de validación y los parámetros calculados se determinará el ajuste de cada modelo. Aquel modelo con menor log-verosimilitud se escogerá como modelo final.

En el caso del modelo a nivel de personas la elección del modelo será más directa, puesto que tanto el escenario como el tipo de modelo – entre el logit ordinal y el de regresión Poisson – serán determinados *a priori*. Por lo tanto, lo único que habrá que determinar son las variables significativas.

5.3.5. Inclusión de efectos aleatorios

Un aspecto que se quiere incorporar en la estimación es la correlación que puede existir entre los hogares y personas que viven en una misma zona mediante un efecto aleatorio. La incorporación de este efecto aleatorio permitiría capturar información exógena que no se pueden obtener a partir de los datos, como el uso de suelo (localización de actividades y servicios), distancia a los pasos peatonales o vehiculares más cercanos, etc., y que podrían influir en la decisión de realizar un viaje. Las zonas que se considerarán corresponden a las 86 definidas en la EOD.

Agregar un componente aleatorio aumenta la complejidad computacional y, por consiguiente, el tiempo de ejecución. Por lo tanto, la inclusión del efecto aleatorio solo se hará para el tipo de modelo y escenario del modelo final, tanto a nivel de hogar como a nivel de persona. No obstante, no se considerarán las mismas variables finales. La determinación de las variables significativas se hará de la misma manera planteada

anteriormente, es decir, se comenzará con todas las variables y se sacarán de a una aquellas no significativas al 90%. De esta manera, existe la posibilidad de que las variables significativas sean distintas con y sin efecto aleatorio por zona.

En resumen, los modelos a estimar serán los siguientes:

- 1) Modelo de generación de viajes, a nivel de hogar
- 2) Modelo de generación de viajes, a nivel de hogar, con efecto aleatorio por zona a la que pertenece en la EOD.
- 3) Modelo de generación de viajes, a nivel de persona, con efecto aleatorio por hogar.
- 4) Modelo de generación de viajes, a nivel de persona, con efecto aleatorio por hogar y por zona a la que pertenece en la EOD.

5.4. Modelos de partición modal

En esta sección se presentarán las variables y el modelo específico para la partición modal, junto con la metodología para escoger el modelo final.

5.4.1. Definición de las variables y del modelo

Se hará un modelo logit multinomial que permita explicar la elección de modo de todos los viajes de la muestra y así ver si los resultados preliminares de la partición modal se explican efectivamente por el sector en que vive la persona o no.

Hay que considerar que, además del sector en que vive la persona, son muchas más las variables que podrían explicar la elección de modo. Por un lado, están las variables del modo, como es el costo, tiempo de viaje, tiempo de espera, distancia que se recorre en el modo, etc. De estas variables, la única que se considerará será la distancia de viaje, ya que es la única que se puede obtener de la base de datos.

Por otro lado, se tienen las variables socioeconómicas del hogar y de la persona. Aspectos como la disponibilidad de vehículo, edad de la persona, ingreso del hogar, etc., se espera

que afecten la elección de modo. Estas variables sí serán incluidas, pero como el modelo logit multinomial funciona en base a diferencias, solo se podrá estimar los parámetros para dos de los tres modos, puesto que para uno de ellos el parámetro se debe fijar en cero. El modo de referencia será el transporte público, y los parámetros de las variables socioeconómicas serán distintas para los modos privado y no motorizado.

La definición de las variables socioeconómicas que se utilizará será la misma que en la generación de viajes a nivel de persona. Además, se agregará la variable continua distancia de viaje en kilómetros de cada modo de transporte – de manera lineal y cuadrática – y la variable categórica propósito de viaje. Esta última tendrá en la base la categoría “Otros” y se estimarán para el propósito “Trabaja” y “Estudia”. Por último, se agregará la variable “CruzaTren” y “CruzaTroncal”, variables binarias que indican si el viaje implica cruzar el tren y el troncal, respectivamente. En este modelo no se considerará interacciones de variables.

De esta manera, las utilidades de los modos no motorizado (N), privado (A) y transporte público (T), se definirán como sigue:

$$V_{iN} = Cte_N + \sum_k \beta_{Nk} * x_{iNk} + \beta_{Nd} * x_{iNd} + \beta_{ND} * x_{iNd}^2 \quad (5.1)$$

$$V_{iA} = Cte_A + \sum_k \beta_{Ak} * x_{iAk} + \beta_{Ad} * x_{iAd} + \beta_{AD} * x_{iAd}^2 \quad (5.2)$$

$$V_{iT} = \beta_{Td} * x_{iTd} + \beta_{TD} * x_{iTd}^2 \quad (5.3)$$

Donde Cte es la constante modal, x_{*ik} es la variable socioeconómica k de la observación i según el modo (*) – no motorizado (N), privado (A) o público (T). x_{i*d} es la distancia del viaje según modo de transporte de la observación i . β_{*k} es el coeficiente por estimar de la variable k para cada modo. En particular, la distancia tiene parámetros distintos β_{Td} y β_{TD} para la distancia lineal y cuadrática, respectivamente. Es importante mencionar que

x_{iNk} es igual a x_{iAk} para cada variable k de la observación i , ya que son las variables socioeconómicas del individuo que realiza el viaje de la observación i .

Al modelar la partición modal es importante considerar la disponibilidad de los modos de transporte. Para los modos no motorizados, dado que consideran viajes en bicicleta, se considerará que el modo no se encuentra disponible para viajes de más de cinco kilómetros, una distancia razonable para este modo según distintos estudios (Hyden et al., 1999; Cervero & Duncan 2003; Garrard et al., 2008). Además, las 11 observaciones que eligieron el modo no motorizado y que tenían una distancia sobre cinco kilómetros serán eliminados de la base datos, puesto que se consideran como *outliers*. Así, los modelos se estimarán con 12.858 observaciones.

En el caso del modo transporte privado, se analizó utilizar la disponibilidad de vehículo en el hogar. Sin embargo, la definición de esta categoría también considera viajes en autoacompañante, furgón escolar, entre otros, viajes que no necesariamente necesitan tener un vehículo el hogar. Por lo tanto, por simplicidad, se consideró que toda la muestra tiene disponible el modo transporte privado.

En el caso del transporte público, se consideró que toda la población tiene disponible el modo transporte público. En la Figura 5-10 se presenta la red de transporte público, la cual visualmente se ve lo suficientemente extensa como para suponer que todas las personas tienen acceso al transporte público.

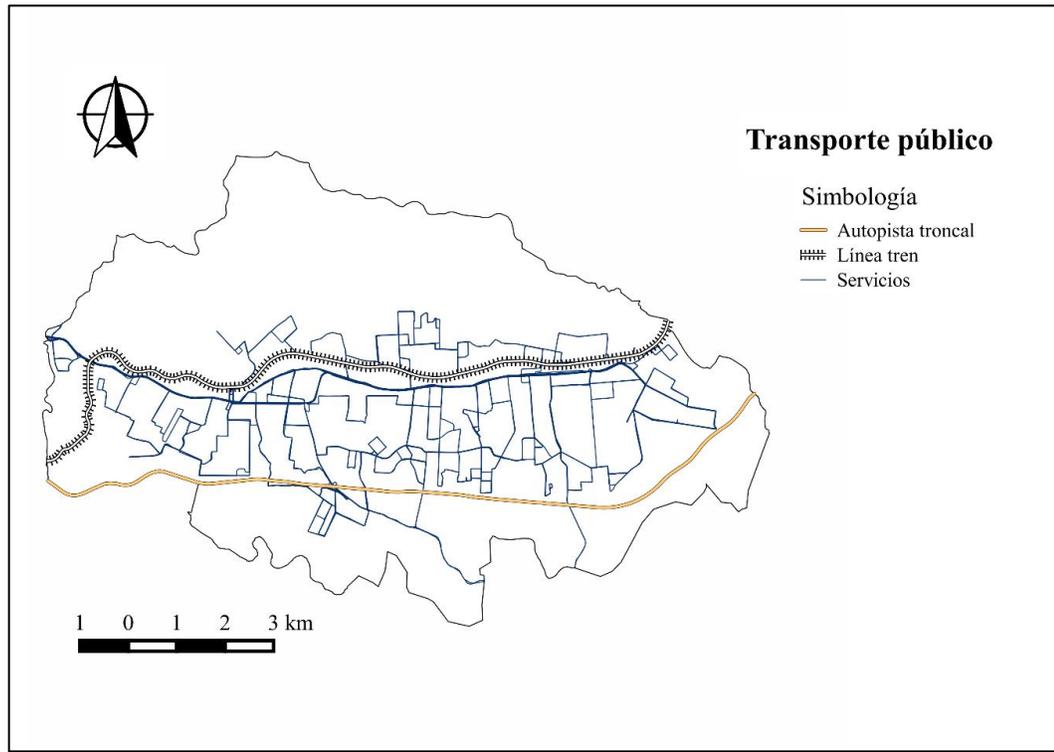


Figura 5-10. Red de transporte público en la zona de estudio

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

Por lo tanto, se define la disponibilidad de la siguiente manera:

$$D_{iNM} = \begin{cases} 1 & \text{si } dist_{i,NM} \leq 5 \\ 0 & \text{si } dist_{i,NM} > 5 \end{cases}; \quad D_{iA} = 1; \quad D_{iTP} = 1 \quad \forall i \quad (5.4)$$

Finalmente, las probabilidades del modelo tendrán la siguiente estructura:

$$P_{iq} = \frac{D_{iq} * e^{V_{iq}}}{D_{iNM} * e^{V_{iNM}} + D_{iA} * e^{V_{iA}} + D_{iTP} * e^{V_{iTP}}} \quad \forall i \quad (5.5)$$

5.4.2. Elección del modelo final

Como se ha planteado a lo largo de este trabajo, el área de influencia de las infraestructuras no se sabe *a priori* y no necesariamente es el mismo que en el análisis de la generación de viajes. Por lo mismo, se probarán nuevamente los cuatro escenarios y se realizará el mismo proceso utilizado para los modelos de generación de viajes. Es decir, para los cuatro escenarios se estimarán los modelos con todas las variables y se eliminarán a medida que estas sean no significativas al 90%.

Luego, se calculará el ajuste de cada modelo. Para esto, se dividirá aleatoriamente la muestra en una base de datos de estimación (80% de la muestra) y otra de validación (20% de la muestra). Con la primera base de datos se estimarán los modelos con las variables que sean significativas. Luego, con la segunda base de datos, se calculará el ajuste del modelo. Aquel que ajuste mejor se escogerá como modelo final.

6. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de esta investigación. En la primera sección se presenta el análisis del patrón de viajes de las personas de la muestra, tanto en la generación, el destino y la partición modal de los viajes que realizan. En la segunda sección, se presentan los resultados de los modelos de generación de viajes a nivel de hogar, mientras que en la tercera sección los resultados a nivel de persona. En la cuarta sección, se presentan los resultados del modelo de partición modal. Finalmente, en la última sección se presenta un resumen de los resultados.

6.1. Análisis del patrón de viajes de la muestra

En esta sección se presenta el análisis del patrón de viajes de las personas de la muestra. En la primera sección, se presenta el análisis de la generación de viajes. En la segunda sección, el análisis de la distribución de los viajes, con énfasis en los destinos de estos. En la última sección, se presenta el análisis de la partición modal.

6.1.1. Generación de viajes

Para el análisis preliminar de la generación de viajes a nivel de hogar, en la Tabla 6-1 se presenta el número de hogares, personas y viajes, junto con la tasa de viajes por hogar y por persona para cada sector – según la sectorización del Escenario A. Esta tabla considera todos los viajes de la muestra y está ordenada por orden geográfico, donde S1Tren es el sector que se encuentra más al norte y S1Troncal el que se encuentra más al sur de la zona de estudio.

Tabla 6-1. Número de viajes, personas y hogares por sector, Escenario A

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Zona	Sector	Hogares	Personas	Viajes	Viajes/Hogar	Viajes/Persona
Norte	S1Tren	236	827	1518	6,43	1,84
	S2Tren	112	350	659	5,88	1,88
	S3Tren	116	358	718	6,19	2,01
Central	S4Tren	147	414	756	5,14	1,83
	S5Tren	133	371	751	5,65	2,02
	Centro	917	2833	5894	6,43	2,08
	S5Troncal	133	416	760	5,71	1,83
	S4Troncal	69	201	427	6,19	2,12
Sur	S3Troncal	28	91	221	7,89	2,43
	S2Troncal	36	124	245	6,81	1,98
	S1Troncal	126	398	920	7,30	2,31
Total		2053	6383	12869	6,27	2,02

Los sectores al sur del tren presentan los valores más bajos de viajes por hogar, mientras que los sectores al sur del troncal presentan los valores más altos. Esta tendencia es parecida para los viajes por persona, con la excepción del sector S2Troncal que tiene una tasa menor al promedio. Estos resultados son antecedentes a los potenciales resultados de la modelación de la generación de viajes a nivel de hogar. Es posible que los hogares en la zona sur del troncal presenten más viajes, mientras que los sectores al sur del tren presenten menos viajes.

No obstante, para un análisis preliminar del número de viajes a nivel de persona es necesario calcular las tasas de manera más agregada, puesto que los sectores están definidos de manera más agregada en los modelos de generación de viajes a nivel de persona. En la Tabla 6-2 se presentan los resultados, según la sectorización del Escenario B.

Tabla 6-2. Número de viajes, personas y hogares por sector, Escenario B

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Zona	Sector	Hogares	Personas	Viajes	Viajes/Hogar	Viajes/Persona
Norte	S123Tren	464	1535	2895	6,24	1,89
	S45Tren	280	785	1507	5,38	1,92
Central	Centro	917	2833	5894	6,43	2,08
	S45Troncal	202	617	1187	5,88	1,92
Sur	S123Troncal	190	613	1386	7,29	2,26
Total		2053	6383	12869	6,27	2,02

El sector que se encuentra al sur del troncal tiene la mayor tasa de viajes por persona, por lo que se espera que el efecto en el modelo de la generación de viajes sea positivo. En cambio, la tasa de viajes por persona para los sectores cercanos al tren y al norte del troncal son menores a la tasa de viajes del centro, por lo que se espera que para estos sectores el efecto sea negativo.

6.1.2. Distribución de los viajes

Para el análisis de la distribución de los viajes, en la Tabla 6-3 se muestra, para cada sector, el porcentaje de viajes que se realizan a cada zona: Norte, Central, Sur y Exterior. Además, se agrega la columna “Propia zona + Exterior” que indica el porcentaje de viajes del total que tienen como destino la zona donde vive la persona, más los viajes que tienen como destino el exterior de la zona de estudio. De esta manera, se suman los viajes que se hacen hacia el Norte y hacia el Exterior para los sectores que viven en el Norte, mientras que para las personas que viven al sur se suman los viajes que se hacen hacia el Sur y hacia el Exterior.

