



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

ESCUELA DE INGENIERIA

**MODELACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL
BARRIO CAMINABLE EN BASE A
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES Y
ATRIBUTOS DEL ENTORNO CONSTRUIDO**

IGNACIO ALBERTO GUIMPERT VALENZUELA

Tesis para optar al grado de

Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:

RICARDO HURTUBIA GONZÁLEZ

Santiago de Chile, Enero, 2018

© 2018, Ignacio Alberto Guimpert Valenzuela



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

ESCUELA DE INGENIERIA

MODELACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL BARRIO CAMINABLE EN BASE A CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES Y ATRIBUTOS DEL ENTORNO CONSTRUIDO

IGNACIO ALBERTO GUIMPERT VALENZUELA

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

RICARDO HURTUBIA GONZÁLEZ

SEBASTIÁN RAVEAU FELIÚ

RODRIGO MORA VEGA

RODRIGO CIENFUEGOS

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

Santiago de Chile, Enero, 2018

*“A quienes, con responsabilidad y cariño,
han entregado tiempo y afecto en mi
formación profesional y valórica”*

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, quiero agradecer a mi profesor supervisor, Ricardo Hurtubia por guiar y apoyar mi trabajo. A Sebastián Raveau por su orientación respecto a modelos de elección discreta. A Tomás Cox, quien fue un gran apoyo en todo lo asociado a SIG. A Hans Lobel por su ayuda con bases de datos y Stefan Steiniger por su apoyo desde CEDEUS. A todos los profesores del departamento de Transporte, la formación académica que entregan es de excelencia y no puedo sentirme más agradecido porque me hayan presentado lo que hoy me apasiona: el Transporte.

Mi más profundo agradecimiento a la gente que me quiere, a mi Padre y a mi Madre, por enseñarme sobre esfuerzo y pasión, valores fundamentales en el desarrollo de esta tesis. Agradezco la compañía de toda mi familia, a mis hermanas y hermano, mis sobrinas y sobrino. También a mis amigos y amigas, siempre ahí dispuestos para generar espacios de distensión tan necesarios y relevantes para poder sobre llevar bien el trabajo. Al Lelo, por ser una inspiración en mi intención de darle un foco social a mi investigación y a mi Tío Juan, por estar siempre ahí conmigo. Agradezco especialmente a Rosario Soto, por ser una tremenda polola y compañera, por apoyarme todo el año en el desarrollo de la tesis.

A Thomas Pryce por el desarrollo de la aplicación. A quienes encuestaron conmigo, sobre todo a Romina Yacometti. A Isidora Montecinos, por leer mi tesis y ayudarme con la redacción y a Nicolás Cabañas por su ayuda con las bases de datos del censo.

Quiero agradecer al Enano Buonanotte y al Nico Castillo por regalarnos el ansiado bicampeonato, Al Milo, a Álvarez, Toselli y al Gary por ser cruzados. Gracias por todo franja querida, gracias a la República Cruzada.

Agradecimientos especiales a CONICYT por financiar el proyecto “AccesoBarrio” (Conicyt / Fondecyt / 1150239), en el cual se enmarca el trabajo de mi tesis. A CEDEUS (CEDEUS, CONICYT/FONDAP 15110020) y el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (ICM: P-05-004-F, CONICYT: FBO16).

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Estructura del documento.....	4
2. El BARRIO CAMINABLE Y SU ROL SOCIAL.....	5
2.1 Causas y efectos de la caminata	5
2.2 Definición de barrio.....	12
2.3 Accesibilidad	14
2.4 Espacio Público y Sentido de comunidad	16
2.5 El Barrio Caminable y su rol en el comportamiento	16
3. METODOLOGÍA	21
3.1 Definición de variables.....	21
3.1.1 Variables asociadas al espacio	21
3.1.2 Variables asociadas al individuo.....	23
3.2 Formulación de modelación	24
3.2.1 Modelo de elección discreta.....	24
3.2.2 Función de utilidad	26
3.2.3 Agregación.....	27
3.2.4 Accesibilidad.....	27
3.3 Simulación y aplicabilidad.....	29
4. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	31

4.1	Entorno construido	32
4.1.1	Selección de áreas de estudio.....	32
4.1.2	Entorno construido: Área por tipo de uso de suelo.....	34
4.1.3	Entorno construido: Construcciones particulares	37
4.1.4	Red vial, distancias sobre la red y barreras	37
4.2	Información desagregada de individuos: Encuesta.....	39
4.2.1	Desarrollo de aplicación para encuesta.....	39
4.2.2	Diseño y estructura de encuesta.....	40
4.2.3	Ejecución encuesta.....	41
4.2.4	Descripción y análisis de la muestra	42
4.3	Información de individuos para testeo.....	47
4.3.1	Censo 2012: Fundamentación y utilidad.....	47
4.3.2	Información requerida.....	48
4.3.3	Extracción de información.....	48
5.	RESULTADOS	49
5.1	Construcción del conjunto de decisiones.....	49
5.2	Estimación de modelos.....	54
5.3	Discusión.....	57
5.4	Accesibilidad	60
5.5	Validación	63
6.	CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CENTRAL	67
6.1.	Definición del proyecto.....	67
6.2.	Descripción área de estudio	71
6.2.1.	Análisis del espacio.....	71
6.2.2.	Análisis de la población.....	72
6.3.	Efectos sobre Pijn.....	74
6.4.	Efectos sobre E(Bi).....	76

7.	CONCLUSIONES.....	80
7.1.	Cumplimiento de objetivos	80
7.2.	Alcances e implicancias	81
7.3.	Futuras líneas de investigación.....	83
7.3.1.	Metodología	83
7.3.2.	Recolección de información.....	84
7.3.3.	Aplicabilidad social.....	84
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS.....	94
	Anexo A: Formulación Accesibilidad	95
	Anexo B: Diseño encuesta	97
1.	Preparación en terreno.....	97
2.	Contenido Encuesta.....	99
	Anexo C: Respuestas encuesta	105
1.	Información declarada de muestra.....	105
2.	Distribución espacial muestra	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Distribución de los US\$ 3,484 Millones de gasto fiscal en proyectos de transporte en Santiago (2010-2016).....	6
Tabla 2-2: Variables socioeconómicas y su influencia en la caminata reportadas en la literatura (+: Signo Positivo, -: Signo Negativo)	8
Tabla 2-3: Parámetros del Entorno Construido usados en la literatura	9
Tabla 2-4: Componentes de la accesibilidad	14
Tabla 2-5: Categorías de medidas de accesibilidad	15
Tabla 4-1: Análisis descriptivo del entorno construido	34
Tabla 4-2: Descripción de información obtenida a través de encuesta. Al lado de cada conjunto, se señala en paréntesis el tipo de variable que corresponde según la clasificación hecha en la sección 3.1.2	41
Tabla 4-3: Estadísticas descriptivas de la muestra por sector	42
Tabla 4-4: Categorías de ingreso y su frecuencia en la muestra	43
Tabla 4-5: Tasa de viajes a pie persona	45
Tabla 5-1: Estadígrafos de decisiones positivas	50
Tabla 5-2: Resumen de estadísticas descriptivas de la cantidad de observaciones	53
Tabla 5-3: Resultados Modelo Predictivo.....	55
Tabla 5-4: Resultados modelo Descriptivo.....	56
Tabla 5-5: Parámetros accesibilidad	61
Tabla 5-6: Características de individuos a analizar para accesibilidad.....	61
Tabla 5-7: Resultados modelo de Validación	63
Tabla 6-1: Características de individuos a estudiar	74

Tabla 6-2: Mapa de calor del barrio caminable de individuos representativos 75

Tabla 0-1: Resumen de actividades realizadas a pie..... 105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Diagrama de relación de influencias urbanas	18
Figura 4-1: Diagrama de flujos de información.....	31
Figura 4-2: Sectores de encuesta.....	33
Figura 4-3: Proceso de parametrización de superficie por tipo de uso de suelo.....	35
Figura 4-4: Distribución de comercio en sector alto.....	36
Figura 4-5: Distancias euclidianas (izquierda) vs Distancias sobre la red (derecha)	38
Figura 4-6: Vías Primarias y Bloques en el Sector alto	38
Figura 4-7: Imagen de aplicación. A la izquierda pregunta de marcar puntos sobre el mapa y a la derecha de dibujos sobre el mapa.....	40
Figura 4-8: Gráfico de cajas para la superficie del barrio caminable en cada sector.....	43
Figura 4-9: Ejemplos de respuesta de barrios	44
Figura 4-10: Tamaño de barrio por categoría de ingresos	44
Figura 4-11: Actividades promedio realizada a pie por individuo en cada sector y por tipo	45
Figura 4-12: Frecuencia promedio de acceso a actividades realizadas a pie por individuo en cada sector y por tipo	46
Figura 5-1: Ejemplo de barrio intersectado con grilla	50
Figura 5-2: Ejemplo de barrio con decisiones sobre celdas resaltadas.....	52
Figura 5-3: Función de densidad del parámetro de distancia	59
Figura 5-4: Función Acumulada del parámetro de distancia.....	59
Figura 5-5: Evaluación de accesibilidad a los Comercio (C) y Áreas Verdes (P), para tres personas.....	62

Figura 5-6: Barrio declarado y barrio modelado de primera persona	65
Figura 5-7: Barrio declarado y barrio modelado de primera persona	66
Figura 6-1: Sector de simulación	68
Figura 6-2: Superficie de áreas verdes en sector de simulación en situación base.....	69
Figura 6-3: Superficie de áreas verdes en sector de simulación en situación con proyecto	69
Figura 6-4: Bloques en sector de simulación sin proyecto	70
Figura 6-5: Bloques en sector de simulación con proyecto	70
Figura 6-6: Superficie destinada a comercio en el área de estudio.....	71
Figura 6-7: Superficie destinada a industria en el área de estudio.....	72
Figura 6-8: Distribución de población en el área de estudio	73
Figura 6-9: E(B) georreferenciado en la situación sin proyecto	77
Figura 6-10: E(B) georreferenciado en la situación con proyecto.....	78
Figura 6-11: Variación en E(B) en las situaciones con y sin proyecto.....	79
Figura 0-1: Panfleto repartido en hogares.....	97
Figura 0-2: Ejemplo de mapa entregado a un encuestador	98
Figura 0-3: Distribución de respuestas en sector alto	106
Figura 0-4: Distribución espacial respuestas sector bajo	106
Figura 0-5: Distribución espacial respuestas sector medio.....	107

RESUMEN

El barrio caminable es un entorno urbano circundante a la residencia de una persona en el que esta accede a diversas actividades caminando. Es difícil de definir explícitamente, pues proviene de una construcción perceptual y subjetiva. Comprenderlo, es comprender a la gente, en cuanto a por qué camina y su interacción con el espacio público. Así, está asociado a distintas esferas sociales, como la salud, transporte, accesibilidad e incluso cohesión social. Esto motiva la pregunta: ¿Cómo impacta el entorno construido a la percepción del barrio caminable de las personas?