Tabla 6-3. Destino de los viajes según sector en que vive la persona (sin propósito volver al hogar)

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

		Destino				Propia zona + Exterior	Viajes totales
		Norte	Central	Sur	Exterior		
Norte	S1Tren	25,4%	40,9%	1,0%	32,7%	58,1%	814
	S2Tren	17,6%	44,6%	0,6%	37,2%	54,8%	352
	S3Tren	18,6%	52,8%	0,3%	28,4%	46,9%	388
Central	S4Tren	5,8%	61,7%	0,3%	32,3%	94,0%	399
	S5Tren	3,4%	71,2%	1,2%	24,2%	95,4%	417
	Centro	5,3%	68,7%	0,9%	25,1%	93,9%	3206
	S5Troncal	3,0%	77,0%	2,5%	17,5%	94,5%	400
	S4Troncal	4,6%	63,9%	2,1%	29,4%	93,3%	238
Sur	S3Troncal	9,1%	47,9%	10,7%	32,2%	43,0%	121
	S2Troncal	0,0%	33,3%	31,1%	35,6%	66,7%	132
	S1Troncal	2,4%	33,5%	29,7%	34,5%	64,1%	502
Viajes totales		8,5%	59,9%	3,8%	27,9%	--	6969

En primer lugar, la proporción de viajes que se realizan hacia la zona central tiende a aumentar a medida que los sectores se van acercando hacia el centro. Esto tiene sentido ya que, como se mencionó en la sección 5.2.2, la zona central también considera sectores cercanos al tren y troncal. También, porque a medida que se acerca a la zona central, esta zona de hace más accesible en distancia.

En segundo lugar, es interesante ver que los sectores que están cautivos del tren – S1Tren, S2Tren y S3Tren – o del troncal – S1Troncal, S2Troncal y S3Troncal – son los sectores que más realizan viajes hacia el exterior. Cuando el promedio corresponde a 27,9%, sectores como S2Tren (37,2%), S2Troncal (35,6%) y S1Troncal (35,5%) tienen las proporciones más altas.

En tercer lugar, la proporción de viajes dentro de la misma zona es más alta para los sectores cautivos del troncal que para los del tren – con excepción de S3Troncal, con 10,7% de viajes hacia la zona sur. De esta manera, mientras que S1Tren tiene la proporción máxima hacia su misma zona con 25,4%, S1Troncal tiene 31,1%.

Por último, para ver si las personas prefieren o no cruzar la infraestructura de transporte al realizar sus viajes, se puede sumar la proporción de viajes dentro de su zona más aquellas que van hacia el exterior. De esta forma, para S1Troncal y S2Troncal se tiene que aproximadamente dos de cada tres viajes tienen como destino zonas exteriores o la misma zona. En cambio, para los sectores cautivos del tren la proporción es más baja con 58,1%, 54,8% y 46,9%, para S1Tren, S2Tren y S3Tren, respectivamente. Los porcentajes más altos para este indicador corresponden a los lugares que se encuentran en la zona central, lo que era de esperar considerando que el centro de actividades está más cerca de ellos.

Por lo tanto, sectores cautivos del tren son más propensos a realizar viajes que impliquen cruzar el tren, mientras que los sectores cautivos del troncal tienden a evitarlo. Esto último es acorde con el número de viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte que se presenta en la Tabla 6-4. Esta tabla considera todos los viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte y también la información del número de viajes sin considerar el propósito “volver al hogar”. El número de viajes que implican cruzar alguna infraestructura es mucho menor cuando las personas viven cerca del troncal que cerca del tren.

Tabla 6-4. Número de viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte, con y sin considerar el propósito “volver al hogar”

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Sector	Viajes que cruzan (todos los propósitos)		Viajes que cruzan (sin propósito “volver al hogar”)		Viajes totales por sector
	Cantidad	% del total por sector	Cantidad	% del total por sector	
S1Tren	606	39,9%	308	20,3%	1518
S2Tren	299	45,4%	155	23,5%	659
S3Tren	368	51,3%	187	26,0%	718
S4Tren	46	6,1%	24	3,2%	756
S5Tren	38	5,1%	19	2,5%	751
Centro	377	6,4%	217	3,7%	5894
S5Troncal	41	5,4%	22	2,9%	760
S4Troncal	29	6,8%	16	3,7%	427
S3Troncal	115	52,0%	62	28,1%	221
S2Troncal	76	31,0%	38	15,5%	245
S1Troncal	307	33,4%	157	17,1%	920
Viajes totales	2302	17,9%	1205	9,4%	12869

Para complementar el análisis anterior, en la Tabla 6-5 se presenta el porcentaje de viajes que cruzan cada infraestructura de transporte con respecto al total de viajes que realizan las personas que viven en el sector – incluyendo todos los propósitos de viajes. Las personas que viven al sur del tren – S4Tren y S5Tren – viajan menos al norte del tren, con una proporción de viajes que cruzan el tren de 5,8% y 3,7%, respectivamente. Estos porcentajes son más bajos en los sectores al norte del troncal – S4Troncal y S5Troncal –, con solo 2,6% y 2,3% de los viajes que cruzan el troncal, respectivamente. Este resultado evidencia que existiría una reordenación de los barrios al sur del tren y al norte del troncal hacia su lado de la barrera.

Tabla 6-5. Porcentaje del total de viajes que cruzan cada infraestructura de transporte, todos los propósitos de viajes.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Sector	Tren	Troncal	Ambas	Viajes totales
S1Tren	39,1%	0,1%	0,8%	1518
S2Tren	44,8%	0,3%	0,3%	659
S3Tren	51,0%	0,1%	0,1%	718
S4Tren	5,8%	0,3%	0,0%	756
S5Tren	3,7%	1,3%	0,0%	751
Centro	5,5%	0,9%	0,0%	5894
S5Troncal	2,8%	2,6%	0,0%	760
S4Troncal	4,4%	2,3%	0,0%	427
S3Troncal	2,7%	42,1%	7,2%	221
S2Troncal	0,0%	30,6%	0,4%	245
S1Troncal	0,5%	31,0%	1,8%	920
Viajes totales	13,2%	4,3%	0,4%	12869

Además del número de viajes que cruzan, interesa conocer el origen y destino de los 2.302 viajes, lo cual se presenta en la Tabla 6-6. Por simplicidad, los sectores se agruparon en las zonas Norte, Central y Sur. El número de viajes que implican cruzar solo el troncal son mucho menos que las que implican cruzar solo el tren, con 1.701 (13,2%) y 552 (4,3%) viajes, respectivamente.

Tabla 6-6. Matriz origen destino de los viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Zonas	Destino			Viajes totales	
	Norte	Central	Sur		
Origen	Norte	--	850	27	877
	Central	851	--	274	1125
	Sur	22	278	--	300
Viajes totales	873	1128	301	2302	

Por lo tanto, de este análisis preliminar se concluye que el tren y la autopista afectan de manera distinta en la decisión de cruzar o no una infraestructura de transporte. Por un lado, se tiene que las personas que viven cautivas de la autopista tienden a viajar más hacia el exterior o hacia su propia zona, lo que se ve reflejado en que el número de viajes que cruzan la autopista son más bajos.

Por otro lado, vivir al norte del tren influye en menor medida en la decisión de cruzar ya que, si bien la proporción de viajes que van hacia el exterior es de las más altas, también lo es la cantidad de viajes que van hacia la zona central. Esta diferencia con la autopista se podría explicar por la cercanía que se tiene a los centros de actividades, los cuales están mucho más cerca del tren que de la autopista.

6.1.3. Partición modal de los viajes

Al analizar la elección de modo, en primer lugar, interesa saber cuántos viajes se realizaron en cada modo de transporte, según el sector en que vive la persona. En segundo lugar, interesa ver si existen preferencias por ciertos modos de transporte cuando el viaje cruza alguna infraestructura de transporte.

Para el primer análisis, en la Tabla 6-7 se presenta la partición modal y el número de viajes totales por sector, al considerar todos los viajes de la muestra. Como es de esperar, el número de viajes es mayor para los tres sectores con más hogares: centro, a más de 500 metros al norte del tren (S1Tren) y a más de 500 metros al sur del troncal (S1Troncal).

Tabla 6-7. Número de viajes por modo de transporte, según sector

Fuente: elaboración propia

Sector	Transporte no motorizado	Transporte público	Transporte privado	Viajes totales por sector
S1Tren	21,2%	37,4%	41,4%	1518
S2Tren	22,9%	29,6%	47,5%	659
S3Tren	27,0%	23,5%	49,4%	718
S4Tren	29,9%	31,0%	39,2%	756
S5Tren	31,8%	34,9%	33,3%	751
Centro	25,8%	32,0%	42,2%	5894
S5Troncal	25,8%	26,7%	47,5%	760
S4Troncal	11,9%	35,8%	52,2%	427
S3Troncal	8,6%	53,8%	37,6%	221
S2Troncal	13,9%	48,6%	37,6%	245
S1Troncal	24,5%	40,5%	35,0%	920
Viajes totales	24,7%	33,3%	42,0%	12869

Para analizar cómo varían los porcentajes de cada modo de transporte, en la Figura 6-1 se presenta la información anterior de manera gráfica. Para facilitar la comprensión, en el eje de las abscisas se presentan los sectores de norte a sur ordenados izquierda a derecha.

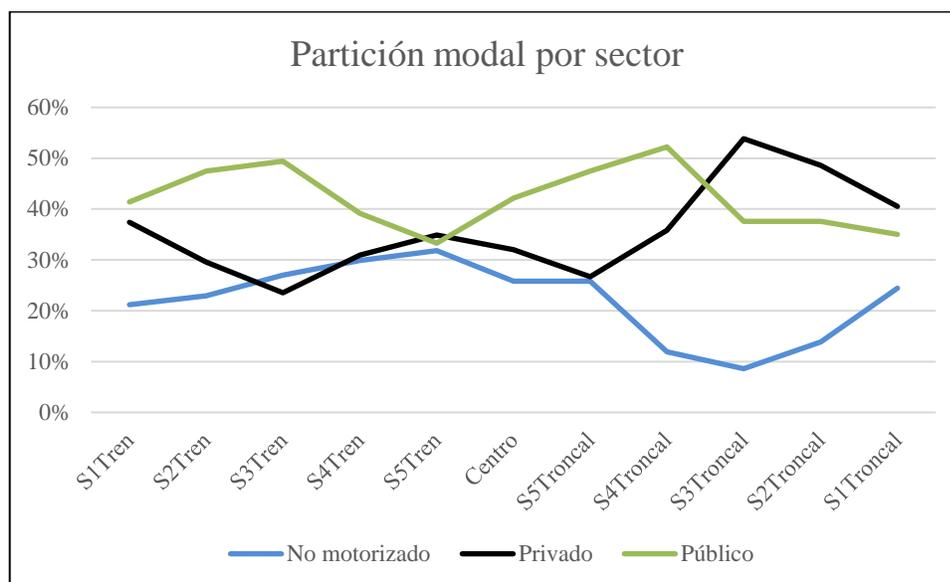


Figura 6-1. Partición modal según sector en que vive la persona

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

En primer lugar, la partición modal del modo no motorizado tiene el porcentaje más bajo dentro de los tres modos disponibles. Al analizar de norte a sur, el porcentaje va aumentando a medida que el sector analizado está más cerca del centro, pero este porcentaje baja bruscamente de 25,8% a 11,9% al pasar del sector S5Troncal al sector S4Troncal. Este porcentaje disminuye más entre 0 y 250 metros al sur del troncal, donde la partición modal de los modos no motorizados alcanza 8,6%.

En contraste, la partición modal del transporte privado es alta en el sector más al norte de la conurbación (37,4%) y esta comienza a disminuir a medida que se acerca al tren y, de manera inversamente proporcional, comienza a aumentar la partición modal del transporte público. Esto último tiene sentido ya que las personas disminuyen su distancia al metro de la ciudad y a las calles con alta frecuencia de transporte público, como son Avenida Los Carrera y Avenida Valparaíso en Quilpué y Villa Alemana, respectivamente.

Luego, en la cercanía a la autopista la partición del modo privado comienza a aumentar de manera significativa, alcanzando un porcentaje máximo de 53,8% en el sector entre 0

y 250 metros al sur del troncal, lugar que también tenía el porcentaje más bajo de elección del modo no motorizado.

Entonces, si bien no existe una influencia clara de la línea del tren sobre la elección del modo no motorizado, si existe un impacto de la autopista sobre la elección del modo, en contra del uso de los no motorizados y en favor del uso del transporte privado.

No obstante, también se puede ver que la partición modal del modo no motorizado es de 24,5% en el sector a más de 500 metros al sur del troncal, un porcentaje parecido a los sectores más céntricos de la zona de estudio. Ello puede deberse a varias razones. La primera, es que efectivamente la gente realice más viajes en modos no motorizados, pero no necesariamente en el sector. En la sección anterior se mostró que este sector realiza su mayoría de los viajes hacia el exterior (34,5%).

La segunda, es que el sector esté tan bien provisto de servicios comerciales, de salud, educacionales, etc., que la gente no tendría la necesidad de salir del sector y que los destinos atractivos estén a una distancia caminable. Esto tendría sentido si se considera que, de lo presentado en la sección anterior, el 29,7% de los viajes se hacen a la misma zona.

Como el resultado de lo que ocurre en el sector S1Troncal es llamativo, se hará un análisis complementario de esta zona. En la sección anterior se expuso que las personas que viven en ese sector realizaron 502 viajes con propósito distinto a volver al hogar. En la Tabla 6-8 se presenta la distribución el destino de esos viajes según modo de transporte, donde la mayoría de los viajes son hacia el exterior (173 viajes, correspondiente al 34,5% del total) y 149 viajes hacia la misma zona (29,7% del total).

Tabla 6-8. Destino de los viajes de las personas que viven en S1Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	0	6	107	7	120
Privado	10	98	38	68	214
Público	2	64	4	98	168
Total	12	168	149	173	502

Además, 120 viajes se realizan en modo no motorizado (23,9% del total). Esta proporción disminuye con respecto al porcentaje presentado anteriormente cuando se consideró todos los propósitos de viaje (24,5%), pero no tiene un mayor impacto con respecto al análisis. De estos 120 viajes, 89,1% tienen como destino su propia zona. Como contraste, se hizo el mismo ejercicio con S1Tren y se tuvo que el 67,2% de los viajes en modo no motorizado son hacia su misma zona. En el Anexo B se presentan tablas con el detalle para todos los sectores.

En síntesis, si bien las personas que viven en S1Troncal tienen un porcentaje de elección del modo no motorizado que es más alta en comparación a las personas que viven en los otros dos sectores de la zona sur – y que son más parecidos a zonas céntricas de la ciudad –, la gran mayoría de estos viajes tienen como destino la zona sur.

Para el segundo análisis – ver si existen preferencias por ciertos modos de transporte – interesa conocer la partición modal de los 2.302 viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte. Para esto, en la Tabla 6-9 se presenta la matriz origen destino de estos viajes. Para el análisis que viene a continuación, solo se considerará la parte superior de la matriz, puesto que los porcentajes son similares con la parte inferior.

Tabla 6-9. Partición modal de los viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

		Modo	Destino		
			Norte	Central	Sur
Origen	Norte	No motorizado	--	18,7%	3,7%
		Privado	--	37,8%	66,7%
		Público	--	43,5%	29,6%
	Central	No motorizado	18,1%	--	1,8%
		Privado	39,0%	--	51,5%
		Público	42,9%	--	46,7%
	Sur	No motorizado	0,0%	2,2%	--
		Privado	68,2%	55,0%	--
		Público	31,2%	42,8%	--

En primer lugar, como es de esperar, los viajes que implicaban cruzar las dos infraestructuras de transporte tienen un bajo porcentaje de uso de modo no motorizado, lo que se explica por los varios kilómetros que se deberían recorrer para realizar el viaje.