En esta tesis se propone un marco metodológico que permite modelar el barrio caminable como un conjunto de decisiones discretas sobre el espacio en función del entorno construido y las características de la persona. Para alimentar este modelo se llevó a cabo una encuesta en tres sectores de Santiago. En esta, cada encuestado dibujó la frontera de su barrio sobre un mapa presentado en una aplicación desarrollada especialmente para este estudio. Las respuestas se georreferenciaron y a través de una discretización sobre el espacio, se aplicó la metodología. Los resultados muestran gran heterogeneidad respecto a los barrios donde, por ejemplo, en promedio estos son más pequeños para las mujeres y más grandes para quienes tienen perro. También hay diversidad en el entorno construido, los usos de suelo tienen distintos efectos: algunos atractivos, como comercio y áreas verdes y otros inhibidores, como industria.

Con los modelos estimados se simuló los efectos de la construcción de un parque sobre la Autopista Central en Santiago en el barrio caminable de las personas del sector. Se logró dimensionar lo positivo que sería este proyecto por la cantidad de personas beneficiadas. Sin embargo, no es suficiente el pronóstico de la alteración del barrio caminable. Por esto, para futuras investigaciones, se propone crear metodologías que permitan medir beneficios sociales desde esta alteración.

Palabras clave: Barrio Caminable, Barrio, Caminabilidad, Entorno Construido, SIG, Logit Mixto

ABSTRACT

The perceived walking neighborhood (PWN) is an urban environment surrounding the residential location where people access to their activities walking. It is hard to define it in an explicit way, because comes from a perceptual and subjective construction. Understanding it, is to understand people, in terms of why they walk and their interaction with the public space. Thus, it is associated with different social spheres, such as health, transportation, accessibility and even social cohesion. This motivates the question: How does the built environment impact the perception of the walking neighborhood of people?

This thesis proposes a methodological framework to model the PWN as discrete choices over space as a function of the built environment and the characteristics of the individual. To sustain this model, a survey was carried out in three areas of Santiago. In this, each respondent drew the border for their PWN on a map presented in an application specially developed for this study. These answers were georeferenced and, through a discretization of the space, the methodology was applied. Results show that there is great heterogeneity in the PWN. For example, on average the PWN are smaller for women and larger for those who have a dog. There is also diversity in the built environment and land uses have different effects: some being attractive such as commerce and green areas and other being inhibitors, such as industry.

The effects of the construction of a park over *Autopista Central* (a main urban highway in Santiago) in the PWN for the residents of the surrounding area were simulated with estimated models. It was possible to measure how positive this project would be, from the number of people benefited from it. However, it is not enough the PWN changes forecast. Which is why, for future research, it is proposed to create methodologies that allow measuring social benefits from this changes.

Keywords: Walking Neighborhood, Neighborhood, Walkability, Built Environment, GIS, Mixed Logit

1. INTRODUCCIÓN

Para introducir esta tesis, se comenzará con una breve motivación y el origen de la pregunta de investigación. A partir de esto, se establecerán los objetivos de este trabajo y finalmente se describe cómo será estructurado el documento y cómo esta estructura está relacionada con los objetivos.

1.1 Contexto

Cada barrio posee diversas expresiones del urbanismo, elementos particulares del sistema de transporte de la ciudad a la cual pertenece, servicios a disposición de sus habitantes y así, se podrían enumerar muchos más componentes. Pero, sobre todo, en el barrio residen personas. Personas que interactúan entre sí y con su entorno. Probablemente, fuera del hogar no existe lugar físico con mayor sentido de pertenencia que el barrio. Sin importar qué decida un individuo, jamás podrá dejar de tener impacto en la comunidad, sea activo y basado en la acción, como hablar con los vecinos o utilizar los espacios públicos, o inactivo y basado en la omisión, como tan solo ser el dueño de una vivienda. Los barrios son una expresión fehaciente de la posiblemente universal necesidad de comunidad del humano pues *per se*, el concepto implica interacción del individuo con su entorno, el cual incluye otros individuos.

Desde muchas áreas se ha estudiado el barrio como concepto y como expresión urbana y/o social. Desde las ciencias de la salud se ha buscado relacionar el barrio y la salud de la población (Sampson et al., 2002; Flowerdew et al., 2008; Smith et al., 2010), la sociología ha buscado determinar cómo el barrio tiene un rol fundamental en la estructura social (Sampson et al., 2002), desde la psicología también se ha estudiado el proceso mental en la percepción del barrio (Chaskin et al., 2006) e incluso la ingeniería ha buscado comprender cómo las personas valoran los atributos del barrio (Bonet, 2014; Iglesias et al., 2006; Torres et al., 2013). El barrio no es solo objeto de estudio en la academia, también el Estado elabora políticas barriales, como el “Programa de Recuperación de Barrios - Quiero Mi Barrio” (MINVU, 2007) e incluso existen

expresiones culturales que dependen del barrio como concepto. Este es transversal en la sociedad, cada persona lo experimenta de distintas formas, con distintos criterios y en variados contextos, por lo menos en el mundo urbano.

Por otra parte, la caminata es el primer y principal modo de transporte del ser humano. Antes de poder usar cualquier tipo de vehículo, el ser humano caminaba e incluso, con miles de años de existencia la caminata persiste en ser la principal forma de movilización en varios lugares del mundo, como Santiago, donde en un día laboral la caminata tiene el mayor reparto modal (SECTRA, 2015). A la caminata no se le pueden imponer restricciones presupuestarias, por lo tanto, en una posición ideal la sociedad no puede discriminar a nadie quien desee caminar, como si ocurre con otros modos de transporte. E incluso, está demostrado que inducir la caminata es eficiente en términos económicos (Cavill et al., 2008) y se traduce en retornos positivos asociados a salud (Heath et al., 2006) y al sistema de transporte de la ciudad (Sælensminde, 2004).

Frente a las condiciones sociales actuales, sin embargo, se plantean las siguientes interrogantes, ¿Cómo sociedad, hemos sido coherentes con lo señalado? ¿Le damos la importancia que corresponde a la caminata? ¿Nuestras ciudades nos invitan a caminar o por lo menos son planificadas de forma tal que no sean una barrera para caminar? Por lo menos en grandes ciudades chilenas pareciera que la respuesta a todas estas preguntas es negativa. Esto se agrava cuando se considera que por definición y en una posición ideal la caminata es un bien justo, igual para todos, pero que la sociedad al no considerarla o respetarla termina discriminando a su población.

Bajo este contexto, se vuelve imperativo buscar mecanismos que prioricen y den cabida a la caminata en los complejos sistemas de transporte que se han creado. Sallis et al. (1998) señalan que la forma más efectiva de promover la actividad física es a través de intervenciones políticas sobre la ciudad. Por lo tanto, es necesario encontrar mecanismos que faciliten la posibilidad de que se vuelva atractivo para las autoridades políticas promover y desarrollar proyectos que apunten a inducir la caminata en la población.

Si en vez de considerar aisladamente barrio o caminata, se considera el barrio caminable, por definición se establece una unión entre ambos conceptos. Este es una idea subjetiva, pero que dentro de su subjetividad establece nociones fundamentales y objetivas: es un entorno urbano que la persona circulará a pie. Esto permite unir en un concepto dos elementos de la naturaleza humana, la forma de desplazamiento original y la interacción con el entorno y otros individuos. Así, la idea de barrio caminable permite incorporar los beneficios de la caminata, pero a nivel barrial, dando énfasis a cómo cada persona se entiende con su entorno.

1.2 Objetivos

Comprender la manera en que las personas definen y entienden su barrio caminable permite efectuar políticas públicas orientadas a desarrollar la caminata y los barrios. Pero es fundamental comprender cómo estos desarrollos pueden ser entendidos como beneficios sociales. Por lo tanto, el primer objetivo de esta tesis será **argumentar y justificar respecto a por qué la sociedad debe preocuparse por el barrio caminable.**

William Thomson Kelvin (Lord Kelvin) alguna vez dijo que “Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”. Esta célebre e histórica frase, de este físico y matemático británico enmarca el segundo objetivo de este trabajo. No basta con definir el barrio caminable, es necesario **generar algún tipo de metodología que permita medir y cuantificar el barrio caminable.**

Finalmente, **el último objetivo corresponde a poner en práctica la metodología propuesta y demostrar la validez de esta.** Es fundamental que con este trabajo quede demostrado cómo puede ser útil conocer el impacto de distintos proyectos urbanos sobre el barrio caminable de las personas y porqué esto puede ser entendido como un cambio en el bienestar social.

1.3 Estructura del documento

Este informe consta de siete capítulos. El primero introduce y contextualiza este estudio. El segundo estará orientado al primer objetivo, mostrando cómo a partir de la literatura se puede demostrar que el barrio caminable, como la unión entre caminata y barrio, impactan en la sociedad. El tercer capítulo está asociado al segundo objetivo, describiendo la metodología que se propone respecto a la medición y cuantificación del barrio caminable. Los siguientes tres capítulos se asocian al último objetivo, donde el cuarto muestra cómo se recolecta la información para efectuar la metodología, el quinto muestra los resultados de la modelación y el sexto desarrolla un caso de estudio donde se pone en práctica la validez de la metodología. Finalmente, el séptimo y último capítulo concluye este trabajo, haciendo un breve resumen de cómo se cumplieron los objetivos propuestos y planteando cómo lo expuesto en este trabajo puede continuar desarrollándose.

2. EL BARRIO CAMINABLE Y SU ROL SOCIAL

En este capítulo se hará una revisión bibliográfica enfocada en responder qué es un barrio caminable y porqué debiese ser importante para la sociedad. Estará dividido en cinco secciones, donde la primera estará centrada en la caminata, la segunda en los barrios, la tercera en qué es la accesibilidad, la cuarta respecto a qué es el espacio público y el sentido de comunidad, y la quinta y última en cómo, a partir de todo lo descrito en las secciones anteriores, se converge a la idea de barrio caminable y a su rol en la sociedad.