En segundo lugar, sobre los viajes que cruzan el tren, el modo no motorizado es el que menor porcentaje tiene. Sin embargo, en el Capítulo 4 se mostró que el porcentaje de este modo era del 25% para todos los viajes de la muestra. Entonces, si bien 18,7% es bajo, no es un valor que se podría explicar necesariamente por la presencia del tren.

En cambio, al observar los viajes que cruzan el troncal, se tiene que el porcentaje de viajes no motorizados es del 1,8%, mientras que más de la mitad de los viajes se realizan en transporte privado. Estos porcentajes sí se pueden explicar por la presencia de la infraestructura de transporte, ya que la diferencia es mayor.

Del análisis preliminar de esta sección se podría concluir que la presencia del troncal tiene un efecto negativo sobre el uso de los modos no motorizados en favor de los modos privados. Este efecto se ve de manera más clara cuando se analizan los viajes que cruzan

esta infraestructura. En cambio, la presencia del tren no parece tener efecto tan claro sobre el uso de modos no motorizados.

A pesar de lo anterior, es necesario ver mediante un modelo si efectivamente el sector en el que vive la persona es la razón de que se usen los distintos modos, o son otras características socioeconómicas o del modo las que están condicionando la elección. Este modelo solo se podrá hacer para todos los viajes de la muestra, ya que el número de observaciones de viajes que cruzan por sector es muy poca.

6.2. Modelos de generación de viajes a nivel de hogar

En esta sección se presentan los resultados del modelo de generación de viajes a nivel de hogar. En la primera sección se muestran los resultados de los candidatos a modelo final. En la segunda sección se muestran los coeficientes del modelo final. Por último, se presentan las semielasticidades y elasticidades de las variables.

6.2.1. Resultados candidatos a modelo final

Según lo presentado en la metodología del Capítulo 5, se analizará el ajuste de los modelos para ver si existen diferencias importantes entre ellos. En la Tabla 6-10 se muestran las log-verosimilitudes para los tres tipos de modelos y los cuatro escenarios.

Tabla 6-10. Log-verosimilitudes de los 12 candidatos a modelo final generación de viajes a nivel de hogar

Fuente: elaboración propia

Escenario	MLO_14	MLO_20	MRP
Escenario A	-4065	-4354	-5337
Escenario B	-4070	-4361	-5344
Escenario C	-4068	-4357	-5343
Escenario D	-4066	-4356	-5339

En primer lugar, en cualquier escenario el ajuste del modelo logit ordinal de 14 categorías es mejor que el ajuste del modelo MLO_20 y el modelo MRP, incluso cuando las variables de MLO_14 y MLO_20 tienen las mismas variables explicativas en la mayoría de los casos – sin considerar las variables de corte. Lo anterior es relevante porque indica que mayor cantidad de variables no está asociado necesariamente a un mejor ajuste.

En segundo lugar, los modelos MRP ajustan peor para cualquier escenario. Esto se debe al comportamiento de la variable independiente a explicar que, como se mostró anteriormente, tiene cambios de frecuencia importante entre números de viajes pares e impares. Como el MRP es un modelo de conteo, la curva de probabilidades asociada tiene cambios suaves, por lo que no logra capturar la naturaleza de la variable a explicar. En cambio, los MLO permiten que cada categoría tenga una probabilidad que no dependa de las categorías contiguas.

Lo anterior, se puede visualizar en la Figura 6-2 donde se presenta un ejemplo de las probabilidades predichas para cada tipo de modelo en un Escenario A para un hogar que realiza dos viajes. En esta figura se ve cómo las categorías impares tienen probabilidades mucho más bajas en los MLO, no así en el modelo MRP que presenta una curva de cambios más suaves.

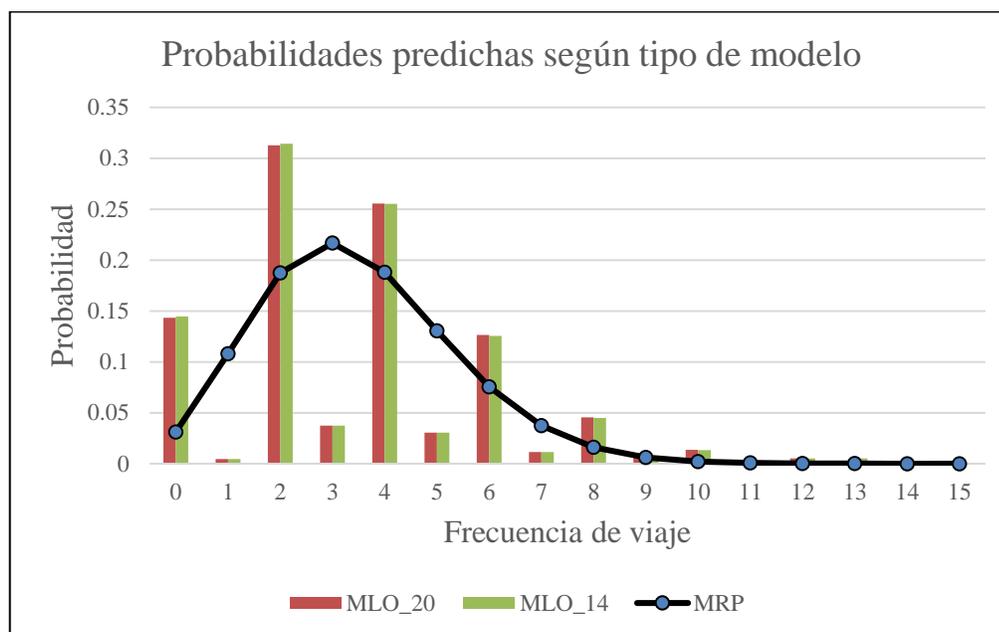


Figura 6-2. Ejemplo de probabilidades predichas según tipo de modelo de Escenario A
Fuente: elaboración propia

Para los 12 modelos se calcularon los AIC, estos se presentan en la Tabla 6-11. Los modelos MRP presentan los mayores AIC, mientras que los modelos MLO_14 presentan los más bajos. Este resultado es consistente con el hecho de que los modelos MLO_14 tenían menor log-verosimilitud y menos variables con respecto a los modelos MLO_20. Por lo tanto, para los cuatro modelos MLO_14 se calculará el ajuste con la base de datos de validación.

Tabla 6-11. Criterios de información Akaike para los 12 candidatos a modelo final generación de viajes a nivel de hogar
Fuente: elaboración propia

Escenario	MLO_14	MLO_20	MRP
Escenario A	8222,3	8814,4	10745,0
Escenario B	8220,5	8813,3	10748,3
Escenario C	8219,6	8812,3	10747,5
Escenario D	8216,6	8809,2	10740,2

Los resultados de las log-verosimilitudes de los modelos logit ordinal con 14 categorías con la base de datos de validación se presentan en la Tabla 6-12. Si bien los valores de los ajustes son bastante parecidos, el modelo que corresponde al Escenario A tiene el menor valor y, por tanto, se escoge como modelo final.

Tabla 6-12. Log-verosimilitud con la base de datos de validación modelo de generación de viajes a nivel de hogar

Fuente: elaboración propia

Escenario	Log-verosimilitud
Escenario A	-818,07
Escenario B	-819,01
Escenario C	-818,42
Escenario D	-818,08

El resultado anterior indica que las variables más desagregadas logran ajustarse mejor a la muestra, por lo que hay indicios de que el efecto de las infraestructuras de transporte será distinto según la distancia y el sentido norte o sur a la que viva la persona, lo que ayudaría determinar el área de influencia que tienen las infraestructuras de transporte. Estos resultados se podrán comprobar según los coeficientes y significancia de las variables de infraestructura, que se analizarán más adelante.

6.2.2. Coeficientes modelo con y sin efecto aleatorio

Como se mencionó en el capítulo anterior, se estimará un modelo que incluya un efecto aleatorio (RE, por *random effects* en inglés) que correlacione por zona. Este modelo tendrá la misma configuración que el modelo final escogido, es decir, será un logit ordinal con 14 categorías con una sectorización de la variable de infraestructura según el Escenario A. Los coeficientes y test-t de los modelos finales con y sin efecto aleatorio por zona se presentan en las Tablas 6-13 y 6-14.

Tabla 6-13. Coeficientes y test-t modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio (RE), Escenario A

Fuente: elaboración propia

Variable	Modelo sin RE		Modelo con RE	
	Coefficiente	Test-t	Coefficiente	Test-t
Infraestructura				
S1Tren	-0,609	-4,48	-0,414	-2,15
S2Tren	-0,368	-1,96	-0,412	-1,84
S3Tren	-0,337	-1,77	-0,345	-1,51
S4Tren	-0,665	-3,55	-0,549	-2,50
S5Tren	-0,344	-1,91	-0,325	-1,70
S5Troncal	0,117	1,02	0,137	0,74
S4Troncal	0,509	2,15	0,440	1,78
S3Troncal	0,594	1,74	0,579	1,50
S2Troncal	0,060	0,19	0,007	0,02
S1Troncal	0,730	3,48	0,543	1,80
Laboral				
Día es laboral	0,869	8,18	0,889	8,30
Número de vehículos				
1 vehículo	0,471	5,28	0,470	5,16
2 o más vehículos	0,930	5,27	0,887	4,95
Adulto mayor				
1 adulto mayor	0,351	3,10	0,368	3,17
2 o más adultos mayores	0,906	4,98	0,919	4,98
Adulto				
1 adulto	0,523	4,15	0,518	4,05
2 o más adultos	1,293	7,49	1,295	7,43
Adulto joven				
1 adulto joven	0,695	6,26	0,735	6,54
2 o más adultos jóvenes	1,315	8,28	1,382	8,59
Adolescente				
1 adolescente	0,644	4,73	0,692	5,01
2 o más adolescentes	1,766	6,96	1,883	7,29
Niño				
1 niño	1,001	8,11	0,990	7,99
2 o más niños	1,808	9,12	1,840	9,13

Tabla 6-14. Coeficientes y test-t modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio (RE), Escenario A (continuación)

Fuente: elaboración propia

Variable	Modelo sin RE		Modelo con RE	
	Coefficiente	Test-t	Coefficiente	Test-t
Trabajadores				
1 trabajador	0,432	3,55	0,437	3,55
2 o más trabajadores	0,755	4,43	0,771	4,48
Estudiantes				
1 estudiante	0,607	4,71	0,578	4,45
2 o más estudiantes	1,173	6,29	1,163	6,17
Jubilados				
2 o más jubilados	0,441	2,22	0,444	2,22
Dueños de casa				
1 o más dueños de casa	0,380	3,48	0,364	3,29
Ingreso per cápita hogar				
Medio bajo	-0,325	-2,86	-0,248	-2,29
Medio	-0,167	-1,78	--	--
Altura del hogar				
Altura	0,041	1,93	--	--
Altura ²	-1,90E-04	-2,60	-3,86E-05	-3,50
VARIABLES DE CORTE				
μ_1	2,212	--	-0,480	--
μ_2	2,240	--	-0,452	--
μ_3	3,801	--	1,132	--
μ_4	3,951	--	1,284	--
μ_5	5,107	--	2,464	--
μ_6	5,268	--	2,628	--
μ_7	6,285	--	3,662	--
μ_8	6,424	--	3,803	--
μ_9	7,317	--	4,712	--
μ_{10}	7,521	--	4,919	--
μ_{11}	8,237	--	5,650	--
μ_{12}	8,429	--	5,846	--
μ_{13}	9,127	--	6,558	--
σ_{Zona}	--	--	0,126	--
Log-verosimilitud	-4065,2	--	-4059,1	--

Al observar el modelo sin efecto aleatorio, se tiene que los parámetros de las categorías de la variable de infraestructura asociados al tren son negativas y significativas al 90% (S3Tren y S5Tren) o al 95% (S1Tren, S2Tren y S4Tren), lo que evidencia que la presencia del tren sí influye negativamente en la generación de viajes. Esta influencia es mayor en los hogares más cercanos al sur del tren (S4Tren) y en los hogares a más de 500 metros al norte del tren (S1Tren). En cambio, los parámetros de las categorías de la variable de infraestructura asociados al troncal son positivos, pero solo S1Troncal y S4Troncal son significativas al 95%, mientras que S3Troncal es significativa al 90%.

Lo anterior, se presenta gráficamente en la Figura 6-3 donde se muestra el mapa con los sectores que son significativos y su signo; rojo si el signo es negativo y verde si es positivo. Estos resultados son consistentes con el análisis presentado en la sección 6.1.1, donde las zonas al sur del troncal tenían una tasa de generación de viajes por hogar mayores.

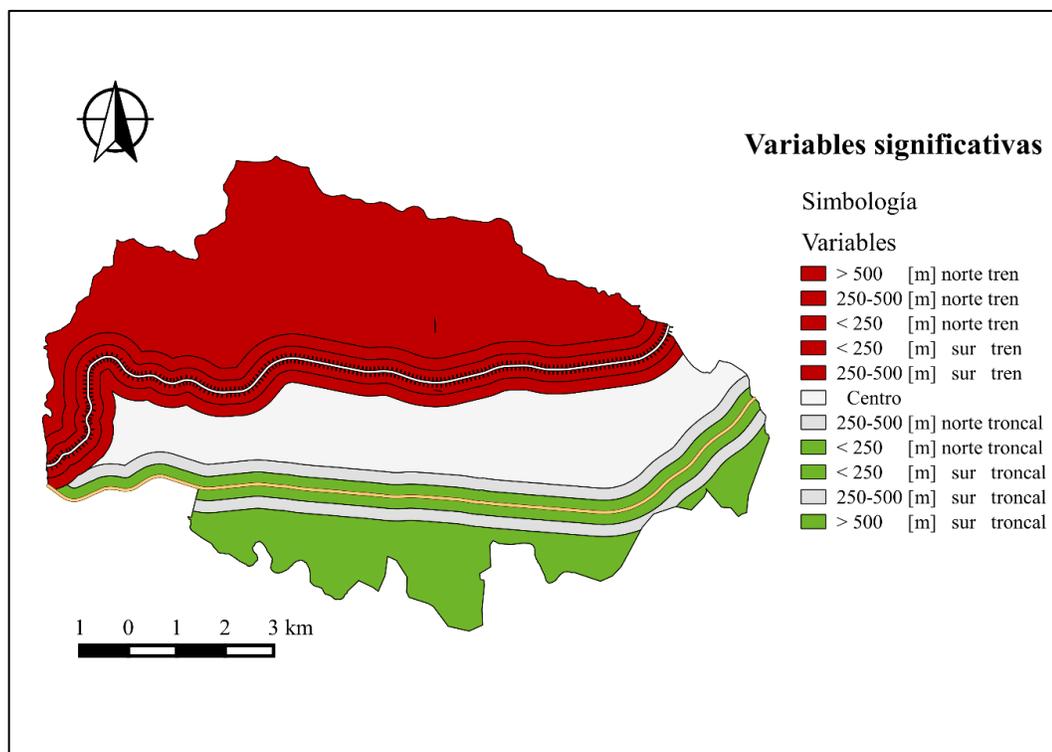


Figura 6-3. Variables significativas modelo generación de viajes a nivel de hogar sin efecto aleatorio

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

En primer lugar, existe una consistencia en los signos de las zonas de influencia tanto del tren como del troncal. Es decir, no existen cambios de signos entre sectores aledaños; la línea férrea tiene un efecto negativo y el troncal tiene un efecto positivo sobre la generación de viajes.