2.1 Causas y efectos de la caminata

El año 2012, en Santiago, de los 18,4 millones de viajes promedio diarios en días laborales, el 34.5% son realizados solo en el modo caminata (SECTRA, 2015). Si, además, se considera que los viajes en transporte público tienen alguna etapa realizada caminando, en aproximadamente el 65.2% de los viajes las personas caminan en alguna parte de su viaje, lo que equivale a casi 12 millones de viajes. Esta realidad ilustra la importancia de la caminata como forma de movilidad en la ciudad. Sin embargo, si se quiere medir cuánta importancia da el Estado a cada modo de transporte y para esto se utiliza como indicador la cantidad de dinero que se invierte en infraestructura especializada a cada modo, se encuentra una contradicción entre la realidad de la ciudad y los intereses del Estado; existen fuentes que dicen que menos del 1% de las inversiones en infraestructura del MOP tienen como fin mejorar las condiciones urbanas peatonales (Coalición de Transporte Justo, 2017). Esto se ilustra en la Tabla 2-1.

La caminata puede ser condicionada frente a una gran variedad de factores. Hay situaciones que la incentivan y otras que la inhiben. Si bien hay incertidumbre respecto a la totalidad de estos factores, hay un hecho que es claro, la caminata es un modo de transporte dinámico y adaptativo. A diferencia de las otras formas de movilización, no requiere infraestructura estrictamente especializada e incluso algún tipo de vehículo que la proporcione. Algunos factores que la inhiben pueden ser condiciones físicas

corporales que restringen parcial o completamente la posibilidad de caminar, de forma esporádica o permanente o también hitos espaciales y/o flujos de otros vehículos que actúan como barrera. Otros que la inducen pueden corresponder a espacios urbanos con gran atraktividad o características de la persona y del hogar. En particular, se hablará del entorno construido y características socioeconómicas para clasificar a estos factores, conceptos que serán utilizados en el resto del trabajo.

Tabla 2-1: Distribución de los US\$ 3,484 Millones de gasto fiscal en proyectos de transporte en Santiago (2010-2016). Fuente: Coalición Transporte Justo (2017)

Proyecto	Porcentaje de gasto
Autopistas	30.00%
Proyectos para Transantiago (Buses)	13.00%
Proyectos Peatonales	0.05%
Nuevas líneas de Metro	49.00%
Ciclovías	0.20%
Ensanches, repavimentaciones, semaforizaciones y otros para autos y tráfico general	7.70%

A partir de Saelens & Handy (2008), el entorno construido se define como la componente espacial urbana construida por el humano. Posee variados elementos, como edificaciones destinadas a tipos de uso de suelo, el sistema de transporte y la estructura física de la red vial asociada a cada modo de transporte. También, el entorno construido comprende cómo están distribuidos estos elementos, el servicio que ofrece cada uno, junto a su diseño urbano, disposición y apariencia. Las características del individuo y del hogar del que es parte conforman el conjunto de características socioeconómicas. Estas están asociadas a su situación social, económica, demográfica y a sus actitudes y comportamiento.

El entorno construido y las características socioeconómicas del individuo afectan sus hábitos de movilidad, en particular su tendencia a caminar. Sin embargo, al considerar

que el espacio condiciona el comportamiento, se podría establecer una relación opuesta y establecer que las personas escogen dónde localizarse en función de sus necesidades, habilidades y preferencias. Esto es a lo que se le llama autoselección espacial (Cao et al., 2006; Handy et al., 2005). Si bien existen variados estudios que demuestran que el entorno construido sí tiene impactos en la actividad física y caminabilidad de la población independiente del fenómeno de autoselección (Handy et al., 2006; Krizek, 2003; Sallis et al., 1998), Larrañaga et al. (2016) señalan que no considerar las actitudes y preferencias respecto a los hábitos de movilidad puede llevar a la estimación de parámetros sesgados.

Para efectos de este estudio se recolectará información que pueda ser usada para comprender las actitudes y preferencias respecto a la movilidad de las personas, pero no serán incorporadas, quedando propuesto como siguiente paso su inclusión y así hacerse cargo de la autoselección. A pesar de lo descrito, y como señala Cao (2010), la inclusión de factores socioeconómicos asociados al individuo y a la residencia sirven para controlarla, aunque no se haga cargo completamente del sesgo. Esto se refuerza por lo descubierto por Krizek (2003), quien al analizar hogares que se relocalizan, descubre que el entorno urbano condiciona efectivamente los hábitos de movilidad independiente de las actitudes y/o comportamiento.

Existe vasta evidencia de que los hábitos de caminata dependen de las características del individuo. Los distintos perfiles que pueda tener una persona explicarán de formas muy diversas cuánto caminan. La Tabla 2-2 muestra distintas características socioeconómicas que han sido estudiados respecto a su influencia en cuánto caminan o la actividad física de las personas, junto a los estudios en donde se encuentran.

Tabla 2-2: Variables socioeconómicas y su influencia en la caminata reportadas en la literatura (+: Signo Positivo, -: Signo Negativo). Fuente: Elaboración propia

	Sehatzadeh et al. (2011)	Cao et al. (2006)	Larrañaga et al. (2016)	Handy et al. (2006)	Michael et al. (2006)	Westgarth et al. (2017)	Saelens et al. (2003)	DiPietro (2001)
Género (Mujer)	-	-	+	+			-	
Edad	-	+	-	-	-		-	-
Conductor frecuente			-	-				
Ingreso	+		-	+				
Motorización	-			-			-	
Tamaño hogar							-	
Trabajador			+				+	
Hogar con niños	-	+						
Hogar con perro	+	+				+		

Existen variados estudios que han buscado explicar cómo características del entorno construido influyen en los hábitos de movilidad de la gente y en particular, en la propensión a caminar. En Saelens & Handy (2008) se puede encontrar una revisión bibliográfica de un conjunto de aquellos estudios, pero además de esto, muestran que una conclusión común: el entorno construido si condiciona cómo y cuánto camina la gente. La Tabla 2-3 muestra trabajos que han investigado la conexión entre distintos

atributos urbanos y la caminabilidad. En particular, se utilizará el concepto de accesibilidad urbana, que es usado como el nivel de cercanía a las distintas actividades, la mixtura de uso de suelo, que se define como el grado de heterogeneidad de usos, la densidad poblacional, las intersecciones viales, el comercio y barreras urbanas.

Tabla 2-3: Parámetros del Entorno Construido usados en la literatura. Fuente: Elaboración propia

	Saelens et al. (2003)	Larrañaga et al. (2016)	Sehatzadeh et al. (2011)	Leslie et al. (2007)	Tirachini (2015)
Accesibilidad				+	
Mixtura de uso de suelo	+		-	+	
Densidad poblacional	+	+	-	+	
Intersecciones viales		+	-	+	
Comercio	+	+		+	
Pendiente		-			
Barreras					-

Las barreras son definidas por Geurs et al. (2009) como vías anchas, grandes avenidas o calles de gran congestión que hacen que sea difícil, lento o peligroso para los peatones cruzar por allí. Tirachini (2015) se refiere a esto como un fenómeno que atenta contra la integración y cohesión social, creando un efecto barrera o un costo barrera. A parte del costo práctico que tienen, también tienen un efecto psicológico, afectan la percepción de los individuos respecto a su camino pues se presentan como un límite que atenta contra su seguridad y comodidad (Lynch, 1960).

Al parecer, no existe evidencia de cómo los distintos usos de suelo o hitos urbanos afectan la caminata de forma desagregada. Es decir, cómo los parques, comercio e incluso estaciones de metro tienen efectos distintos y comparables. Esto es una de las oportunidades de investigación que son abordadas en este trabajo.

Hasta este punto, se han señalado factores que están relacionados con cuánto y cómo caminan las personas. Esta causalidad otorga la oportunidad de comprender qué cosas pueden hacerse para inducir la caminata en la población. Esto tiene una gran relevancia, pues posee variados beneficios sociales, de los cuales existe evidencia en la literatura. Los principales hallazgos respecto a estos están en torno a dos puntos, salud y transporte. A continuación, se muestra evidencia de que incentivar la caminata genera beneficios personales y sociales en torno a cada uno de estos tópicos.

i) Salud

La actividad física regular se asocia con una mejor salud y un menor riesgo de mortalidad por variadas causas, como enfermedades cardiovasculares, accidente cerebrovascular isquémico, diabetes no insulino dependiente (tipo 2), cánceres de colon, osteoporosis, depresión y lesiones relacionadas con caídas (Heath et al., 2006). La caminata, como forma de actividad física, y efectuada tanto de forma recreacional como forma de movilización, no está extensa de tener estos beneficios (Westgarth et al., 2017). Incluso, existe demostración económica de que la inversión en infraestructura dedicada a la caminata tiene efectos positivos en la salud (Davis, 2010; Sinnett et al., 2011; Davis, 2014).

A parte del efecto beneficioso intrínseco de la actividad física en la salud de la gente, hay un efecto colateral que está asociado al nivel de mortalidad producto de siniestros viales, que es llamado “seguridad en cantidad” (Jacobsen, 2015). Este fenómeno, significa que a medida que hay mayor gente desplazándose a pie o en bicicleta, será más seguro para cada persona en términos de seguridad vial. Por lo tanto, inducir la caminata, aparte de tener efectos positivos en la salud de la gente debido a la actividad física, también lo logra disminuyendo la accidentabilidad. El análisis también puede

verse desde otra arista, donde al lograr que menos gente utilice el auto y lo reemplace por la caminata implica mayor seguridad para todos los agentes presentes en las calles, lo cual está demostrado por Mohan (2002).

ii) Transporte

Con la siguiente línea argumentativa se buscará demostrar que es posible aumentar la partición modal correspondiente al modo caminata en desmedro de otros modos de transporte, pero, sobre todo, el vehículo motorizado particular. Además, se argumentará porque esto es beneficioso socialmente.

Bamberg et al. (2003) descubren que, aunque ser automovilista tiene una carga rutinaria muy grande, no hay evidencia de que esa rutina no sea combatible y así plantean que desde las políticas públicas es posible hacer que la gente deje de usar el automóvil. Incluso, Handy et al. (2002) y Newman & Kenworthy (2006) señalan que es posible alterar los patrones de movilidad al modificar el entorno urbano, en particular, apuntan a que es posible inducir cambios de comportamiento enfocados en reemplazar el vehículo por viajes a pie o bicicleta. Loukopoulos & Gärling (2005) muestran que “los umbrales de distancia para manejar, que se definen como la distancia en que el encuestado es indiferente entre caminar y manejar, decrece con el esfuerzo percibido de caminar”. A partir de sus resultados muestran que una de las grandes dificultades de inducir cambios modales, está en que los conductores perciben que el esfuerzo que requiere caminar es mayor de lo que realmente es. Por lo que es fundamental buscar estrategias desde las políticas públicas para encontrar la manera más efectiva de generar incentivos de cambio modal.

Sælensminde (2004) hizo un análisis costo – beneficio para verificar cuánto mejora el bienestar social al hacer inversiones en infraestructura destinada a caminata y bicicleta, respecto a hacerla en auto. A partir del resultado obtenido, concluye que hay mayor rentabilidad social pues disminuyen las externalidades negativas propias de los vehículos motorizados, lo cual a su vez se debe a que hay cambios en la partición modal. Estos son resultados se condicen con la Paradoja de Mogrige (1987), que establece que

el cambio modal de autos a transporte público, producto de una inversión en infraestructura para vehículos privados, aumenta los costos para todos los usuarios del sistema. Cavill et al. (2008) hacen una extensa revisión bibliográfica que corrobora los beneficios económicos en invertir infraestructura dedicada al transporte activo, o sea, caminata y bicicleta.

2.2 Definición de barrio

Gallastegui & Galea (2004) señalan que “el término barrio es polivalente, confuso y la mayoría de las veces omnicomprendido de realidades diferentes, es también uno de los más comúnmente utilizados, tanto por legos como por expertos”. Es un concepto que todos conocen y usan, pero al momento de definirlo, surgen variadas discrepancias. Para efectos de este trabajo, se busca ejercer algún tipo de parametrización que permita algún nivel de heterogeneidad en cómo se concibe la idea de barrio pero que enmarque y establezca que no puede ser replicable a cualquier concepción.

Una primera forma de comprender cómo puede ser definido este concepto, proviene desde cómo la sociedad requiere que sea un barrio, es decir, la elaboración de una idea objetiva que parametrize y entregue indicios de cómo puede delimitarse. Esto es, entonces, una conceptualización genérica que busca delimitar un área específica. Existen diversos estudios que han buscado definir barrio bajo esta línea (Fadda & Cortés, 2015; Flowerdew et al., 2008), pero no hay mayor demostración de la existencia de esta forma de definir barrio que la misma existencia de barrios definidos socialmente. Por ejemplo, solo en Santiago existen lugares característicos como el “Barrio Yungay”, “Barrio Lastarria” o “Barrio Italia”.

Una segunda rama al respecto corresponde a la percepción de barrio. Esta difiere de la anterior por un tema lingüístico muy básico; no es lo mismo hablar “del barrio” que de “mi barrio”. Es una forma subjetiva de comprensión, donde cada individuo establece sus propios criterios para definirlo. Son diversos los factores que inciden en la construcción personal de este concepto, como características propias del individuo, elementos del entorno físico-urbano, la estructura social que la persona define como

parte de la comunidad inmersa en su barrio (quizás, incluso, la comunidad que no está inmersa también tiene un peso), entre muchas cosas más. Por consecuencia, existe gran heterogeneidad en la percepción del barrio, para lo cual existe evidencia (Lee, 1976; Wong, 2006). Son variados los estudios que se han hecho en esta línea, que, si bien difieren mucho en el área académica y en la metodología, tienen un objetivo común: identificar cómo la percepción del barrio tiene implicancias en el comportamiento y condiciones de vida de los individuos (Coulton et al., 2001; Smith et al., 2010; Moudon et al., 2006; Humpel et al., 2004). Lee (1968) señala que independiente de cómo caracterice un individuo su barrio, siempre tendrá dos componentes, el físico y el social.

Para el componente físico que señala Lee se nombrarán dos de algunos de sus elementos característicos. En primer lugar, existe una frontera y límite de la extensión, definiendo así una figura geométrica sobre el espacio. Esta línea, marca el límite de donde comienza y termina el barrio, por lo tanto, es fundamental para determinar qué es y qué no es parte de este. En segundo lugar, tiene un entorno físico inmerso, que posee edificaciones, una red vial para distintos modos de transporte e incluso hitos naturales como ríos o árboles.

El componente social, por otra parte, comprende todo lo asociado a la interacción del individuo con su entorno, entendiendo entorno como el espacio físico y las personas que allí residen. Al considerar dicho espacio, por consecuencia, el comportamiento del individuo en este será otro elemento que caracteriza al barrio. Esto genera una base fundamental para este trabajo, la percepción de la persona sobre cuál es su barrio implica necesariamente la pertenencia de un espacio físico lo que a su vez implica que la persona tenga que llegar allí de alguna forma. Esto significa, entonces, que la movilidad está inmersa y es decisiva.

Según Lee, los componentes nombrados anteriormente no pueden ser comprendidos de forma aislada. El barrio se define en función de ambas ideas y esto establece una relación intrínseca, lo cual genera una interdependencia fundamental; El barrio se puede entender como un ecosistema en el cual si se altera un componente (físico o social),

habrá consecuencias en el resto (social o físico). A esto, el autor le llama propiedad fenomenológica, lo cual es una de las bases fundantes de este trabajo.

2.3 Accesibilidad

La accesibilidad es un concepto de gran relevancia en el transporte y urbanismo. Geurs & van Wee (2004) hacen una extensa revisión bibliográfica, a partir de la cual desmenuzan cuales son las componentes del concepto (Tabla 2-4), qué tipos de medida existen (Tabla 2-5) y cuáles son los criterios que debiesen cumplir.

Tabla 2-4: Componentes de la accesibilidad. Fuente: Elaboración propia a partir de Geurs & van Wee (2004)

Componente	Descripción
Uso de Suelo	Comprende la distribución de oferta (oportunidades) en el espacio y su demanda
Transporte	Es el sistema de transporte, desde el punto de vista de la oferta y de la demanda
Temporal	Esta considera todas las restricciones temporales, tanto de las oportunidades, como del sistema de transporte y de las personas
Individual	Necesidades, habilidades y oportunidades de los individuos

Desde el punto de vista más desagregado, la accesibilidad tiene que ser considerada desde el individuo (componente individual), para cada modo de transporte (componente de transporte), a cada destino (componente de uso de suelo) en una hora particular (componente temporal). Según el enfoque que quiera darse, puede usarse cualquiera de las medidas estipuladas en la tabla Tabla 2-5.

Por otra parte, Krizek (2003a) estudia cómo la accesibilidad barrial tiene un impacto directo sobre cómo son los viajes, entendiendo este concepto como una medida basada en la ubicación y donde se considera como actividad preponderante el comercio. Descubre que a medida que aumenta la accesibilidad barrial, la cantidad de viajes por individuo aumenta y la cantidad de detenciones que se realizan en cada viaje disminuyen. Por lo tanto, aquí se establece una relación directa entre barrio y accesibilidad; es posible medir la accesibilidad desde la idea de barrio y, es más, esto condicionará el comportamiento de los individuos.

Tabla 2-5: Categorías de medidas de accesibilidad. Fuente: Elaboración propia a partir de Geurs & van Wee (2004)

Medida basada en	Descripción
Infraestructura	Nivel de servicio de la infraestructura de transporte
Ubicación	Cantidad de oportunidades distribuidas en el espacio en un tiempo dado
Persona	Actividades en las que una persona particular puede acceder en un tiempo dado
Utilidad	Beneficios económicos que obtienen las personas de acceder a actividades distribuidas espacialmente

La accesibilidad es un bien que se distribuye en la sociedad y que cada individuo puede poseer en distinto grado. Es tal su importancia, que llega a ser considerado un bien que, si bien es abstracto, es básico. La accesibilidad es condicionante respecto a la actividad educativa, recreativa e incluso laboral. Es así, que su distribución entre personas tendrá un impacto directo en cuán justa es una sociedad. Esta distribución proviene de su pertenencia y no necesariamente de su uso, por lo tanto, la accesibilidad no debe ser considerada desde cuánto las personas realizan actividades, sino más bien

desde el potencial de movilidad y la disponibilidad de actividades. Esta es la emergente teoría de justicia en el transporte (Martens, 2016; Pereira et al., 2017), que busca visibilizar que la justicia social también debe considerar cómo pueden moverse las personas.

2.4 Espacio Público y Sentido de comunidad

En Carr et al. (1992) indican que el “verdadero” espacio público es reconocido por ser accesible a cualquier individuo, proveyendo libertad de acción, soberanía temporal y pertenencia. El comportamiento en el que influye el entorno construido no está solamente asociado a la forma de movilizarse, Francis et al. (2012) señalan que también hay un componente asociado a la interacción entre individuos, que proviene de esta concepción del espacio público, espacio que es compartido por diferentes personas. A partir del espacio público surge el sentido de comunidad, el cual está fuertemente asociado con el bienestar, la sensación de seguridad y la construcción de ciudadanía. Dentro de su estudio muestran que la percepción de la calidad del barrio está positivamente asociada a la sensación de comunidad y que esta percepción proviene de cuán frecuentemente las personas usan dichos espacios.

2.5 El Barrio Caminable y su rol en el comportamiento

Existen estudios que conectan los conceptos de caminata y barrio, siempre buscando comprender cómo la configuración del barrio tiene un impacto directo sobre la caminata. Por ejemplo, Wen et al. (2007) buscan comprender la asociación entre lo que caminan las personas y los elementos del barrio donde residen, pero usando una definición genérica e impuesta de barrio. Michael et al. (2006) estudian cualitativamente cómo el diseño del barrio condiciona la caminabilidad de adultos mayores, pero esta vez cada persona estudiada utiliza su propio concepto de barrio para contestar respecto a cuánto camina. Si bien ambos estudios usan ambos conceptos, no hablan directamente de barrio caminable.

Dentro de la literatura estudiada, son tres los trabajos que utilizan directamente el concepto de barrio caminable. En Smith et al. (2010) encuestan a 58 personas, pidiendo a cada una que dibuje su barrio y señale cuáles son las actividades que realiza caminando desde (o hacia) su hogar. Al estudiar estadísticamente la muestra, muestran que el barrio que declaran los individuos corresponde en promedio a un 16% de una circunferencia de una milla (1.6 Km) de radio y al 36% de un buffer de distancias sobre la red de una milla, lo cual demuestra la heterogeneidad declarada anteriormente y la dificultad de establecer definiciones estándar para los límites de un barrio. En Humpel et al. (2004) hacen el seguimiento de 519 personas, en Australia, durante 10 semanas respecto a sus conductas barriales. Concluyen que cambios en el barrio de estas personas inducen o inhiben cuánto caminan. Estos resultados, con una metodología distinta, son también obtenidos por Moudon et al. (2006), quienes encuestan a 608 personas en Estados Unidos.