En segundo lugar, existen dos sectores que no tienen una influencia en el número de viajes, ya que sus coeficientes no son significativos al 90% en el modelo. Para el sector S5Troncal se podría explicar por la cercanía al centro y, por tanto, se podría considerar que la influencia del troncal solo se podría considerar hasta 250 metros al norte de este. En cambio, para el sector que se encuentra entre 250 y 500 metros al sur del troncal no existe una explicación clara. Una de las posibilidades es que ese sector cuenta con pocas observaciones (36 hogares). Sin embargo, el sector a menos de 250 metros al sur del troncal (S3Troncal) tiene solo 28 observaciones y aun así es significativa.

Al comparar con los parámetros de las categorías de la variable de infraestructura obtenidos al incluir el efecto aleatorio, se puede observar que la magnitud de la mayoría disminuye, con la excepción de S2Tren y de S3Tren. Además de bajar la magnitud, aumenta el número de categorías no significativas y el número de variables que son significativas al 90% en vez de 95%.

En la Figura 6-4 se muestra el mapa con la representación de los parámetros que son significativos y sus signos para el modelo con efecto aleatorio. En este modelo, existen más sectores que no tienen influencia en el número de viajes. Con la incorporación del sector a menos de 250 metros al sur del troncal (S3Troncal) dentro de las categorías no significativas, se cree que efectivamente el bajo número de hogares pudo haber afectado la significancia estadística, ya que estos sectores eran los que tenían menos hogares, con 28 y 36 en los sectores S3Troncal y S4 Troncal, respectivamente. Sin embargo, esta explicación no explicaría la baja significancia del sector cercano al tren.

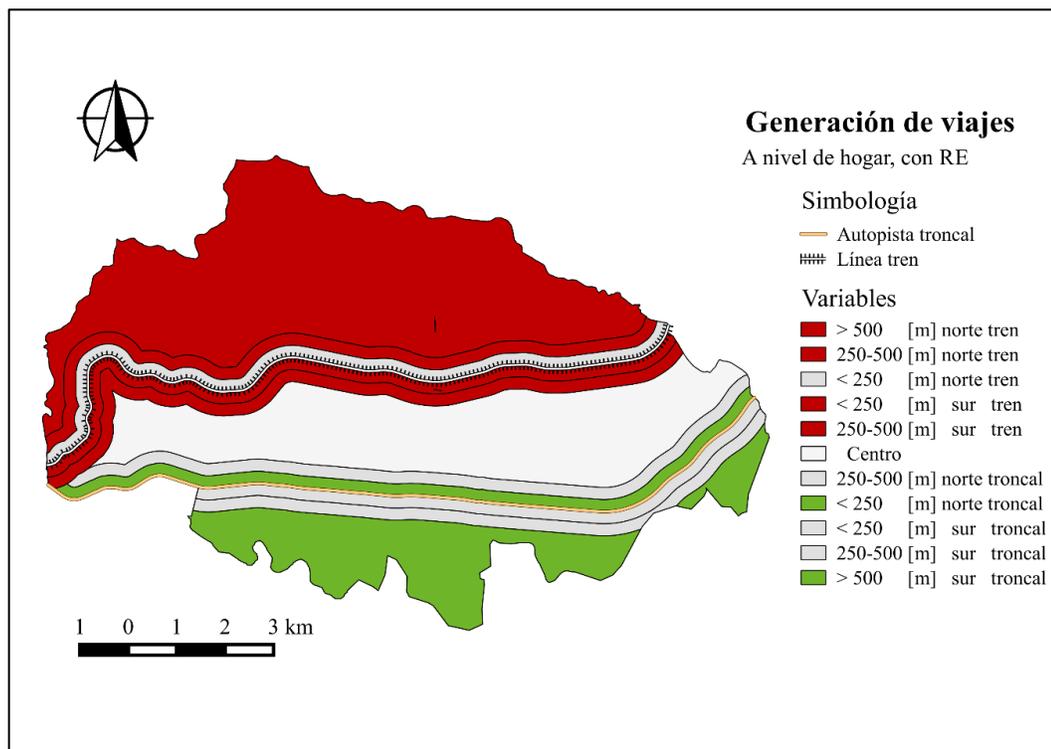


Figura 6-4. Variables significativas modelo de generación de viajes a nivel de hogar con efecto aleatorio

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

El resto de las variables socioeconómicas no serán analizadas con detalle, puesto que no son el enfoque de esta investigación. Sin embargo, es importante comentar el número de variables que son significativas. De las 38 iniciales, 33 son significativas en el caso del modelo sin efecto aleatorio y 31 al incluir el efecto aleatorio por zona.

Sumado a lo anterior, los signos son los esperados. Por ejemplo, la variable Laboral indica que existe probabilidades más altas de realizar más viajes al estar en un día laboral. El resto de las variables categóricas son positivas – con excepción de las variables de ingreso – algo de esperar dado que todas indican el aumento del número de personas o de vehículos. Además, todas las variables que indican un aumento de dos o más en la categoría tienen un parámetro mayor que las variables que muestran un aumento de uno en la categoría.

Como se explicó en el Capítulo 3, la comparación entre los parámetros más allá del signo y de la significancia no es posible en un modelo logit ordinal. Por lo mismo, se debe hacer un análisis de semielasticidades y elasticidades, que se presentan en la próxima sección.

6.2.3. Semielasticidad del número esperado de viajes a nivel de hogar

En esta sección se presentarán las semielasticidades del número esperado de viajes. En las Tablas 6-15 y 6-16 se presentan los coeficientes de las variables y el porcentaje de variación del número esperado de viajes – semielasticidad multiplicada por 100 –, tanto para los modelos con efecto aleatorio como para el modelo sin efecto aleatorio por zona. El porcentaje de variación es con respecto a la base de la variable – por ejemplo, para la variable categórica de infraestructura la base es que el hogar pertenece al centro. Las variables de corte se omiten.

Tabla 6-15. Coeficientes y semielasticidades del modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio por zona, Escenario A

Fuente: elaboración propia

Variable	Coeficientes		Semielasticidad	
	Modelo sin RE	Modelo con RE	Modelo sin RE	Modelo con RE
Infraestructura				
S1Tren	-0,609	-0,414	-18,8%	-12,4%
S2Tren	-0,368	-0,412*	-11,1%	-12,3%
S3Tren	-0,337*	-0,345**	-10,1%	-10,2%
S4Tren	-0,665	-0,549	-20,7%	-16,7%
S5Tren	-0,344*	-0,325*	-10,3%	-9,6%
S5Troncal	0,177**	0,137**	5,0%	3,6%
S4Troncal	0,509	0,440*	13,8%	11,9%
S3Troncal	0,594*	0,579**	15,9%	15,3%
S2Troncal	0,060**	0,007**	1,7%	0,2%
S1Troncal	0,730	0,543*	19,2%	14,5%
Laboral				
Día laboral	0,869	0,889	27,0%	27,3%
Número de vehículos				
1 vehículo	0,471	0,470	13,7%	13,5%
2 o más vehículos	0,930	0,887	25,6%	24,3%
Adulto mayor				
1 adulto mayor	0,351	0,368	10,7%	11,1%
2 o más adultos mayores	0,906	0,919	25,6%	25,7%
Adulto				
1 adulto	0,523	0,518	16,6%	16,2%
2 o más adultos	1,293	1,295	37,1%	36,7%
Adulto joven				
1 adulto joven	0,695	0,735	20,6%	21,5%
2 o más adultos jóvenes	1,315	1,382	35,9%	37,2%
Adolescente				
1 adolescente	0,644	0,692	18,1%	19,2%
2 o más adolescentes	1,766	1,883	43,0%	44,8%
Niño				
1 niño	1,001	0,990	27,7%	27,2%
2 o más niños	1,808	1,840	45,1%	45,2%

*Variable significativa al 90%

**Variable no significativa

Tabla 6-16. Coeficientes y semielasticidades del modelo de generación de viajes a nivel de hogar, con y sin efecto aleatorio por zona, Escenario A (continuación)

Fuente: elaboración propia

Variable	Coeficientes		Semielasticidad	
	Modelo sin RE	Modelo con RE	Modelo sin RE	Modelo con RE
Trabajadores				
1 trabajador	0,432	0,437	13,1%	13,1%
2 o más trabajadores	0,755	0,771	22,0%	22,2%
Estudiantes				
1 estudiante	0,607	0,578	18,0%	17,0%
2 o más estudiantes	1,173	1,163	32,4%	31,7%
Jubilados				
2 o más jubilados	0,441	0,444	12,5%	12,4%
Dueños de casa				
1 o más dueños de casa	0,380	0,364	11,1%	10,5%
Ingreso del hogar				
Medio bajo	-0,325	-0,248	-9,7%	-7,3%
Medio	-0,167*	--	-4,9%	--
VARIABLES CONTINUAS				
Altura del hogar				
Altura	0,041*	--	-0,741	-0,540
Altura ²	-1,90E-04	-3,86E-05	--	--

*Variable significativa al 90%

**Variable no significativa

En primer lugar, el porcentaje de variación del número esperado de viajes es sobre el 10% en la mayoría de las categorías de la variable de infraestructura en cada modelo. Las tres categorías que más impacto tienen son S1Tren (-18,8%), S4Tren (-20,7%) y S1Troncal (19,2%) para el modelo sin efecto aleatorio, mientras que S4Tren (-16,7%), S1Troncal (14,5%) y S1Tren (-12,4%) tienen el porcentaje de variación más alto dentro de las categorías de la variable de infraestructura que son significativas en el modelo con efecto aleatorio.

En segundo lugar, es interesante notar que, a pesar de que las categorías S3Tren y S3Troncal dejaron de ser significativas al 90% cuando se agregó el efecto aleatorio, la magnitud de los coeficientes es muy parecido y eso conlleva a que las semielasticidades también lo sean. Incluso, S3Troncal sería la segunda categoría de la variable de infraestructura que tiene el mayor porcentaje de variación en el modelo con efecto aleatorio.

6.3. Modelo de generación de viajes a nivel de persona

En esta sección se presentan los resultados del modelo de generación de viajes, a nivel de persona. En la primera sección se presentan los coeficientes del modelo, mientras que en la segunda sección se presentan las elasticidades y semielasticidades de las variables.

6.3.1. Coeficientes del modelo

Como se explicó en el capítulo anterior, en los modelos de generación de viajes a nivel de persona no hubo elección de modelo final, ya que el tipo de modelo y el escenario fueron elegidos *a priori*. Entonces, el único modelo estimado correspondió a un modelo logit ordinal con cinco categorías con variable de infraestructura correspondientes al Escenario B y con efecto aleatorio a nivel de hogar. Además, se estimó un modelo con las mismas características, pero incluyendo otro efecto aleatorio que también correlacionara por zona. En la Tabla 6-17 se presentan los resultados de los coeficientes y sus respectivos test-t.

Tabla 6-17. Coeficientes y test-t de los modelos de generación de viajes a nivel de persona, con y sin efecto aleatorio por zona, Escenario B

Fuente: elaboración propia

Variable	Modelo con efecto aleatorio por hogar		Modelo con efecto aleatorio por hogar y zona	
	Coefficiente	Test-t	Coefficiente	Test-t
Infraestructura				
S123Tren	-0,468	-4,20	-0,321	-2,05
S45Tren	-0,517	-3,68	-0,317	-1,93
S45Troncal	0,100	0,61	0,074	0,42
S123Troncal	0,570	3,32	0,493	1,96
Edad				
Adulto Mayor	-0,493	-4,07	-0,491	-4,05
Menor de edad	0,199	1,64	0,212	1,75
Menor a cargo				
Persona (+18 años) vive con menor de edad	0,390	4,24	0,403	4,40
Actividad				
Trabajador	1,128	8,90	1,137	8,98
Estudiante	1,084	8,96	1,087	9,00
Jubilado(a)	0,819	4,95	0,824	4,98
Dueño(a) de casa	1,149	8,37	1,146	8,35
Laboral				
Día es laboral	0,783	7,63	0,784	7,72
Licencia				
Tiene licencia de conducir	0,664	8,40	0,651	8,24
Disponibilidad de auto				
1 o más autos en el hogar	0,235	2,69	0,205	2,33
Ingreso per cápita del hogar				
Medio bajo	-0,285	-2,63	-0,257	-2,38
Medio	-0,199	-2,08	-0,171	-1,80
Interacciones				
Adulto mayor y vive al sur del troncal	-1,077	-2,96	-1,062	-2,93
Adulto mayor y vive a menos de 500 [m] al norte del troncal	0,656	2,22	0,633	2,14
Altura del hogar				
Altura ²	-4,015E-05	-4,61	-2,710E-05	-2,59
Variables de corte				
μ_1	-0,890	--	-0,529	--
μ_2	-0,809	--	-0,448	--
μ_3	2,667	--	3,028	--
μ_4	3,056	--	3,417	--
σ_{Hogar}	1,700	--	1,600	--
σ_{Zona}	--	--	0,120	--
Log-verosimilitud	-6751,8	--	-6742,2	--

En primer lugar, las variables que son significativas al 90%, tanto de infraestructura como socioeconómicas, son las mismas en ambos modelos. En la Figura 6-5 se muestra un mapa con la representación de las categorías de la variable de infraestructura. Los coeficientes de estas categorías son consistentes con los resultados a nivel de hogar, ya que las categorías asociadas al tren presentan un signo negativo, mientras que las asociadas al troncal tienen un signo positivo.

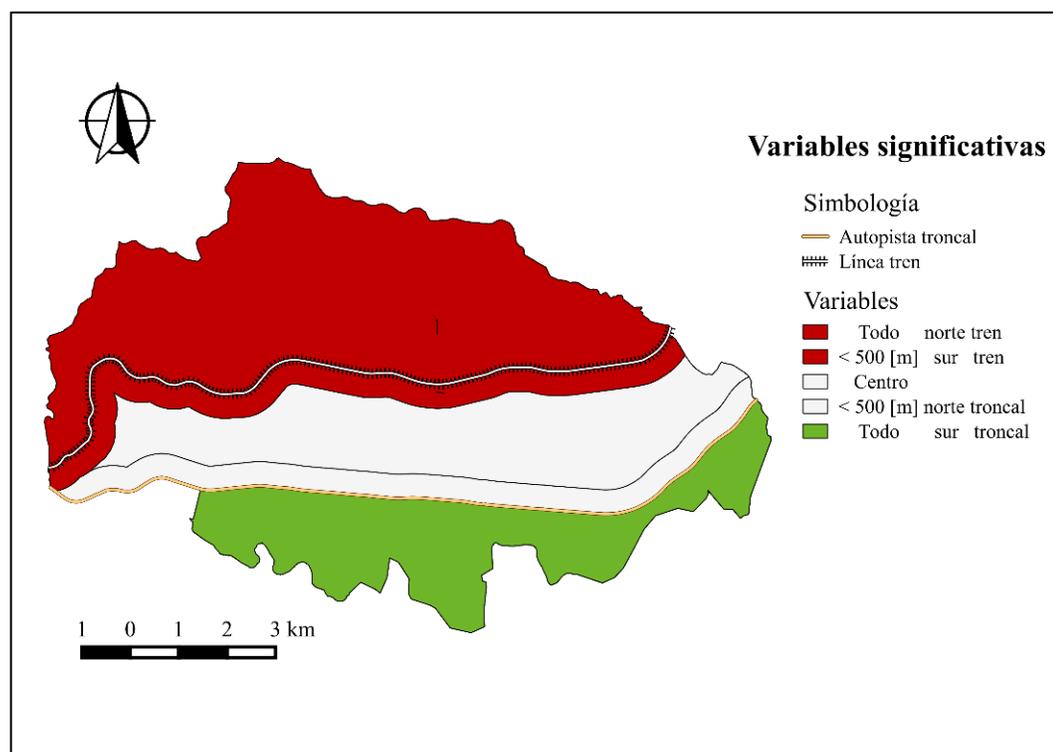


Figura 6-5. Variables significativas modelo de generación de viajes a nivel de persona con y sin efecto aleatorio

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

También, este resultado es consistente con el análisis preliminar de la generación de viajes, donde se obtuvo que el sector al sur del troncal tenía una tasa mayor de generación, mientras que el resto de los sectores tenía una tasa menor al centro – que es la base de la

variable categórica de infraestructura. La excepción fue variable S45Troncal – que indica si el hogar pertenece al sector entre 0 y 500 metros al norte del troncal – pues se esperaba que tuviese signo negativo.