La unión de caminata y barrio, en la idea de barrio caminable, permite incorporar las causas y efectos de ambas ideas en una sola. Moudon et al.(2006) señala que, al hablar del barrio caminable, no solo se hace referencia a una forma de movilidad, sino que también a una forma de sociabilización entre vecinos, lo cual tiene un impacto físico, mental e incluso espiritual de cada uno. Así, el barrio caminable será definido de la siguiente manera: **entorno circundante al hogar de residencia de un individuo, el cual la persona percibe como parte de su barrio, donde su uso genera el sentido de pertenencia sobre este espacio. El uso está basado en la movilidad, donde dicho entorno es circulado necesariamente a pie.**

Al alterar el espacio urbano, hay una serie de impactos que repercuten en distintas esferas de la sociedad. Muchas veces, hay efectos que son difíciles de pronosticar y de ver. Por ejemplo, al considerar la asortatividad (Newman, 2002)¹ en las redes sociales de un vecindario, que correspondería al nivel de cercanía entre las personas que allí residen,

¹ La asortatividad se define como la cantidad de conexiones entre los nodos de una red. En las redes sociales cada persona corresponde a un nodo y cada relación a un arco entre nodos.

¿La construcción de una autopista tendría eventualmente impactos en esto? ¿Y qué grado de impactos? O, por otra parte, a lugares de acceso al transporte público, como estaciones de metro o paradas de buses, llegan personas caminando desde sus hogares, por lo que se podría generar la interrogante ¿Sería beneficioso para la salud de las personas tener más de este tipo de infraestructura? Por último, también se podría enfocar la pregunta en el público objetivo de algún tipo de construcción, por ejemplo, un consultorio o colegio. ¿Qué distancia estaría dispuesto a recorrer a pie un adulto mayor con tal de acceder a servicios de salud primaria? ¿Y un adolescente a su colegio? ¿Cambia esta disposición si hay una avenida ancha y de gran flujo vehicular entre medio?

Para todas las preguntas planteadas, el barrio caminable entra como un intermediario, donde en función de este, se pueden elaborar conexiones entre intervenciones urbanas y fenómenos que no son directamente medibles desde el punto de vista urbanista. La Figura 2-1 ilustra la relación descrita, cambios en el espacio urbano tendrán repercusiones que pueden alterar de forma directa aspectos del comportamiento de los individuos o hacerlo a través del barrio caminable. Este comportamiento podría, eventualmente, traducirse en una alteración del bienestar social.

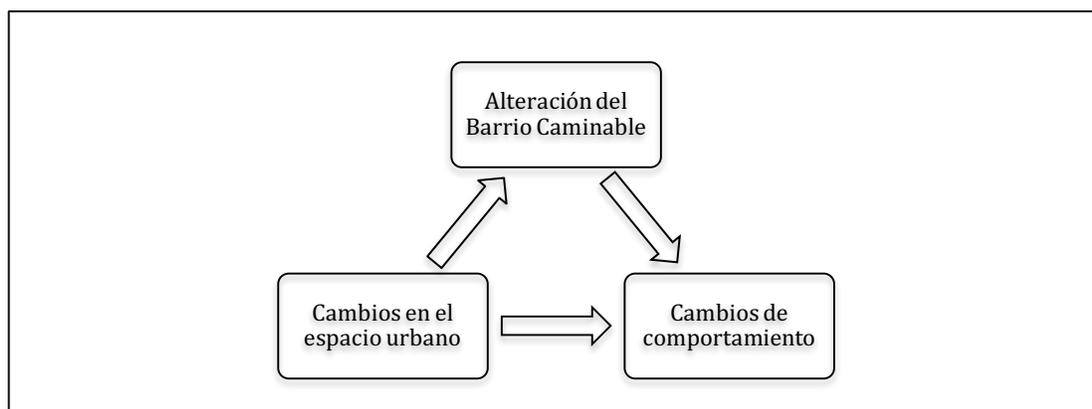


Figura 2-1: Diagrama de relación de influencias urbanas

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describirán cuatro tópicos en los cuales el barrio caminable tiene una relación directa; Transporte, Salud, Accesibilidad y Cohesión Social.

- 1) Transporte: La conexión entre barrio caminable y transporte proviene del nivel de caminabilidad de un sector. Como se señaló en la sección 2.1, al alterar el entorno construido, buscando inducir la caminata, se pueden lograr cambios en el sistema de transporte. Entonces, si un proyecto logra cambiar los patrones de movilidad (caminabilidad) de la gente, también estará alterando la percepción del barrio caminable. Ahora, visto a la inversa, al alterar el barrio caminable también se estarán cambiando los patrones de movilidad. Sin embargo, a través de la percepción no es posible conocer la magnitud de estos cambios, pero al existir causalidad, se abre la posibilidad de desarrollar metodologías que permitan cuantificar.
- 2) Salud: Al igual que el punto anterior, la unión entre barrio caminable y salud estará dada por el nivel de caminabilidad de un sector. Habiendo declarado que al alterar el barrio caminable se puede inducir la caminata, solo resta demostrar que a través de la caminata se pueden generar beneficios en salud. Esto fue discutido en detalle en la sección 2.1.
- 3) Accesibilidad: El detalle respecto a qué es la accesibilidad, su importancia y cómo está presente en los barrios, fue descrito en la sección 2.3. Como fue señalado, esta consta de distintos componentes, detallados en la Tabla 2-4. Particularmente, la perspectiva de barrio caminable otorga la posibilidad de comprender la accesibilidad desde las oportunidades barriales (componente de uso de suelo), desde la calidad de infraestructura vial para peatones (componente de transporte) y desde las características de cada persona en cuanto a su disposición con el entorno (componente individual). Por lo tanto, la accesibilidad puede ser entendida como un atributo implícito en la percepción del barrio caminable, lo cual es una oportunidad para generar y calibrar indicadores de accesibilidad. Desde otra perspectiva, el mismo barrio caminable puede ser entendido como un indicador de accesibilidad al estar estructurado en base a las características nombradas. Este está asociado a una

zona de potencial movilidad, por lo tanto, su declaración puede dar indicios de cómo se distribuye la accesibilidad socialmente y así estructurar conclusiones respecto a la justicia social asociada al transporte.

- 4) **Cohesión Social:** La cohesión social, según describe Francis et al. (2012), puede ser acotada a la idea de cohesión vecinal. Esta idea es equivalente a lo planteado en la sección 2.4, respecto al sentido de comunidad. La unión entre cohesión social y el barrio está en el sentido de pertenencia espacial, pero es una pertenencia compartida, donde un conjunto de personas siente propio un espacio (Lochner et al., 1999). Por otra parte, la caminabilidad agrega un elemento más a la idea de compartir en propiedad un espacio físico, ya no se trata solo de pertenencia, se trata de encuentro. El barrio caminable es también un espacio de interacción y desarrollo de la cohesión social, un lugar donde las personas tienen la posibilidad de verse e interactuar, cara a cara, en el espacio público, en el lugar donde se construye ciudadanía.

Ante la importancia urbana que puede tener el barrio caminable, se propone para este trabajo desarrollar una metodología que permita medirlo. Esto puede ser de gran utilidad tanto para la academia como para las políticas públicas. La justificación de esto radica en el conocimiento de la población, donde es posible comprender cómo desde intervenciones urbanas se puede alterar el comportamiento de las personas, utilizando criterios de accesibilidad y sustentabilidad. Por lo tanto, lo propuesto en esta tesis, es una base para la comprensión de la caminabilidad junto a todos los beneficios que esto implica.

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se explicará la metodología que se utilizará para responder a la pregunta de investigación. Se desarrollará bajo la hipótesis de que la modelación del barrio caminable es posible y que lograr hacerlo, permitiría comprender el impacto detallado del entorno urbano en el comportamiento humano.

Consta de tres secciones, en la primera sección se contextualiza respecto a las definiciones que enmarcan el trabajo metodológico, la segunda deriva la manera en que son utilizadas las definiciones anteriormente nombradas, para lograr el uso de modelos de elección discreta. Finalmente, la última sección, muestra la manera en que son aplicados los resultados de la investigación para generar escenarios de simulación que permitan ver la aplicabilidad de la propuesta en una situación real.

3.1 Definición de variables

En esta sección se definirán y especificarán las variables que serán utilizadas en la modelación. Primero, se explicarán las variables que están asociadas al espacio, luego, las variables asociadas a los individuos y en tercer lugar y último lugar, el fenómeno de autocorrelación espacial.

3.1.1 Variables asociadas al espacio

El espacio será discretizado, a partir de lo cual, se hablará de localizaciones. El conjunto de localizaciones i conforma el espacio y cada una tendrá atributos propios que la definen y caracterizan. Estos se agrupan en dos grandes grupos, los atributos (o variables) propias de cada lugar y los que interactúan a la localización i con cada una de las otras localizaciones j .

El mecanismo de discretización es superponer una grilla de cuadrados de lado l sobre el área de estudio y a cada cuadrado (o celda llamado desde este punto) atribuirle toda la información del espacio en el que queda superpuesto. Así, cada unidad espacial

corresponderá a una celda que tiene información proveniente del espacio que abarca y de su interacción con todas las otras celdas.

i) Atributos asociados a i .

Se consideran K tipos de uso de suelo (por ejemplo, usos comerciales, habitacionales, etc.). Cada celda i esta configurada en base a su disponibilidad de cada uso k . No obstante, la forma en que se ve representado cada uno no necesariamente es la misma. Serán consideradas dos posibilidades, primero, el área (o superficie) construida del tipo de uso k (A_{ik}) y segundo, la cantidad de oportunidades del tipo k (N_{ik}). Por ejemplo, se puede considerar el uso educacional (e), donde una celda x tiene un colegio de 100 m^2 ($A_{xe} = 100 \text{ m}^2$ y $N_{xe} = 1$). Sin embargo, la misma celda, podría tener eventualmente dos colegios y la misma cantidad de metros cuadrados ($A_{xe} = 100 \text{ m}^2$ y $N_{xe} = 2$). Sin pérdida de generalidad, todas las variables asociadas exclusivamente a una celda genérica i serán parte del vector O_i y serán llamadas o_{ik} , que corresponde a una forma general de medición de la cantidad de oportunidades k sobre i , independiente de si corresponde a N_{ik} , A_{ik} o alguna función sobre estos valores.

A parte del valor que pueda tener un tipo de uso de suelo en particular en una localización, se podría intuir la presencia de efectos de adyacencia del mismo tipo de uso de suelo. Esto quiere decir, que a un punto en particular también se le debiese atribuir características asociadas a celdas adyacentes pues no está definido por sí mismo. Por ejemplo, el nivel de comercio de un lugar no dependerá solo del comercio que haya en este lugar, sino que también del comercio que hay en sus alrededores. Este efecto podría entenderse como autocorrelación espacial, es decir, cuán correlacionado está un atributo en celdas adyacentes. Cómo será manejado este fenómeno y un análisis en mayor profundidad de la autocorrelación espacial serán abordados más adelante.

ii) Atributos asociados a la interacción de i y j .

Una celda no solo se define por lo que contiene, sino que también está definida por cómo interactúa con el resto. Esta interacción estará dada por lo que se debe hacer para

llegar de i a j , por lo tanto, se hablará del costo para llegar de i a j . Este costo será medido con dos indicadores del camino entre i y j , la distancia sobre la red que une a ambos puntos (d_{ij}) y si para llegar debe cruzar algún tipo de barrera (variable muda llamada W_{ij}). Sin pérdida de generalidad, todas las variables que provienen de la interacción entre i y j serán parte del vector I_{ij} .

Las barreras pueden ser de distinto tipo. Pero es fundamental establecer que su definición está más asociada a una percepción que a una realidad. La distancia sobre la red incluye el efecto de una barrera sobre el tiempo de desplazamiento entre dos lugares. Sin embargo, hay elementos urbanos y/o geográficos que condicionan la percepción de movilidad y tienen injerencia, fuera de la concepción práctica, en cuanto a la decisión que tiene un individuo para cruzarla (Lynch, 1960). En la sección 2.1 se hizo una descripción más recabada de la definición de barrera que es utilizada en este trabajo.

3.1.2 Variables asociadas al individuo

El individuo n tiene una serie de características. Para este estudio serán considerados cinco conjuntos que agrupan a cada una. Primero, estarán las variables socioeconómicas personales (i), del hogar (ii) y las variables que describen los hábitos de movilidad (iii). A partir de estos tres primeros grupos, se construye el vector de variables S_n . En cuarto lugar, habrá indicadores que se asocian a actitudes de las personas, los cuáles serán llamados indicadores psicométricos (iv), con las cuales se construye el vector L_n . En quinto y último lugar, estarán todas las variables propias de la interacción del individuo con su entorno (v), que estarán agrupadas en el vector Y_{nj} .

En el grupo (v) se considerarán dos tipos, el primero, asociado a la inclusión de una celda en el barrio y el segundo, asociado a las actividades que pueda realizar la persona en cada celda. Para representar al barrio caminable del individuo n , se utilizará el indicador c_{jn} que valdrá uno si la celda j pertenece al barrio caminable del individuo en cuestión y valdrá cero en otro caso. El vector de pertenencia sobre todas las celdas para n se denomina C_n . En lo que respecta a las actividades, se considerará las variables A_{njp}

y F_{njp} , donde la primera corresponde a una variable muda que vale uno si el individuo n realiza la actividad p en la celda j , y cero en otro caso. La segunda corresponde a la frecuencia con que el individuo n realiza la actividad p en la celda j .

3.2 Formulación de modelación

Para responder a la pregunta central de este trabajo se utiliza una metodología empírica. Esto quiere decir que la investigación se basa en la percepción de individuos, tal como la reportan ellos. Por lo tanto, se propone una modelación tal que, a partir de la información declarada, permita obtener resultados respecto qué elementos influyen, y en qué magnitud, en la decisión de caminar desde o hacia sus hogares y en su entorno barrial inmediato.

Lo anterior establece una premisa fundamental para este trabajo; La percepción de la extensión del barrio caminable y su frontera serán modelados como una decisión y en particular, una decisión sobre el espacio. Esto quiere decir, que cada individuo escoge en cada celda si esta pertenece o no a su barrio caminable. Por tanto, la variable c_{ijn} ya no hace alusión solo a la pertenencia de la celda j al barrio de n , sino que ahora es considerada una decisión binaria.

3.2.1 Modelo de elección discreta

En base a la teoría de utilidad aleatoria (McFadden, 1974; Domencich & McFadden, 1975) la inclusión de la celda j por parte del individuo n con residencia en i en su barrio caminable le reporta una utilidad B_{ijn} . Esta utilidad puede entenderse como la valorización de n sobre j , lo cual es también una forma de decir que tan propia n siente a la localización j . Se asumirá que hay una parte de la utilidad, llamada U_{ijn} , que es modelable y dependiente de los vectores S_n, L_n, O_i, I_{ij} , que se agrupan en el vector de atributos X_{ijn} , y de un vector de parámetros β asociados a cada variable.

Debido a que la decisión es binaria, se fijará en cero la utilidad de la alternativa de no inclusión. Por lo tanto, siempre que una celda reporte una utilidad positiva, la persona la

incluirá en su barrio caminable. Esto permitirá simplificar la nomenclatura y de ahora en adelante solo declarar la utilidad para el caso positivo. Esto quiere decir, que en vez de utilizar la formulación para la utilidad $B_{ijn}/c_{ijn} = 1$ cada vez que se desee hacer alusión a la utilidad, se utilizará tan solo B_{ijn} .

Habrá un término de error propio a cada decisión, ε_{ijn} , que representa la parte de la utilidad no observable. Además, cada individuo decidirá sobre un conjunto de celdas, conjunto que incluye lugares que son parte del barrio de la persona y otros que no lo son. Esto establece una correlación inobservable entre las respuestas de un mismo individuo, que si no es considerada en la modelación puede inducir a la estimación de parámetros sesgados. La forma de modelar esto es asumir que hay un término de error adicional, ε_n , que es común para las respuestas de un mismo individuo, lo cual es denominado efecto panel (Revelt & Train, 1998). A partir de lo señalado, la utilidad B_{ijn} está formulada en la ecuación (3-1).

$$B_{ijn} = U_{ijn} + \varepsilon_{ijn} + \varepsilon_n \quad (3-1)$$

Se asumirá que la parte observable de la utilidad proviene de una relación lineal entre cada parámetro β_{ijn}^a , perteneciente al vector β y cada variable x_{ijn}^a perteneciente a X_{ijn} .

$$U_{ijn}(X_{ijn}|\beta) = \sum_{i,j,n} \sum_a \beta_{ijn}^a \cdot x_{ijn}^a \quad (3-2)$$

El efecto panel será representado agregando el término de error estocástico ε_n a la variable x_{ijn}^{a*} . Así, β_{ijn}^{a*} será una variable aleatoria de parámetros ϕ y su función de densidad estará dada por $f(*)$.

Ahora, se asume que los errores son independientes y distribuyen idénticamente valor extremo tipo 1 (EV1 por sus siglas en inglés) con media cero y desviación estándar σ , la cual se relaciona con el parámetro de escala μ . Gracias a esto, la probabilidad de que el individuo n incluya a la celda j como parte de su barrio caminable (que es equivalente a que $U_{ijn} > 0$) estará dada por el modelo *logit* mixto o en inglés *mixed multinomial logit* (ML) (Boyd & Mellman, 1980; Cardell & Dunbar, 1980).

$$P_{ijn}(U_{ijn} > 0) = \int L_{ijc}(\widehat{\beta}^k) f(\widehat{\beta}^k | \phi) d\widehat{\beta}^k \quad (3-3)$$

Donde $L_{ijc}(\widehat{\beta}^k)$ corresponde a la ecuación del *logit multinomial* (MNL), dada por:

$$L_{ijc}(\widehat{\beta}^k) = \frac{e^{U_{ijn}(x_{ij}|\beta, \widehat{\beta}^k)}}{1 + e^{U_{ijn}(x_{ij}|\beta, \widehat{\beta}^k)}} \quad (3-4)$$

Para calibrar el modelo, se utiliza la técnica descrita en Train (2003) y Ortúzar & Willumsen (2011) en que, mediante simulación de Montecarlo, se escogen R valores para β^{a*} . Estos valores son promediados, transformando la ecuación (3) a lo siguiente:

$$\overline{P_{ijn}} = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R L_{ij}(\widehat{\beta}_r^k) \quad (3-5)$$

Para estimar los parámetros se ocupa la técnica de maximización de verosimilitud, que consiste en encontrar los valores de parámetros para los cuales se maximiza la probabilidad de ocurrencia de los eventos observados. Para esto, se define la función simulada de logverosimilitud, dada por:

$$SLL = \sum_{n=1}^N \sum_{c_{ijn}=0}^1 d_{ijn} \ln(\overline{P_{ijn}}) \quad (3-6)$$

Donde d_{ijn} vale uno si el individuo n toma la decisión c_{ijn} y cero en otro caso. El mecanismo de estimación de parámetros consiste en maximizar SLL .

3.2.2 Función de utilidad

Considerando la ecuación (3-2) las funciones de utilidad quedarán descritas según las variables que la afectan. De forma genérica, se plantea la siguiente relación para la utilidad.

$$U_{ijn} = \beta_a(\phi) \cdot d_{ij} + \sum_{s \in S_n} \beta_s \cdot s \cdot d_{ij} + \sum_{o_{jk} \in O_j} \beta_k \cdot o_{jk} + \beta_b \cdot W_{ij} \quad (3-7)$$

Donde $\beta_d(\phi)$ corresponde al parámetro aleatorio que acompaña a la variable de distancia y que incorpora el efecto panel. β_s es el parámetro asociado a la interacción de la variable socioeconómica s , del vector S_n y d_{ij} . β_k corresponde al parámetro asociado a la medición de oportunidades del tipo de uso de suelo k , o_{jk} , perteneciente al vector O_j . Finalmente, el parámetro β_w hace alusión a las variables asociadas a barreras.

Esta ecuación excluye una constante debido a la incapacidad de interpretar su valor. Asumir que una celda tiene un valor base para la probabilidad de ser seleccionada como parte del barrio no tiene sentido. Ocurre lo opuesto en el caso de la elección modal, donde la constante de cada función de utilidad si representa dicho valor base, además de las proporciones de mercado (Ortuzar & Willumsen, 2011).