Sin embargo, S45Troncal también fue la única que no fue significativa al 90% en cualquiera de los dos modelos, así que la variable no es estadísticamente distinta de cero. Eso último refuerza la hipótesis de la que influencia del troncal es menos importante en el sector cercano al centro, puesto que, tanto en el modelo de generación de viajes a nivel de hogar como a nivel de personas, los sectores más cercanos al centro al norte del troncal no son estadísticamente significativas al 90%.

En segundo lugar, la magnitud y los signos de las variables socioeconómicas son muy parecidos entre el modelo con y sin efecto aleatorio por zona. En cambio, las categorías de la variable de infraestructura bajan tanto la magnitud y el test-t al agregarse el efecto aleatorio por zona, fenómeno que también ocurrió cuando se modelo a nivel de hogar.

En tercer lugar, solo dos interacciones son significativas. La primera, si la persona es adulto mayor y vive al sur del troncal, tiene un coeficiente negativo, mientras que la segunda, si la persona es adulto mayor y vive entre 0 y 500 metros al norte del troncal, tiene un coeficiente positivo. Además, la variable que indica si la persona es adulta mayor es significativa y negativa.

De lo anterior, se puede concluir que no existe un efecto en la generación de viajes, ya sea positivo o negativo, sobre las mujeres o los menores de edad al vivir cerca de alguna infraestructura de transporte. De hecho, tampoco existen diferencias entre hombres y mujeres, puesto que la variable Sexo no fue significativa.

6.3.2. Semielasticidad del número esperado de viajes a nivel de persona

En la Tabla 6-18 se presenta la semielasticidad del número esperado de viajes, a través del porcentaje de variación – semielasticidad multiplicada por 100. Es importante mencionar

que la semielasticidad de las interacciones no se presenta, ya que su efecto se observa a través de la semielasticidad de las variables que la componen.

En primer lugar, dentro de las variables de infraestructura del modelo sin efecto aleatorio por zona, S45Tren tiene el mayor impacto, seguido por S123Tren. Así, vivir entre 0 y 500 metros al sur del tren implicaría 16,4% menos de viajes en comparación con vivir en el centro, mientras que el impacto de vivir al norte del tren sería un poco menor, con 14,7% de menos viajes. En cambio, si toda la muestra se comportara como si viviera al sur del troncal, aumentaría en un 8,0% el número esperado de viajes con respecto a si todos vivieran en el centro.

En segundo lugar, el impacto en el número esperado de viajes disminuye al agregar el efecto aleatorio por zona. De hecho, ahora el porcentaje de variación disminuye al punto de que el máximo es 10,1% (S123Tren), cuando antes el máximo llegaba a 15,2% (S45Tren).

El hecho de que disminuya el impacto de las variables de infraestructura al agregar el efecto aleatorio por zona es un indicio de que existen factores externos, que no fueron agregados directamente en el modelo, tienen incidencia en el número esperado de viajes. Estos factores externos pueden ser de distinta índole, como es el uso de suelo, la distancia a pasos vehiculares o peatonales, o incluso por características de los hogares presentes en la zona, como pueden ser barrios más nuevos donde vivan familias recién formándose o zonas más pobres.

Tabla 6-18. Coeficientes y semielasticidad para los modelos a nivel de persona con efecto aleatorio por hogar y con efecto aleatorio por hogar y zona

Fuente: elaboración propia

Variable	Coeficiente		Semielasticidad	
	Modelo con RE por hogar	Modelo con RE por hogar y zona	Modelo con RE por hogar	Modelo con RE por hogar y zona
Infraestructura				
S123Tren	-0,468	-0,321	-14,7%	-10,1%
S45Tren	-0,517	-0,317*	-16,4%	-9,9%
S45Troncal	0,100**	0,074**	6,7%	6,0%
S123Troncal	0,570	0,493	8,0%	6,0%
Edad				
Adulto mayor	-0,493	-0,491	-17,2%	-17,1%
Menor de edad	0,199*	0,212*	5,7%	6,1%
Menor a cargo				
Persona (+18 años) vive con menor de edad	0,390	0,403	11,6%	12,0%
Actividad				
Trabajador	1,128	1,137	38,4%	38,7%
Estudiante	1,084	1,087	37,2%	37,3%
Jubilado(a)	0,819	0,824	29,6%	29,8%
Dueño(a) de casa	1,149	1,146	39,0%	38,9%
Laboral				
Día es laboral	0,783	0,784	25,3%	25,4%
Licencia				
Tiene licencia de conducir	0,664	0,651	19,0%	18,7%
Disponibilidad de auto				
1 o más autos en el hogar	0,235	0,205	7,1%	6,2%
Ingreso per cápita del hogar				
Medio bajo	-0,285	-0,257	-8,7%	-7,9%
Medio	-0,199	-0,171*	-6,0%	-5,2%
Interacciones				
Adulto mayor y vive al sur del troncal	-1,077	-1,062	--	--
Adulto mayor y vive a menos de 500 [m] al norte del troncal	0,656	0,633	--	--
Altura del hogar				
Altura ²	-4,015E-05	-2,710E-05	-0,299	-0,201

*Variable significativa al 90%

**Variable no significativa

Sin embargo, si el caso fuese que factores exógenos afectaran la composición de los hogares y características socioeconómicas, las variables socioeconómicas se hubiesen visto más afectadas con la inclusión del efecto aleatorio por zona. Como esto no pasó, se cree que los factores exógenos que logra capturar el efecto aleatorio corresponden más al uso de suelo, como podría ser la cercanía servicios (centros comerciales, de salud, educacionales, entre otros) o a características de los sectores aledaños a la infraestructura de transporte que no fueron capturados por los modelos, como es la seguridad, luminosidad, limpieza e incluso que tan amena es la zona para realizar viajes.

Esta última hipótesis no podrá ser incorporado en esta investigación, pero sería interesante incorporar en futuras investigaciones variables del uso de suelo, puesto que se espera que estas tengan un efecto en la generación de viajes. Al incorporarlas se podría diferenciar entre zonas que tengan mayor acceso a servicios, ya que es razonable pensar que vivir en el centro de la conurbación debería impactar distinto a si se vive en los suburbios.

6.4. Modelo de partición modal

En esta sección se mostrarán los resultados de los modelos de partición modal. En la primera sección se muestra la elección del modelo final. En la segunda sección, los coeficientes y test-t del modelo. Finalmente, se presentan las elasticidades y semielasticidades de las variables.

6.4.1. Elección modelo de partición modal

Se estimaron los modelos logit multinomial para los cuatro escenarios. En la Tabla 6-19 se presentan las log-verosimilitudes, AIC y log verosimilitud de la base de datos de validación. Las log-verosimilitudes son mucho más altas con respecto a los modelos de generación de viajes. Esto se explica, por una parte, porque modelan fenómenos distintos y, por otra parte, porque la mayoría de las variables que se utilizan son socioeconómicas en vez de características del modo. Por último, el modelo con mejor ajuste corresponde al Escenario A, por lo que escoge como modelo final.

Tabla 6-19. Log-verosimilitudes, AIC y log-verosimilitud de la validación de los cuatro modelos de partición modal

Fuente: elaboración propia

Escenario	Variables de infraestructura	Otras variables	Log-verosimilitud	AIC	Log-verosimilitud validación
Escenario A	20	43	-7439,2	15004	-1495,1
Escenario B	8	43	-7510,4	15123	-1505,3
Escenario C	12	43	-7452,2	15014	-1500,6
Escenario D	12	43	-7465,4	15041	-1502,2

6.4.2. Coeficientes del modelo

Los resultados del modelo logit multinomial del Escenario A se puede observar en las Tablas 6-20 y 6-21, donde se presentan los coeficientes y test-t de los modos transporte privado y no motorizado. De las 20 categorías de la variable de infraestructura, 10 son significativas al 90%, aunque S4Troncal para el modo no motorizado estuvo cerca de serlo. En general, las categorías que son significativas tienen un signo negativo para ambos modos de transporte. Las excepciones son S1Tren para el modo privado, y S4Tren y S1Troncal para el modo no motorizado. De esta manera, parece existir un efecto a favor del uso del modo privado si se vive a más de 500 metros al norte del tren, mientras que existe un efecto a favor del uso del modo no motorizado para los sectores entre 250 y 500 metros al sur del tren y a más de 500 metros al sur del troncal.

Tabla 6-20. Coeficientes y test-t del modelo de partición modal

Fuente: elaboración propia

Variable	Transporte privado		Transporte no motorizado	
	Coefficiente	Test-t	Coefficiente	Test-t
Contante modal	1,800	1,72	1,870	1,31
Infraestructura				
S1Tren	0,325	3,54	0,054	0,41
S2Tren	-0,395	-3,12	-0,261	-1,44
S3Tren	-0,739	-5,55	-0,629	-3,76
S4Tren	-0,228	-1,75	0,521	2,99
S5Tren	-0,168	-1,39	0,082	0,53
S5Troncal	-0,145	-1,17	-0,179	-1,11
S4Troncal	-0,628	-4,28	-0,419	-1,60
S3Troncal	-0,203	-1,01	-0,180	-0,38
S2Troncal	0,053	0,29	-1,210	-3,97
S1Troncal	-0,253	-1,79	0,746	3,50
Cruza infraestructura				
Cruza tren	0,111	1,31	0,626	4,90
Cruza troncal	0,110	0,84	-0,640	-1,71
Sexo				
Es mujer	-0,112	-1,98	-0,328	-4,03
Edad				
Menor de edad	1,720	15,92	-0,254	-1,72
Adulto joven	-0,456	-6,58	--	--
Adulto mayor	0,169	1,66	-0,312	-2,86
Menor a cargo				
Persona (+18 años) y vive con menor de edad	0,377	5,71	-0,382	-4,06
Laboral				
Día es laboral	-0,382	-5,45	--	--
Licencia				
Tiene licencia de conducir	1,540	22,98	-0,212	-2,06
Disponibilidad auto				
1 o más autos en el hogar	1,800	29,25	-0,163	-1,93

Tabla 6-21. Coeficientes y test-t del modelo de partición modal (continuación)

Fuente: elaboración propia

Variable	Transporte privado		Transporte no motorizado	
	Coefficiente	Test-t	Coefficiente	Test-t
Actividad				
Trabajador	0,231	2,78	--	--
Jubilado	0,285	2,50	--	--
Dueño(a) de casa	--	--	-0,196	-1,87
Propósito viaje				
Trabajar	-0,357	-4,58	-0,215	-1,99
Estudiar	-0,420	-4,71	-0,387	-2,99
Ingreso per cápita hogar				
Medio bajo	0,437	4,09	-0,191	-2,12
Medio	0,633	6,25	--	--
Medio alto	0,776	7,38	-0,248	-2,69
Alto	1,460	11,31	-0,682	-4,14
Altura del hogar				
Altura	-0,057	-4,10	0,037	1,93
Altura ²	0,203	4,38	-0,121	-1,89
Distancia viaje				
Distancia	--	--	-2,850	-22,39
Distancia ²	-0,001	-3,49	0,255	7,34
Distancia viaje transporte público				
Distancia	0,112	9,62	--	--
Distancia ²	-0,004	-8,80	--	--

Los signos y significancia estadística se presentan de manera gráfica en las Figuras 6-6 y 6-7, para el modo no motorizado y privado, respectivamente. A diferencia de los modelos de generación de viajes a nivel de hogar y persona, no se ve un patrón claro sobre la influencia de los sectores sobre la elección de modo. En particular, para los coeficientes de las categorías de la variable de infraestructura para el modo no motorizado, se tiene

que la mayoría no son significativas al 90% y que hay cambios de signos en sectores aledaños.

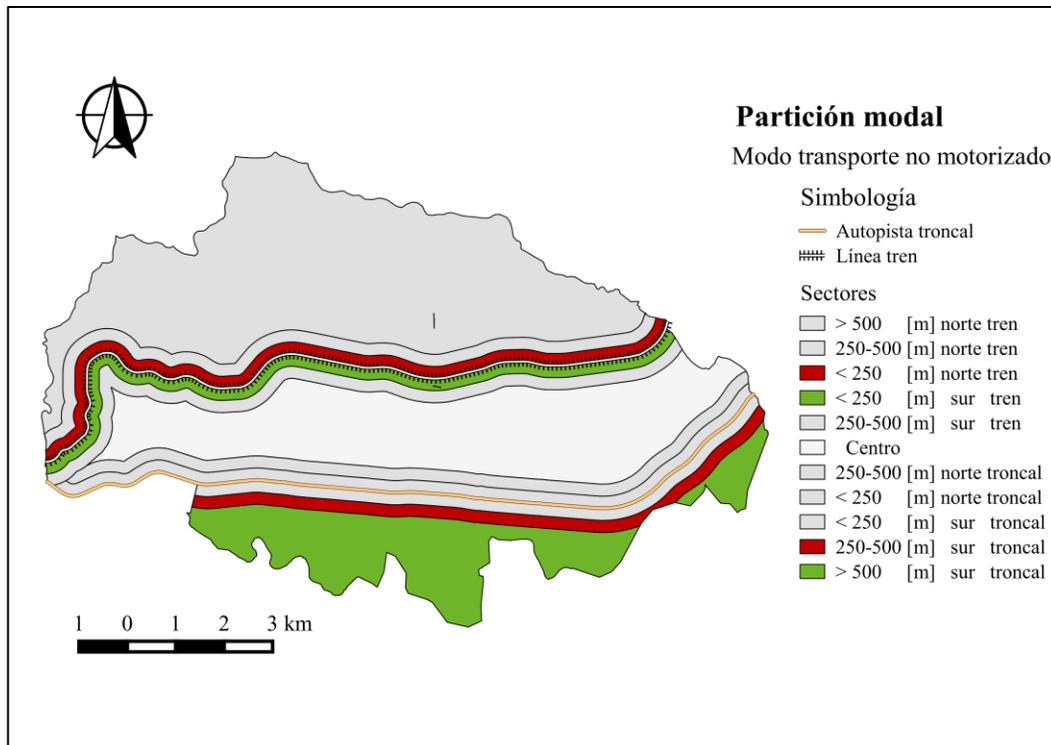


Figura 6-6. Variables significativas modelo de partición modal, modo transporte no motorizado

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

En cambio, para el modo privado seis sectores son significativos al 90%, donde la mayoría son de signo negativo, especialmente cerca de la línea férrea. A pesar de eso, no existe un patrón claro, ya que existe alternancia entre sectores que tienen coeficientes significativos y no significativos al 90%. Además, porque hay cambios de signo al norte del tren.

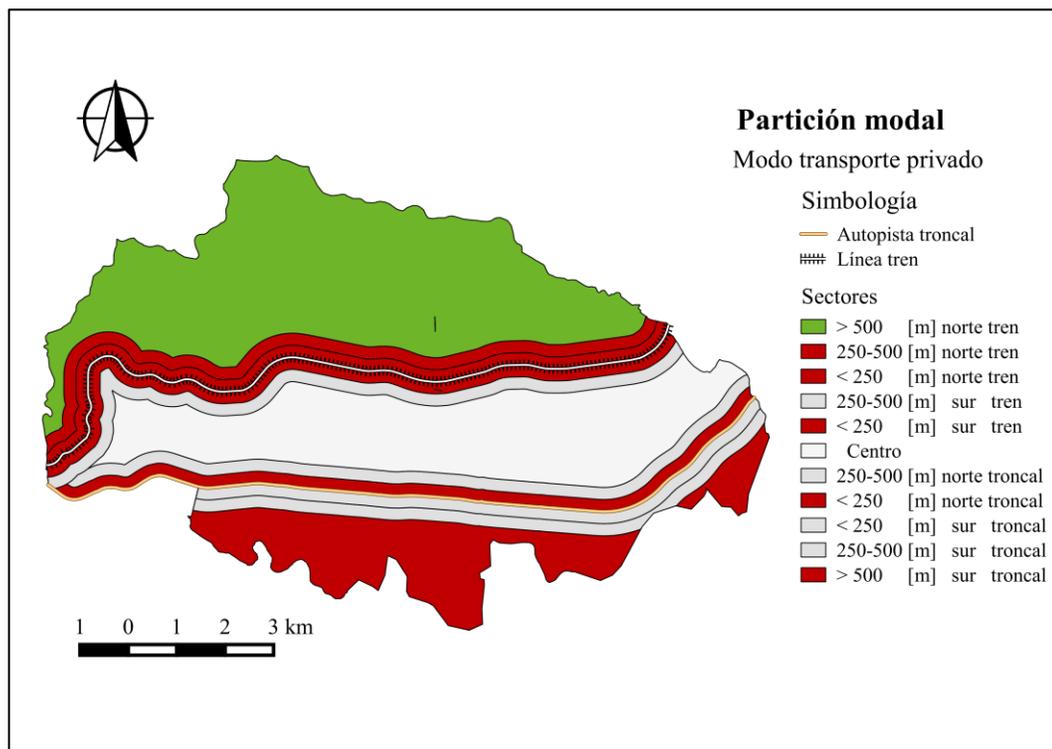


Figura 6-7. Variables significativas modelo de partición modal, modo transporte privado

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis

Sobre las variables que indican que se cruza una infraestructura de transporte, aquellas asociadas al modo privado son positivas, pero no significativas al 90%. En cambio, las variables asociadas al modo no motorizado son significativas y de distinto signo, donde la que indica que se cruzaba el tren tiene signo positivo, mientras que la que indica que se cruzaba la autopista tuvo signo negativo.

El impacto de las variables se verá con mayor detalle en la próxima sección, al estudiar las elasticidades y semielasticidades de las variables continuas y discretas, respectivamente.

6.4.3. Elasticidad y semielasticidad del modelo de partición modal

En las Tablas 6-22 y 6-23 se presentan las semielasticidad de las variables discretas para cada modo de transporte. En adelante, el análisis se centrará en la variable de infraestructura y en aquellas variables que indican que se cruza el tren o el troncal.

Tabla 6-22. Semielasticidades de las variables discretas del modelo logit multinomial

Fuente: elaboración propia

Variable	Modo no motorizado	Modo transporte privado	Modo transporte público
Infraestructura			
S1Tren	-8,0%	19,2%	-13,2%
S2Tren	-4,2%	-20,3%	19,0%
S3Tren	-18,3%	-35,8%	36,5%
S4Tren	-37,1%	-28,8%	-6,4%
S5Tren	10,5%	-13,3%	3,5%
S5Troncal	-6,6%	-5,3%	9,2%
S4Troncal	-7,7%	-32,8%	29,1%
S3Troncal	-4,8%	-9,1%	11,1%
S2Troncal	-78,8%	26,3%	21,2%
S1Troncal	48,8%	-36,5%	-12,1%
Cruza infraestructura			
Cruza el tren	33,8%	-8,7%	-19,6%
Cruza el troncal	-44,8%	21,0%	10,1%

Tabla 6-23. Semielasticidades de las variables discretas del modelo logit multinomial (continuación)

Fuente: elaboración propia

Variable	Modo no motorizado	Modo transporte privado	Modo transporte público
Sexo			
Sexo	-16,8%	0,6%	11,8%
Edad			
Menor de edad	-71,6%	91,4%	-58,2%
Adulto joven	11,0%	-33,0%	12,1%
Adulto mayor	-23,8%	19,4%	2,6%
Menor a cargo			
Persona (+18 años) y vive con menor de edad	-36,0%	33,3%	-3,7%
Laboral			
Día es laboral	12,8%	-24,6%	13,3%
Licencia			
Tiene licencia de conducir	-61,7%	93,2%	-45,5%
Disponibilidad auto			
1 o más autos en el hogar	-57,0%	111,8%	-45,6%
Actividad			
Trabajador	-7,4%	15,4%	-7,6%
Jubilado	-9,2%	18,9%	-9,5%
Dueño(a) de casa	-12,3%	4,8%	4,8%
Propósito viaje			
Trabajar	-2,1%	-18,3%	17,2%
Estudiar	-11,1%	-18,5%	23,2%
Ingreso per cápita hogar			
Medio bajo	-22,4%	36,6%	-6,5%
Medio	-16,7%	44,8%	-17,3%
Medio alto	-35,8%	58,8%	-15,7%
Alto	-81,8%	95,6%	-32,0%

De la Tabla 6-22 se puede observar que no existe un patrón claro sobre el impacto que tienen los distintos sectores sobre la preferencia de un modo u otro, y que la magnitud del cambio de porcentaje está relacionada con las categorías de la variable de infraestructura que son significativas en cada modo. Sobre el análisis que viene a continuación, cuando se habla de aumentos o disminuciones de probabilidades, el punto de referencia es el centro – la base de la variable categórica de infraestructura.

Los impactos de los sectores asociados al tren se pueden clasificar en tres tipos, según el modo de preferencia y los modos de menor preferencia. El primero, corresponde al sector a más de 500 metros al norte del tren, donde existe preferencia por el uso del modo privado, mientras que el resto de los modos bajan su probabilidad de elección. Este sector tiene como destino más frecuente la zona central de la ciudad (40,9%), pero también tiene un alto porcentaje hacia el exterior (32,7%), ambos destinos se podrían considerar lejanos.

Sin embargo, la preferencia de modo privado y no por el transporte público no tienen mayor explicación. Las hipótesis que podrían explicar son varias. La primera, que la altura a la que se encuentren los hogares hace que el acceso al transporte público tenga mayor dificultad física, por lo que tanto los modos no motorizados como el modo transporte público sean menos atractivos. La segunda, que la gente que viva ahí tenga el poder adquisitivo para utilizar el automóvil. La tercera, que el nivel de servicio del transporte público no sea el mejor, por lo que los tiempos de espera o la distancia al lugar para utilizarlos podrían ser poco atractivos para utilizar este modo de transporte. Por último, que efectivamente la infraestructura sea un impedimento para cruzar.

Todas las hipótesis podrían ser factibles, pero las dos primeras están controladas por el modelo, ya que tanto la altura del lugar como el nivel ingreso están incluidos como variables. De las otras dos opciones no habría certeza, ya que, si bien la variable de infraestructura sí es una evidencia a favor de la última opción, no existe evidencia para descartar la tercera hipótesis.

El segundo, corresponden al sector entre 0 y 500 metros al norte del tren (S2Tren y S3Tren), donde existe un aumento de la preferencia por el modo transporte público en desmedro de los otros modos de transporte. En particular, el modo privado tiene la disminución de probabilidad de elección más pronunciada, con 20,3% y 35,8% para los sectores S2Tren y S3Tren, respectivamente.

Este cambio en la preferencia del modo, con respecto al sector S1Tren, se podría explicar por el destino de los viajes que tienen las personas que viven en S2Tren y S3Tren. En la Tabla 6-3 de la sección 6.1.2 se mostró que, para estos dos últimos sectores, la proporción de viajes que las personas hacen hacia su misma zona es más baja al compararlo con S1Tren, con un 17,6% para S2Tren y 18,6% para S3Tren, versus un 25,4% para S1Tren. En cambio, el porcentaje que hacen hacia la zona central es 44,6% y 52,8%, para S2Tren y S3Tren, respectivamente. Por lo tanto, si se considera que la mayoría de los viajes de esos sectores tienen destino la zona central y que la red de metro está más cerca, tiene sentido que vivir en los sectores S2Tren y S3Tren incentive el uso del transporte público.

El tercero, corresponden a los sectores más próximos al centro de la conurbación (S4Tren y S5Tren). En estos sectores existe un aumento en la preferencia de utilizar los modos no motorizados, con un aumento de 37,1% y 10,5% para el sector S4Tren y S5Tren, respectivamente. Este aumento de probabilidades para el modo no motorizado es compensado por la disminución de probabilidades para el modo privado, donde hay una disminución del 28,8% y 13,3% para el sector S4Tren y S5Tren, respectivamente. Este resultado podría explicarse por la cercanía de los sectores al centro de actividades y, considerando que más del 60% de los viajes van hacia la zona central en esos sectores (Tabla 6-3), no es extraño pensar que en estos sectores se utilice más el transporte no motorizado.

Sobre el impacto de los sectores cercanos al troncal, con la excepción del sector a más de 500 metros al sur del troncal, se tiene que aumentan la probabilidad de elección del modo de transporte público y que disminuye la probabilidad del modo no motorizado.

En el caso del S2Troncal, el aumento es mayor para el modo privado (26,3%) y menor para el modo transporte público (21,2%), aunque ambos porcentajes son parecidos. Este aumento de probabilidades es en desmedro del transporte no motorizado, el cual disminuye su probabilidad en un 78,8%. Al observar el destino de los viajes del sector S2Troncal (Tabla 6-3) se tiene que la zona exterior es destino de la mayoría de los viajes (35,6%), por lo tanto, no es extraño que el modo no motorizado tenga una menor utilidad debido a la distancia de viaje.

El sector a más de 500 metros al sur del troncal (S1Troncal) tiene un impacto distinto a los demás sectores, ya que el modelo indica que vivir en este sector aumenta la probabilidad de utilizar los modos no motorizados en un 48,8%, mientras que disminuye la del modo privado en un 36,5%. Este resultado es acorde a lo presentado en la sección 6.1.3, donde se explicó que la partición modal de los viajes no motorizados era alta, pero que el 89,1% de estos viajes eran dentro de la zona sur.

Al analizar las variables asociadas a cruzar o no una infraestructura de transporte, se tiene que, si un viaje implica cruzar el tren, la preferencia del modo no motorizado aumenta en un 33,8%, mientras que el transporte público disminuye en 19,6% su preferencia y el transporte privado disminuye en un 8,7%. Este resultado es acorde con las semielasticidades presentadas para los sectores.

En cambio, si un viaje implica cruzar el troncal, entonces la probabilidad promedio del modo no motorizado disminuye en un 44,8% en favor del modo privado (21,0%) y del modo transporte público (10,1%). Este efecto confirma lo que se mostró anteriormente sobre la baja partición modal del modo no motorizado en la Tabla 6-9, donde se indicó que solo el 1,8% de los viajes utilizan este medio de transporte para cruzar el troncal. Por lo tanto, se tiene que el troncal sí afecta de manera negativa el uso de modos no motorizados en favor de los modos motorizados.

En la Tabla 6-24 se presentan las elasticidades de las variables continuas. Se puede ver que a medida que aumenta la altura, la probabilidad de utilizar modo no motorizado y

transporte público disminuye, en favor del transporte privado. Esto tiene sentido, ya que la dificultad que requiere subir cerros debería afectar negativamente la atraktividad de usar modos que impliquen desplazarse caminando, y esto último incluye al transporte público, ya que también existe una distancia que recorrer para acceder al paradero o calle más cercana por donde pase este modo.

Tabla 6-24. Elasticidades para las variables continuas del modelo logit multinomial
Fuente: elaboración propia

Variable	Transporte no motorizado	Transporte privado	Transporte público
Altura	-0,195	0,459	-0,299
Distancia en modo transporte no motorizado	-1,297	0,401	0,401
Distancia en modo transporte privado	0,004	-0,216	0,103
Distancia en modo transporte público	-0,051	0,165	-0,028

En el caso de la distancia se tiene que los resultados son coherentes. Por ejemplo, a mayor distancia en caminata, menor es la probabilidad de utilizar los modos no motorizados. Lo mismo ocurre para el transporte público. Sin embargo, para el transporte privado, se tiene que una mayor distancia afecta de manera positiva la probabilidad de usar el transporte no motorizado. Este resultado no tiene una explicación clara, pero una posibilidad es que al hacer el promedio para calcular la elasticidad se tengan *outliers* muy positivos que afecten el resultado. Por esto, se podría obtener una elasticidad que es positiva, pero muy cercana al cero.

6.5. Resumen de los resultados

A lo largo de este trabajo se han presentado resultados sobre la generación, elección de modo y destino de los viajes de las personas que viven en la zona de estudio. A continuación, se presenta, de manera resumida, los resultados más importantes sobre el efecto que tienen los distintos sectores sobre el patrón de viajes de las personas que viven en ellos.

1) S1Tren, sector a más de 500 metros al norte del tren

En el Sector S1Tren se generan menos viajes y las personas tienen como destino predilecto ir a la zona central de la ciudad, donde el 39,9% de los viajes cruzan el tren. Sin embargo, el modo transporte privado aumenta su probabilidad de elección con respecto a vivir en el centro. No hay efectos sobre las personas vulnerables.

2) S2Tren, sector entre 250 y 500 metros al norte del tren

En el sector S2Troncal se generan menos viajes y, al igual que el sector S1Tren, las personas tienen como destino predilecto ir a la zona central de la ciudad, donde 45,1% de los viajes cruza el tren. El modo transporte público aumenta su probabilidad de elección con respecto a vivir en el centro. No hay efectos sobre las personas vulnerables.

3) S3Tren, sector a menos de 250 metros al norte del tren

En el sector S3Troncal se generan menos viajes y, al igual que los dos sectores anteriores, las personas tienen como destino predilecto ir a la zona central de la ciudad, donde 51,2% de los viajes cruza el tren. El modo transporte público aumenta su probabilidad de elección con respecto a vivir en el centro. No hay efectos sobre las personas vulnerables.

4) S4Tren, sector a menos de 250 metros al sur del tren

El sector S4Tren es de los sectores que menos viajes genera y su destino predilecto de las personas que viven en él es la zona central de la ciudad. Las personas tienden a no cruzar las infraestructuras de transporte, donde solo 5,8% de los viajes cruza el tren. Además, hay más preferencia por los modos no motorizados, posiblemente por la cercanía al centro de actividades. No hay efectos sobre las personas vulnerables.