3.2.3 Agregación

La cantidad de personas que consideran una celda i como parte de su barrio caminable estará dada por el indicador B_i . La esperanza de este valor, $E(B_i)$, estará dada por la suma, sobre la población total (N), de la probabilidad de que cada una de las personas escoja dicha localidad como parte de su barrio caminable. Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$E(B_i) = \sum_n^N \overline{P_{ijn}} \quad \forall i \quad (3-8)$$

Esto quiere decir, que en cada celda i habrá que calcular, para toda la población seleccionada, la probabilidad de inclusión. Luego, cada una de estas probabilidades será sumada.

3.2.4 Accesibilidad

Como fue señalado en el capítulo 2, en la sección 2.3, la accesibilidad está implícita y puede ser desmenuzada a partir de la determinación subjetiva del barrio caminable. Usando las componentes que se describieron en la Tabla 2-4 queda en manifiesto que cuando una persona decide incluir o no una localización como parte del barrio,

implícitamente están involucradas tres componentes de la accesibilidad: sistema de transporte, representado a través de las distancias sobre la red, Sistema de uso de suelo, representado a través de las oportunidades de cada tipo de uso y la Componente individual, representada a través de la heterogeneidad de decisiones como función del perfil socioeconómico de cada individuo.

A pesar de que el barrio caminable puede ser considerado una medida de accesibilidad, se buscará generar desde la modelación una derivación que permita conectar el barrio caminable con indicadores usados y conocidos de accesibilidad. La formulación clásica de accesibilidad entre un origen i y un destino j (A_{ij}), planteada en Ingram (1971), está estipulada por la ecuación (3-9).

$$ACC_{ij} = OP_j \cdot \exp(-\beta \cdot distancia_{ij}) \quad (3-9)$$

Donde OP_j corresponde a la cantidad de oportunidades en la zona j , β es un parámetro de escala para la distancia entre i y j (d_{ij}). Ahora, a este indicador se le realizarán dos adaptaciones. Primero, se considerará a cada uso k separadamente, pero otorgando un parámetro τ_k a cada uno, entonces, en vez de hablar de OP_j , se hablará de OP_{jk} . Segundo, se desagregará aún más el índice y se considerará que la accesibilidad también es medida para cada perfil de individuo p . Así, se obtiene la ecuación (3-10) que representa el nivel de accesibilidad para las personas de perfil p , localizadas en i , a la oportunidad k , ubicada en j :

$$ACC_{ijkp} = OP_{jk}^{\tau_k} \cdot \exp(\beta_p \cdot distancia_{ij}) \quad (3-10)$$

A partir de esta relación, es posible demostrar que la utilidad dada por la ecuación (3-7) depende directamente del término ACC_{ijkp} , lo que quiere decir que la accesibilidad explica la inclusión de una celda en el barrio caminable. La derivación de esta relación se encuentra en el Anexo A: Formulación Accesibilidad. La ecuación (3-11) muestra la formulación de la utilidad como función de la accesibilidad.

$$U_{ijn} = \sum_k \text{Ln}(ACC_{ijkp}) + \beta_w \cdot W_{ij} \quad (3-11)$$

Desde otro punto de vista, y retomando la tabla Tabla 2-5, la accesibilidad puede ser medida desde distintas perspectivas. Como fue señalado, el barrio caminable posee componentes de la accesibilidad al declararse como una zona de potencial movilidad. Por tanto, desde el punto de vista del individuo, la extensión del barrio caminable corresponde a un indicador de accesibilidad basado en la percepción. Ahora bien, esta corresponde a un atributo propio del espacio y no del sistema de transporte, por lo tanto, para usarse como indicador tiene que existir una parametrización física que enmarque y delimite su correspondencia. Así, se pueden considerar distintas formas de medición, como por ejemplo el tamaño medio de los barrios declarados en la zona de estudio, el indicador $E(B_i)$, o cualquier tipo de medida que indique o haga referencia al tamaño y extensión de los barrios.

3.3 Simulación y aplicabilidad

Para simular, será necesario conocer a la población y los atributos del entorno construido en un área dada. Entonces, se puede hacer el análisis para un individuo en particular o para la agregación de toda la población en el sector de estudio. A través de información georreferenciada y efectuando una discretización del espacio, se puede asignar a cada celda la probabilidad de que un individuo la seleccione como parte de su barrio caminable. Luego, esto puede ser representado como un mapa de calor, donde a medida que es mayor la probabilidad, se asigna un color más oscuro. Similarmente, este ejercicio puede realizarse para todas las personas y en vez de georreferenciar $\overline{P_{ijn}}$, se utiliza $E(B_i)$.

La metodología propuesta permite comparar el barrio caminable de distintos individuos representativos. Por ejemplo, se podría mapear $\overline{P_{ijn_1}}$ y $\overline{P_{ijn_2}}$, donde n_1 representa a un hombre y n_2 a una mujer y ver cómo se representa espacialmente la diferencia entre ambos géneros. También, ante proyectos que alteren el entorno construido, como autopistas, parques, etc., se puede mapear $E(B_i)$ antes del proyecto y

después del proyecto, con lo cual es posible visualizar (a partir de la cuantificación) cuántas personas estarán incluyendo (o excluyendo) cada punto del espacio en su barrio caminable.

4. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Cada una de las etapas del desarrollo de este trabajo consta de distintas fuentes de información. La Figura 4-1 muestra la información necesaria para la estimación de modelos y para la simulación, además de cómo están conectadas estas dos fases.

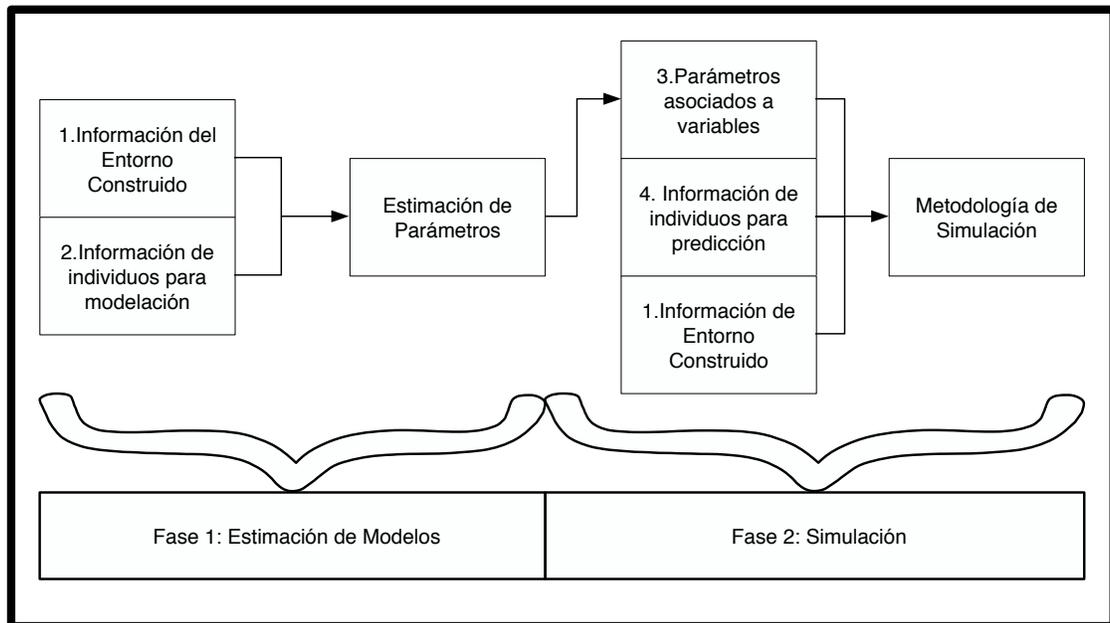


Figura 4-1: Diagrama de flujos de información

Fuente: Elaboración propia

En este capítulo, compuesto de cuatro secciones, se explicarán las fuentes de información con las cuales se desarrollarán ambas fases. La primera sección hace referencia a la información del entorno construido e infraestructura vial, que corresponde a la categoría “1. Información del Entorno Construido”. La segunda sección explica la información declarada por individuos que es usada para estimar modelos, detallando el proceso completo de levantamiento de información llevado a cabo. Esto corresponde a la categoría “2. Información de individuos para modelación” del diagrama. En la tercera sección está estipulado cómo a partir categorías 1 y 2 se construye la base de datos para la estimación de modelos y, además, que el resultado de

estos modelos corresponde a la categoría “3. Parámetros asociados a variables”. La cuarta sección contiene la explicación de la obtención de la información de individuos que es usada para la simulación.

4.1 Entorno construido

Los elementos que conforman el sistema de uso de suelo son entendidos como el entorno construido. Tanto para la estimación de modelos como para la simulación es necesario contar con la información correspondiente. En el capítulo tres, en la sección de definiciones, se nombran tres tipos de variables asociadas a las celdas. En esta sección se explica cómo se obtiene y construye cada una de estas. El área por tipo de uso de suelo, luego, variables que indican si en la celda hay construcciones particulares y finalmente, la red vial. Por otra parte, en esta sección también es abordada la selección de áreas de estudio, a modo de conectar directamente la obtención de información con los lugares donde esta será obtenida.

4.1.1 Selección de áreas de estudio

Para efectos del levantamiento de información, se seleccionaron tres zonas distintas de Santiago. Como criterios, se buscó que fuesen lugares distintos dentro de la ciudad, que estuviesen distanciados espacialmente pero que también poseyeran características diversas. Por ejemplo, en lo que respecta a ingresos de la población, a la composición del entorno construido o incluso en el nivel de accesibilidad al transporte público.

Los lugares seleccionados se ilustran en la Figura 4-2. Para encuestar, se recorrieron espacios inmersos en los tres cuadrantes de la imagen. Así, en el sector 1 se encuestó a personas pertenecientes a las comunas Las Condes y Providencia, en el sector 2 a personas de Maipú y en el sector 3 a personas de La Florida. A modo de familiarizar al lector con las características de estos lugares, se analizarán tres tópicos para cada sector, acceso a transporte público, cantidad de espacios públicos, composición del uso de suelo. Este será un análisis breve y cualitativo. Luego, en la tabla Tabla 4-1 se presentará un análisis cuantitativo.