5) S5Tren, sector entre 250 y 500 metros al sur del tren

El sector S5Tren genera menos viajes y las personas que viven en él tienen como destino predilecto la zona central de la ciudad. Las personas tienden a no cruzar la infraestructura

de transporte, donde 3,7% de los viajes cruza el tren. Hay más preferencia por los modos no motorizados, posiblemente por la cercanía al centro de actividades. No hay efectos sobre las personas vulnerables.

6) S5Troncal, sector entre 250 y 500 metros al norte del troncal

El sector S5Troncal genera más viajes, aunque la variable asociada no fue significativa. Las personas tienden a no cruzar la infraestructura de transporte, donde solo 2,6% de los viajes cruza el troncal. Este sector no fue significativo en la utilidad de ambos modos de transporte (no motorizado y privado), por lo que estadísticamente no hay diferencias con el transporte público. Este sector, junto con el sector S4Troncal, tiene un efecto positivo sobre la generación de los adultos mayores.

7) S4Troncal, sector a menos de 250 metros al norte del troncal

El sector S4Troncal produce más viajes, donde las personas que viven en él tienen como destino predilecto la zona central de la ciudad. Estos viajes tienen preferencia por el transporte público, y muy baja preferencia por el transporte privado. Pocos viajes cruzan el troncal (2,3%). Este sector, junto con el sector S5Troncal, tiene un efecto positivo sobre la generación de los adultos mayores.

8) S3Troncal, sector a menos de 250 metros al sur del troncal

Los hogares en este sector producen más viajes, donde su sector preferido es la zona central, donde el 49,3% cruza el troncal. Este sector no tuvo significativas las variables asociadas al transporte no motorizado y al transporte privado. Por lo tanto, es un sector que produce más viajes, con preferencia por el transporte público, hacia la zona central de la ciudad. Este sector, en conjunto con S1Troncal y S2Troncal, tienen un efecto negativo sobre la generación de viajes sobre los adultos mayores.

9) S2Troncal, sector entre 250 y 500 metros al sur del troncal

El sector S2Troncal genera más viajes, pero su variable no fue significativa. Las personas que viven en este sector tienen destino de preferencia el exterior (35,6%) y su propia zona (31,1%), por lo que solo 1 de cada 3 viajes tienen como destino la zona central. El modo de preferencia es el transporte privado en desmedro del transporte no. Este sector, en conjunto con S1Troncal y S3Troncal, tienen un efecto negativo sobre la generación de viajes sobre los adultos mayores.

10) S1Troncal, sector a más de 500 metros al sur del troncal

El sector S1Troncal es el que más viajes genera a nivel de hogar. Este destino tiene de preferencia la zona exterior, donde aproximadamente solo 1 de cada 3 viajes cruza el troncal (32,8% del total de viajes). El modo de preferencia es el transporte no motorizado, aunque 89,1% de estos viajes tienen como destino su propia zona. Este sector, en conjunto con S1Troncal y S2Troncal, tienen un efecto negativo sobre la generación de viajes sobre los adultos mayores.

7. CONCLUSIÓN Y FUTURAS INVESTIGACIONES

En esta sección se presentan las conclusiones de esta investigación, junto con las limitaciones y futuras investigaciones que surgen a partir del trabajo realizado.

7.1. Conclusión

En este trabajo se estudió el patrón de viajes de una localidad urbana, para ver si existían diferencias entre los sectores cercanos a grandes infraestructuras de transporte – línea férrea y autopista – en la generación de viajes, elección del modo y preferencia de destino. Este análisis se hizo como un aporte para cuantificar los impactos que podría tener la segregación de la comunidad, como es la supresión de viajes, la preferencia por modos motorizados y el cambio de destino de los viajes como respuesta al atrofiamiento del barrio de las personas.

Los resultados indican que el sector en el que vive la persona sí influye sobre la generación de viajes. Hogares que se encuentran cerca de la línea férrea son afectados negativamente en la generación de viajes, mientras que hogares cercanos al troncal son afectados de manera positiva.

Al considerar todos los viajes de la muestra, los resultados del modelo de partición modal indicaron que no existe un patrón claro en cuanto al impacto de los sectores sobre la elección del modo de transporte. Al analizar por sectores, se pudo ver que en general el modo más favorecido corresponde al modo transporte público. Las dos excepciones corresponden a los sectores más extremos. El sector a más de 500 metros del tren (S1Tren) tiene más preferencia por el transporte privado, mientras que el sector a más de 500 metros al sur del troncal (S1Troncal) tiene preferencia por el transporte no motorizado. Para este último sector, se pudo ver que la mayoría de los viajes en este modo corresponden a viajes dentro de la misma zona.

Así, a partir de este análisis a nivel ciudad sobre todos los viajes de la muestra, no se podría concluir que las infraestructuras de transporte tienen un impacto negativo sobre la elección del modo no motorizado y positivo sobre la elección del modo privado por vivir cerca de estas infraestructuras. De hecho, el análisis indica que el modo más favorecido en estos sectores corresponde al transporte público.

No obstante, es importante mencionar que el análisis preliminar de la partición modal mostró que, de los viajes que implicaban cruzar la autopista, menos del 3% utilizaba el modo no motorizado, mientras que para los viajes que implicaban cruzar la línea férrea este porcentaje era cercano al 19%. Estos resultados son acordes a las semielasticidades obtenidas para las variables que indicaban si se cruzaba el tren (Cruza Tren) o la autopista (Cruza Troncal) en el modelo de partición modal. La variable que indica que el viaje implicó cruzar el tren tuvo un impacto positivo sobre la elección del modo no motorizado, mientras que la que indica que el viaje implicó cruzar el troncal tuvo un impacto negativo.

En cuanto al área de influencia de las infraestructuras, los modelos que mostraron un mejor ajuste fueron aquellos más desagregados, tanto en el modelo de generación de viajes a nivel de hogar, como en los modelos de partición modal. A pesar de ello, no todos los sectores resultaron ser significativos. En ambos casos, el sector a más de 250 metros al norte del troncal no fue significativo al 90%, lo que muestra que en ese sector el impacto en la generación y en la elección de modo no estaría influenciada por la autopista. De esta manera, se puede concluir que el área de influencia de la autopista sobre la generación de viajes y la elección de modo es solo hasta 250 metros al norte de esta.

Una limitación de esta conclusión es que la definición de los sectores de análisis se hizo *a priori* a decisión del modelador, por lo que podrían haber existido configuraciones de los sectores que ajustaran mejor. Por ejemplo, se podría considerar el ancho de los sectores distintos a 250 metros o considerar los sectores no simétricos, donde a cierto lado de las infraestructuras se les da un ancho, y al otro lado uno distinto.

Un punto importante que se debe considerar es que, tal como se dijo en el Capítulo 2, grandes infraestructuras pueden atrofiar los barrios, es decir, que las personas orienten lo que consideran su vecindario hacia su lado de la barrera. Este atrofiamiento se puede ver al analizar los viajes que impliquen cruzar una infraestructura de transporte. De este análisis, se concluye que este atrofiamiento podría existir por dos razones principales.

La primera es que efectivamente los viajes que cruzan alguna infraestructura de transporte son menos en la dirección opuesta a la zona central, es decir, cuando se trata de viajes que implican cruzar desde la zona central al sur o de la zona central al norte – sin considerar viajes con propósito volver al hogar. De esta manera, existiría una desconexión entre ambos barrios que se encuentran a cada lado de la barrera.

La segunda es que, en el caso de la autopista, la cantidad de viajes que se realizan para cruzar la infraestructura son mucho menores que los que implican cruzar el tren. Si a eso se suma que el destino de los viajes para los sectores más al sur son zonas exteriores a la zona de estudio, entonces se tiene que la autopista tiene un efecto segregador mucho mayor en términos de la división que hace entre la comunidad cautiva (zona Sur) y el resto de la comunidad.

En cuanto al impacto de las infraestructuras de transporte sobre las personas vulnerables, modelos indicaron que no existen diferencias en la generación de viajes de los menores de edad y las mujeres. En el caso de los adultos mayores, se tiene que solo existe un impacto negativo para las personas que viven al sur del troncal y positivo para las personas que viven a menos de 500 metros al norte del troncal. En cuanto a la elección de modo, no se pudo comprobar que hubiese diferencias, ya que la inclusión de interacciones hubiese aumentado la cantidad de observaciones necesarias para obtener la significancia estadística.

Finalmente, al estudiar la segregación de la comunidad que potencialmente podrían causar las grandes infraestructuras de transporte, se concluye que el análisis de la generación, elección de modo y destino de los viajes se debe realizar de manera conjunta. Un análisis

parcial de alguno de estos indicadores no hubiese sido suficiente para entender el patrón de viajes de las personas y cómo este estaría afectado por las barreras.

7.2. Limitaciones y futuras investigaciones

Para analizar el patrón de viajes y cómo se ve afectado por grandes infraestructuras de transporte, se pueden incorporar diversos elementos dentro del análisis. Por una parte, el uso de suelo de la ciudad (metros cuadrados de comercio, salud, entre otros servicios) puede tener un impacto relevante sobre la distribución de los viajes y el nivel de accesibilidad. A pesar de que este trabajo analizó la atractividad de las zonas a partir del número de viajes atraídos, queda pendiente la incorporación del uso de suelo o indicadores de accesibilidad de forma explícita dentro de los modelos de modo de cuantificar su impacto.

Por otra parte, podría estudiarse las rutas de viaje utilizadas por las personas. Como se mostró en la literatura, la elección de ruta también se podría ver afectada por la infraestructura. Sin embargo, este análisis conlleva tener información sobre la red y hacer supuestos sobre la forma de elección. Este tipo de análisis no se puede obtener únicamente de la EOD, pero sería interesante de analizar para complementar los resultados obtenidos en esta investigación.

Dentro de las limitaciones de esta investigación fue no incorporar la información de los modos de transporte en los modelos de partición modal. Características como el costo, el tiempo de viaje, el tiempo de espera, entre otros, podrían enriquecer los modelos y aislar de mejor manera el efecto de las variables categóricas de infraestructura sobre la elección del modo.

Además, como el modelo estaba enfocado en las variables socioeconómicas y en los sectores, se limitó el número de modos de transporte para obtener mayor cantidad de observaciones para cada uno. Esto tuvo como limitación que se consideraran modos distintos dentro de la misma categoría. Por ejemplo, bicicleta y caminata fueron

considerados como modos no motorizados, aun cuando tienen velocidades, disponibilidad y dificultades distintas para las personas.

Finalmente, la limitación más importante de esta investigación es que depende en gran medida del contexto de estudio. Sin embargo, si bien sus resultados no son extrapolables, se podría utilizar el mismo método en otra ciudad que tenga una autopista o línea férrea a nivel para comparar los resultados. Así, se podrían obtener otros factores que afecten el patrón de viajes de las personas que viven cerca de una gran infraestructura de transporte y de esta manera, profundizar más sobre los impactos de la segregación de la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

Anciaes, P. R. (2011). *Urban transport, pedestrian mobility and social justice: a GIS analysis of the case of the Lisbon Metropolitan Area*. Doctoral dissertation, The London School of Economics and Political Science (LSE).

Anciaes, P. R., Boniface, S., Dhanani, A., & Groce, N. (2014a). Initiating dialogue between stakeholders and establishing a common language for community severance through cross-disciplinary workshops. Street Mobility and Network Accessibility Working Paper Series, 1. University College London, London. Retrieved from https://www.ucl.ac.uk/street-mobility/docs/ucl_streetmobility_paper01

Anciaes, P.R., Jones, P., & Mindell, J.S. (2014b). Quantifying community severance. Street Mobility and Network Accessibility Working Paper Series, 2. University College London, London. Retrieved from https://www.ucl.ac.uk/street-mobility/docs/ucl_streetmobility_paper02

Anciaes, P.R. (2015) What do we mean with community severance?. Street Mobility and Network Accessibility Working Paper Series, 4. University College London, London. Retrieved from https://www.ucl.ac.uk/street-mobility/docs/ucl_streetmobility_paper04

Anciaes, P. R., Boniface, S., Dhanani, A., Mindell, J. S., & Groce, N. (2016a). Urban transport and community severance: linking research and policy to link people and places. *Journal of Transport & Health*, 3(3), 268-277.

Anciaes, P. R., Jones, P., & Mindell, J. S. (2016b). Community severance: where is it found and at what cost?. *Transport Reviews*, 36(3), 293-317.

Anciaes, P. R., Jones, P., & Metcalfe, P. J. (2018). A stated preference model to value reductions in community severance caused by roads. *Transport policy*, 64, 10-19.

Appleyard, D., & Lintell, M. (1972). The environmental quality of city streets: the residents' viewpoint. *Journal of the American Institute of Planners*, 38(2), 84-101.

Appleyard, D., Gerson, M. S., & Lintell, M. (1981). *Livable streets*. Berkeley: University of California Press.

Asher, L., Aresu, M., Falaschetti, E., & Mindell, J. (2012). Most older pedestrians are unable to cross the road in time: a cross-sectional study. *Age and ageing*, 41(5), 690-694.

Bradbury, A., Tomilnson, P., & Millington, A. (2007). Understanding the evolution of community severance and its consequences on mobility and social cohesion over the past century. In *PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN TRANSPORT CONFERENCE (ETC) 2007 HELD 17-19 OCTOBER 2007, LEIDEN, THE NETHERLANDS*.

Boniface, S., Scantlebury, R., Watkins, S. J., & Mindell, J. S. (2015). Health implications of transport: evidence of effects of transport on social interactions. *Journal of Transport & Health*, 2(3), 441-446.

Cameron, A.C. & Trivedi, P.K. (2013). *Regression Analysis of Count data*. Segunda Edición, Cambridge University Press, New York.

Cervero, R., & Duncan, M. (2003). Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from the San Francisco Bay Area. *American journal of public health*, 93(9), 1478-1483.

Clark, J. M., Hutton, B. J., Burnett, N., Hathway, A., & Harrison, A. (1991). *The Appraisal of Community Severance*. Transport and Road Research Laboratory (Crowthorne, UK), Report #135.

Cleary, J. (2016). Review of non-academic literature and resources relating to community severance. Street Mobility and Network Accessibility Working Paper Series, 6. University College London, London. Retrieved from https://www.ucl.ac.uk/street-mobility/docs/ucl_streetmobility_paper06

Cohen, J. M., Boniface, S., & Watkins, S. (2014). Health implications of transport planning, development and operations. *Journal of Transport & Health*, 1(1), 63-72.

DiGiuseppi, C., Roberts, I., Li, L., & Allen, D. (1998). Determinants of car travel on daily journeys to school: cross sectional survey of primary school children. *Bmj*, 316(7142), 1426-1428.

Dyett, L. (2010). Community severance on the A4 Great West Road. Master of Science Thesis. Transport Planning and Management, University of Westminster.

Egan, M., Petticrew, M., Ogilvie, D., & Hamilton, V. (2003). New roads and human health: a systematic review. *American journal of public health*, 93(9), 1463-1471.

Garrard, J., Rose, G., & Lo, S. K. (2008). Promoting transportation cycling for women: the role of bicycle infrastructure. *Preventive medicine*, 46(1), 55-59.

Garrod, G.D., Scarpa, R. & Willis K.G. (2002). Estimating the benefits of traffic calming on through routes: a choice experiment approach. *J Transport Econ Policy*. 2002; 36(2): 211–231

Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2), 127-140.

Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Pearson Education India.

Greene, W. H., & Hensher, D. A. (2010). *Modeling ordered choices: A primer*. Cambridge University Press.

Grigg, A.O., & Ford, W.G. (1983). Review of some effects of major roads on urban communities. TRRL Supplementary Report 778. London: Department of the Environment, Department of Transport.

Grisolía, J. M., & López, F. (2011). Valuing amenities to reduce community severance. In Proceedings of the European Association of Environmental and Resource Economists, 18th Annual Conference (Vol. 29).

Grisolía, J. M., López, F., & de Dios Ortúzar, J. (2015). Burying the highway: The social valuation of community severance and amenity. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(4), 298-309.

Grudemo, S., Ivehammar, P., & Sandström, J., (2002). Beräkningsmodell för Infrastrukturinvesteringars Intrångskostnader. VTI meddelande 939–2002. Vag Och Transportforskningsinstitut [Swedish National Road and Transport Research Institute], Linköping, Sweden. Disponible en: https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/berakningsmodell-for-infrastrukturinvesteringars-i_673731 [en sueco]

Guimpert, I., & Hurtubia, R. (2018). Measuring, understanding and modelling the Walking Neighborhood as a function of built environment and socioeconomic variables. *Journal of Transport Geography*, 71, 32-44.

Guo, X., & Black, J. (2000). Traffic flow causing severance on urban street. In *Traffic and Transportation Studies*, pp. 628-635.

Guo, X., Black, J., & Dunne, M. (2001). Crossing pedestrians and dynamic severance on urban main roads. *Road & Transport Research*, 10(3), 84.

Handy, S. (2003). Amenity and severance. *Handbook of Transport and the Environment*, 117-140.

Hilbe, J.M. (2007). *Negative Binomial Regression*. Cambridge University Press.

Hine, J. (1996). Pedestrian travel experiences: Assessing the impact of traffic on behaviour and perceptions of safety using an in-depth interview technique. *Journal of Transport Geography*, 4(3), 179-199.

Hodgson, F., Page, M., & Tight, M. (2004). A review of the factors which influence pedestrian use of the streets. Task 1 Report for an EPSRC funded project on Measuring Pedestrian Accessibility. Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, UK. Available from http://eprints.whiterose.ac.uk/2337/1/ITS_WP581_uploadable.pdf

Holland, C., & Hill, R. (2007). The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accident Analysis & Prevention*, 39(2), 224-237.

Hoxie, R. E., & Rubenstein, L. Z. (1994). Are older pedestrians allowed enough time to cross intersections safely?. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(3), 241-244.

Howie, P., Murphy, S. M., & Wicks, J. (2010). An application of a stated preference method to value urban amenities. *Urban Studies*, 47(2), 235-256.

Hunt, J., & Williams, S. (1982). Delays to pedestrians crossing the road at a random point. *Traffic Engineering & Control*, 23(4).

Huntsinger, L. F., Roupail, N. M., & Bloomfield, P. (2013). Trip generation models using cumulative logistic regression. *Journal of Urban Planning and Development*, 139(3), 176-184.

Hydén, C., Nilsson, A., & Risser, R. (1998). How to enhance WALKing and CYcliNG instead of shorter car trips and to make these modes safer. Public. Deliverable D6. Walcyng Contract No: UR-96-SC. 099. 3138/3000.

Iacono, M., Krizek, K. J., & El-Geneidy, A. (2010). Measuring non-motorized accessibility: issues, alternatives, and execution. *Journal of Transport Geography*, 18(1), 133-140.

IIG Consultores & APPTA Consultores Ltda. (2015). *Diagnóstico Interconexión Vial Norte-Sur Quilpué-Villa Alemana* (Informe Final). Recuperado de biblioteca de SECTRA: <http://www.sectra.gob.cl/biblioteca/detalle1.asp?mf=3351>

James, E., Millington, A., & Tomlinson, P. (2005). Understanding community severance part 1: Views of practitioners and communities. Report for UK Department for Transport.

Kang, C. D., & Cervero, R. (2009). From elevated freeway to urban greenway: land value impacts of the CGC project in Seoul, Korea. *Urban Studies*, 46(13), 2771-2794.

Kelly, C. E., Tight, M. R., Page, M. W., & Hodgson, F. C. (2007). Techniques for Assessing the Walkability of the Pedestrian Environment. Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK.

Kelly, C. E., Tight, M. R., Hodgson, F. C., & Page, M. W. (2011). A comparison of three methods for assessing the walkability of the pedestrian environment. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1500-1508.

Kenyon, S., Lyons, G., & Rafferty, J. (2002). Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. *Journal of Transport Geography*, 10(3), 207-219.

King, R. A., & Blackmore, K. L. (2013). Physical and political boundaries as barriers to the continuity of social vulnerability. *Applied Geography*, 44, 79-87.

Kuzmyak, J., Baber, C., & Savory, D. (2006). Use of walk opportunities index to quantify local accessibility. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1977), 145-153.

Langlois, J. A., Keyl, P. M., Guralnik, J. M., Foley, D. J., Marottoli, R. A., & Wallace, R. B. (1997). Characteristics of older pedestrians who have difficulty crossing the street. *American journal of public health*, 87(3), 393-397.

Larrañaga, A., Rizzi, L., Arellana, J., Strambi, O., & Cybis, H., (2016). The influence of built environment and travel attitudes on walking: a case study of Porto Alegre, Brazil. *Int. J. Sustain. Transp.* 10 (4), 332–342. <https://doi.org/10.1080/15568318.2014.933986>

Lee, T., & Tagg, S. (1976). The social severance effects of major urban roads. In *Transportation planning for a better environment*(pp. 267-281). Springer, Boston, MA.

Lee, J., & Sohn, K. (2014). Identifying the impact on land prices of replacing at-grade or elevated railways with underground subways in the Seoul metropolitan area. *Urban Studies*, 51(1), 44-62.

Leyden, K.M. (2003). Social capital and the built environment: the importance of walkable neighborhoods. *American Journal of Public Health* 93 (9), 1546–1551.

Litman, T. (2012). Transportation Cost and Benefit Analysis II – Barrier Effect. Victoria Transport Policy Institute. Disponible en: <http://www.vtpi.org/tca/tca0513.pdf>.

Loir, C., & Icher, J. (1983). Les effets de coupure de voies routières et autoroutières en milieu urbain et périurbain. *CETUR-CETE de Bordeaux, France*.

Lucas, K., Grosvenor, T., & Simpson, R. (2001). Transport, the environment and social exclusion. Report for the Joseph Rowntree Foundation. York Publishing Services, York. Obtenido de: <http://www.jrf.org.uk/publications/environment-and-equity-concerns-about-transport>

McDonald, N. (2006). Exploratory analysis of children's travel patterns. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1977, 1-7.

McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. In P. Zarembka (ed.), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, New York.

Meltofte, K. R., & Nørby, L. E. (2013). Vejen som barriere for fodgængere [The road as a barrier for pedestrians]. Trafikdage på Aalborg Universitet 2013 [Proceedings from the Aalborg University Annual Transport Conference]. Disponible en: <https://www.trafikdage.dk/td/papers/papers13/KatrineRabjergMeltofte.pdf> [en Danés]

Mindell, J. S., & Karlsen, S. (2012). Community severance and health: what do we actually know?. *Journal of urban health*, 89(2), 232-246.

Mitchell, R., & Lee, D. (2014). Is there really a “wrong side of the tracks” in urban areas and does it matter for spatial analysis?. *Annals of the Association of American Geographers*, 104(3), 432-443.

Mouette, D., & Waisman, J. (2004). Proposta de uma metodologia de avaliação do efeito barreira. *Revista dos Transportes Públicos-RTP* 102, 33-54.

Nimegeer, A., Thomson, H., Foley, L., Hilton, S., Crawford, F., Ogilvie, D., & M74 study team. (2018). Experiences of connectivity and severance in the wake of a new motorway: Implications for health and well-being. *Social Science & Medicine*, 197, 78-86.

Oliva, I., Galilea, P., & Hurtubia, R. (2018). Identifying cycling-inducing neighborhoods: A latent class approach. *International Journal of Sustainable Transportation*, 1-13.

Ortúzar, J. de D. & Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport*. Cuarta Edición, John Wiley & Sons.

Owen, N., Humpel, N., Leslie, E., Bauman, A., & Sallis, J. F. (2004). Understanding environmental influences on walking: review and research agenda. *American journal of preventive medicine*, 27(1), 67-76.

Quigley, R., & Thornley, L. (2011). Literature review on community cohesion and community severance: Definitions and indicators for transport planning and monitoring. Report to New Zealand Transport Agency. Wellington: Quigley and Watts Ltd

Rajé, F. (2003). The impact of transport on social exclusion processes with specific emphasis on road user charging. *Transport policy*, 10(4), 321-338.

Rajé, F. (2004). Engineering social exclusion? Poor transport links and severance. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer* 157 (4), 267-273. DOI: <http://dx.doi.org/10.1680/muen.2004.157.4.267>

Tate, F. N. (1997). *Social severance (Research Report No.80)*. Wellington: Transfund New Zealand.

SECTRA (2016). *Encuesta Origen – Destino del Gran Valparaíso*. Coordinación de Planificación y Desarrollo, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile.

Sauter, D., & Huettnermoser, M. (2008). Livable streets and social inclusion. *Urban Design International* 13 (2), 67-79.

Soguel, N. C. (1995). Costing the traffic barrier effect: A contingent valuation survey. *Environmental and Resource Economics*, 6(3), 301-308.

Tight M. R., Kelly C., Hodgson F. C., & Page M. (2004). Improving pedestrian accessibility and quality of life. 10th World Conference on Transport Research. Istanbul, Turkey. July 4-8, 2004.

Tiznado-Aitken, I., Muñoz, J. C., & Hurtubia, R. (2018). The Role of Accessibility to Public Transport and Quality of Walking Environment on Urban Equity: The Case of Santiago de Chile. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. DOI: <https://doi.org/10.1177/0361198118782036>.

Vale, D. S., Saraiva, M., & Pereira, M. (2015). Active accessibility: A review of operational measures of walking and cycling accessibility. *Journal of Transport and Land Use*, 9(1).

Vaughan, L. (2007). The spatial syntax of urban segregation. *Progress in Planning*, 67(3), 199-294.

Washington, S., Karlaftis, M. & Mannering, F. (2003). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*. CRC Press.

ANEXOS

Anexo A. Cruces habilitados en las infraestructuras de transporte

En este anexo se presentan ejemplos de los cruces habilitados en la línea férrea y en la autopista. El número y ubicación de los cruces se hizo mediante inspección visual en Google Street View y, en el caso de la línea férrea, se utilizó de apoyo el informe “Diagnóstico Interconexión Vial Norte-Sur Quilpué-Villa Alemana” entregado por IIG Consultores y APPTA Consultores Limitada (2015) para SECTRA.

En el caso de la línea férrea, existen tanto pasos vehiculares como peatonales. Los cruces vehiculares pueden tener división entre flujos peatonales y vehiculares (ver Figura A-1), contar con acera, pero sin barreras que dividan los flujos (ver Figura A-2) y no tener medidas de seguridad para los peatones (ver Figura A-3).



Figura A-1. Cruce a través de Baquedano por calles C. Vicuña a G. Velásquez (Quilpué)
Fuente: IIG Consultores y APPTA Consultores Ltda (2015)



Figura A-2. Cruce por Gómez Carreño (Quilpué)
Fuente: IIG Consultores y APPTA Consultores Ltda (2015)



Figura A-3. Cruce camino troncal antiguo (Quilpué)
Fuente: IIG Consultores y APPTA Consultores Ltda (2015)

Los pasos peatonales de la línea férrea pueden ser sobre nivel a través de escaleras (ver Figura A-4) o bajo nivel, a través de cruces habilitados con ramplas (ver Figura A-5).



Figura A-4. Escalera sobre nivel (Quilpué)
Fuente: Google Street View



Figura A-5. Cruce peatonal bajo nivel (Villa Alemana)
Fuente: Google Street View

En el caso de la autopista, solo se presentan cruces vehiculares. De los 15 pasos, la mayoría son como los que se muestran en la Figura A-6, donde no existe división entre los flujos peatonales y vehiculares. Solo dos pasos vehiculares – los que son cruces en intersección tipo trébol – tienen baranda para separar los flujos peatonales de los vehiculares (ver Figura A-7).



Figura A-6. Cruce vehicular sobre nivel en la autopista
Fuente: Google Street View



Figura A-7. Cruce bajo nivel en intersección en trébol en autopista
Fuente: Google Street View

Anexo B. Destino de los viajes para cada sector, sin propósito “volver al hogar”

En este anexo se presentan, para cada sector de la sectorización del Escenario A, los viajes en cada modo de transporte, sin considerar propósito “volver al hogar”.

Tabla B-1. Destino de los viajes de las personas que viven en S1Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	119	49	1	8	177
Privado	51	150	6	106	313
Público	37	134	1	152	324
Total	207	333	8	266	814

Tabla B-2. Destino de los viajes de las personas que viven en S2Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	38	39	0	6	83
Privado	12	49	0	45	106
Público	12	69	2	80	163
Total	62	157	2	131	352

Tabla B-3. Destino de los viajes de las personas que viven en S3Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	28	71	0	7	106
Privado	21	51	0	21	93
Público	23	83	1	82	189
Total	72	205	1	110	388

Tabla B-4. Destino de los viajes de las personas que viven en S4Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	3	114	0	5	122
Privado	10	61	0	50	121
Público	10	71	1	74	156
Total	23	246	1	129	399

Tabla B-5. Destino de los viajes de las personas que viven en S5Tren, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	0	131	0	2	133
Privado	7	95	5	39	146
Público	7	71	0	60	138
Total	14	297	5	101	417

Tabla B-6. Destino de los viajes de las personas que viven en el centro, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	17	787	1	41	846
Privado	83	686	11	269	1049
Público	69	730	16	496	1311
Total	169	2203	28	806	3206

Tabla B-7. Destino de los viajes de las personas que viven en S5Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	0	106	0	0	106
Privado	5	72	5	22	104
Público	7	130	5	48	190
Total	12	308	10	70	400

Tabla B-8. Destino de los viajes de las personas que viven en S4Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	1	28	0	1	30
Privado	3	58	0	31	92
Público	7	66	5	38	116
Total	11	152	5	70	238

Tabla B-9. Destino de los viajes de las personas que viven en S3Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	0	2	8	1	11
Privado	9	42	4	12	67
Público	2	14	1	26	43
Total	11	58	13	39	121

Tabla B-10. Destino de los viajes de las personas que viven en S2Troncal según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	0	6	13	0	19
Privado	0	17	24	25	66
Público	0	21	4	22	47
Total	0	44	41	47	132

Tabla B-11. Destino de los viajes de las personas que viven en S1Troncal, según modo de transporte y sin considerar viajes con propósito volver al hogar.

Fuente: elaboración propia con información de SECTRA (2016)

Modo	Norte	Central	Sur	Exterior	Total
No motorizado	0	6	107	7	120
Privado	10	98	38	68	214
Público	2	64	4	98	168
Total	12	168	149	173	502