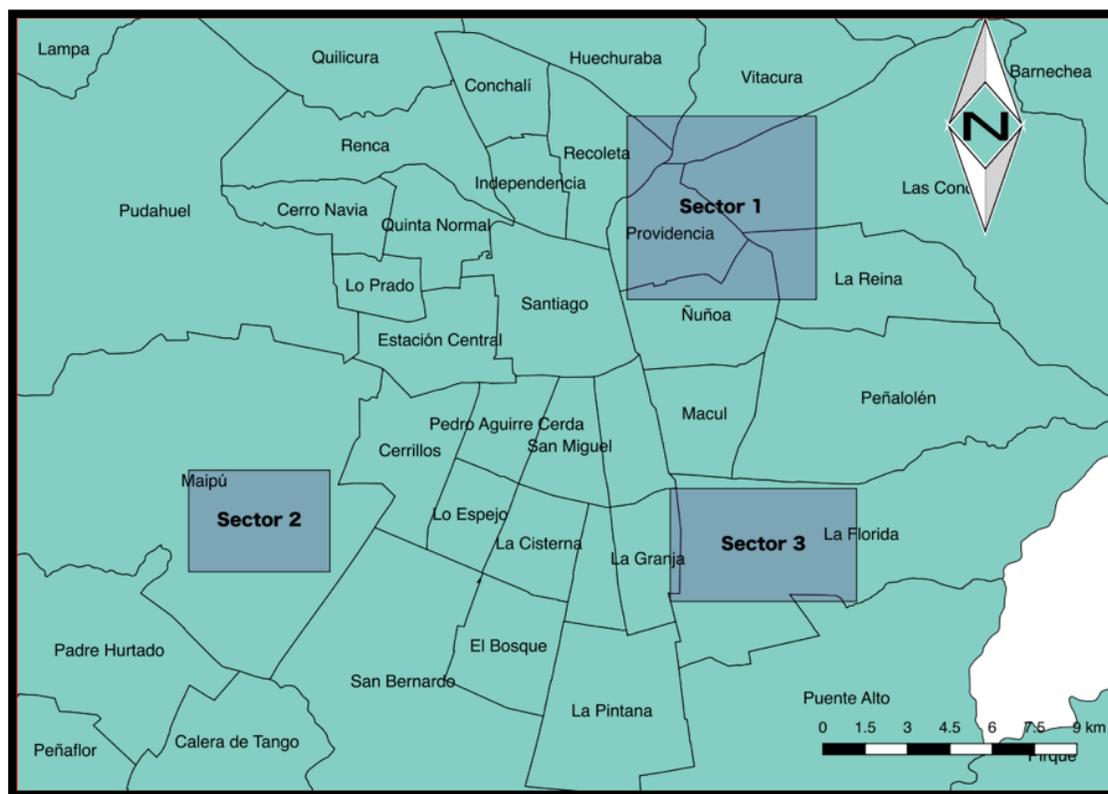


Figura 4-2: Sectores de encuesta

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS

Sector 1: Por este cruzan las líneas 1 y 4 de metro de Santiago, poseyendo así una gran cantidad de estaciones. Por otra parte, cuenta con importantes ejes para el transporte público, como Providencia, Colón, Bilbao, Vespucio y Tobalaba. Posee una gran cantidad de plazas, espacios públicos y las veredas están bien mantenidas. Tiene una composición mixta de uso de suelo, donde si bien hay lugares donde predomina el uso residencial, es posible encontrar gran diversidad de edificaciones. De ahora en adelante, será llamado sector alto.

Sector 2: Inmerso en el corazón de Maipú, el sector 2 destaca por ser principalmente residencial y tener poca variedad en otros tipos usos. Tiene varias plazas y lugares de encuentro público, pero destaca por sobretodo la Plaza de Maipú y el Tempo de Maipú,

hitos urbanos con una gran afluencia de personas. Tiene solo una estación de metro, Plaza de Maipú y el principal eje de transporte público que tiene corresponde a la Avenida Pajaritos, que durante la toma de información estaba siendo remodelada. De ahora en adelante, será llamado sector bajo.

Sector 3: La manera en que Avenida Vicuña Mackenna cruza este sector es la primera y gran característica que se debe destacar. Al ser un eje importante de vialidad, con la línea 5 pasando a altura, un corredor de buses y tres pistas por sentido para los autos, es un lugar donde grandes cantidades de personas se desplazan desde el sector sur de Santiago hacia el sector centro. Por este motivo, su composición no solo es residencial, también es comercial, destacando el Mall Plaza Vespucio. Sin embargo, carece de espacios de encuentro para sus habitantes, siendo frecuente el malestar por la ausencia de áreas verdes. De ahora en adelante, será llamado sector medio.

Tabla 4-1: Análisis descriptivo del entorno construido. Fuente: Elaboración propia

Atributo	Sector Alto	Sector Bajo	Sector Medio
Superficie (km ²)	43.6	18	2.4
Comercio*	6.0%	2.3%	3.9%
Industria*	0.6%	4.2%	0.8%
Áreas verdes*	9.1%	4.4%	2.9%
Estaciones de metro / km ²	0.28	0.06	0.27
Establecimientos educacionales / km ²	2.39	2.78	3.64
Establecimientos de salud / km ²	1.29	0.94	1.93
Establecimientos religiosos / km ²	1.03	1.39	1.52
Viviendas / km ²	2448	3459	1900

*Porcentaje de la superficie de cada uso de suelo respecto a la superficie total del sector

4.1.2 Entorno construido: Área por tipo de uso de suelo

El Servicio de Impuestos Internos posee registro de superficie por uso de suelo en cada manzana de la Región Metropolitana. A partir de la Ley de transparencia (Ley

N°20285, 2008), se obtuvo el registro para el año 2014, obteniendo así, para cada manzana, cuanta superficie tiene destinada a cada uso.

Para determinar qué superficie de cada uso hay en cada celda se siguieron tres pasos, “ajustar superficies por manzana”, “Intersectar celdas y manzanas”, “Asignación de superficies a celdas”. A continuación, se describe cada paso:

- 1) Ajustar superficies por manzana: Al calcular el área total de la superficie de cada manzana usando la herramienta disponible en *Qgis*, es posible ver que este valor no calza exactamente con el declarado por el SII. Esto motivo la realización de un ajuste al área de cada uso. Por lo tanto, se hizo un ajuste proporcional, es decir se aumentó (disminuyó) proporcionalmente el área de cada uso considerando la razón entre el área declarada por el SII y la calculada mediante la herramienta de *Qgis*.
- 2) Intersectar celdas y manzanas: Se intersectó la grilla con el conjunto de manzanas, obteniendo así fragmentos de manzanas. La Figura 4-3 muestra un pequeño conjunto de manzanas georreferenciadas al lado derecho y al lado izquierdo los fragmentos anteriormente nombrados.



Figura 4-3: Proceso de parametrización de superficie por tipo de uso de suelo

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Cada fragmento estará asociado a una celda j y a una manzana m y cada uno tendrá una proporción de la manzana m (p_{jm}). Este número, estará dado por la relación entre el área del fragmento ($Area_{jm}$) y el área de la manzana ($Area_m$).

$$p_{jm} = \frac{Area_{jm}}{Area_m} \quad (4-1)$$

Luego, la superficie por cada uso k en el fragmento jm , A_{kjm} , estará dada por la ecuación 4-2.

$$A_{kjm} = p_{jm} \cdot A_{km} \quad (4-2)$$

Donde A_{km} corresponde al área del uso k en la manzana m .



Figura 4-4: Distribución de comercio en sector alto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis y SII(2014)

3) Asignación de superficies a celdas

Para obtener el área por uso en cada celda (A_{kj}) basta con sumar sobre cada celda el aporte en superficie que hace cada manzana. La ecuación 4-3 describe lo señalado.

$$A_{kj} = \sum_m A_{kjm} \quad \forall j, k \quad (4-3)$$

A partir de esta metodología, la figura 4-4 muestra por ejemplo cómo se distribuye el uso de suelo destinado a comercio en el sector alto.

4.1.3 Entorno construido: Construcciones particulares

A partir de *Open Street Map*, en la capa de polígonos, se obtienen todas las edificaciones del sector donde se realiza la consulta. Cada construcción tiene información que permite identificar qué tipo de uso k es. Para elaborar la variable N_{jk} se superpone la capa de polígonos con la grilla en cuestión. Luego, por cada uso k que se intersecta con la celda j , se agrega una unidad a N_{jk} . Es necesario recalcar que si, por ejemplo, un hospital, está intersectado con más de una celda, cada una considerará este uso sin importar la otra. De la misma manera, si X hospitales intersectan la celda, está tendrá un valor de $N_{jk} = X$.

4.1.4 Red vial, distancias sobre la red y barreras

La obtención de la red vial y las distancias sobre la red son procesos que no dependen uno de otro y provenientes de dos fuentes distintas. La red vial es obtenida a partir de la capa de líneas de *Open Street Maps* (OSM). Las distancias sobre la red fueron calculadas a través de *Open Trip Planner* con un código en *Python*². La Figura 4-5 muestra cómo se diferencian las distancias euclidianas y sobre la red para un punto.

² Escrito por Cristian Fuentes de CEDEUS

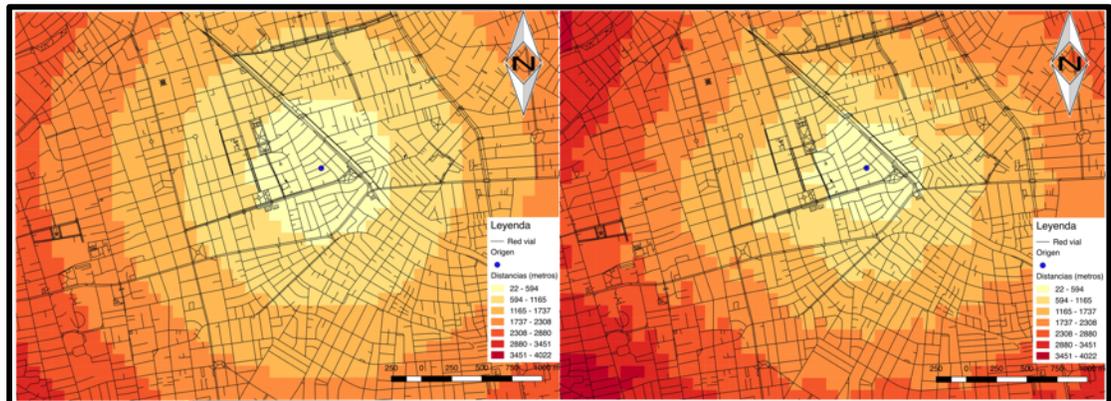


Figura 4-5: Distancias euclidianas (izquierda) vs Distancias sobre la red (derecha)

Fuente: Elaboración propia

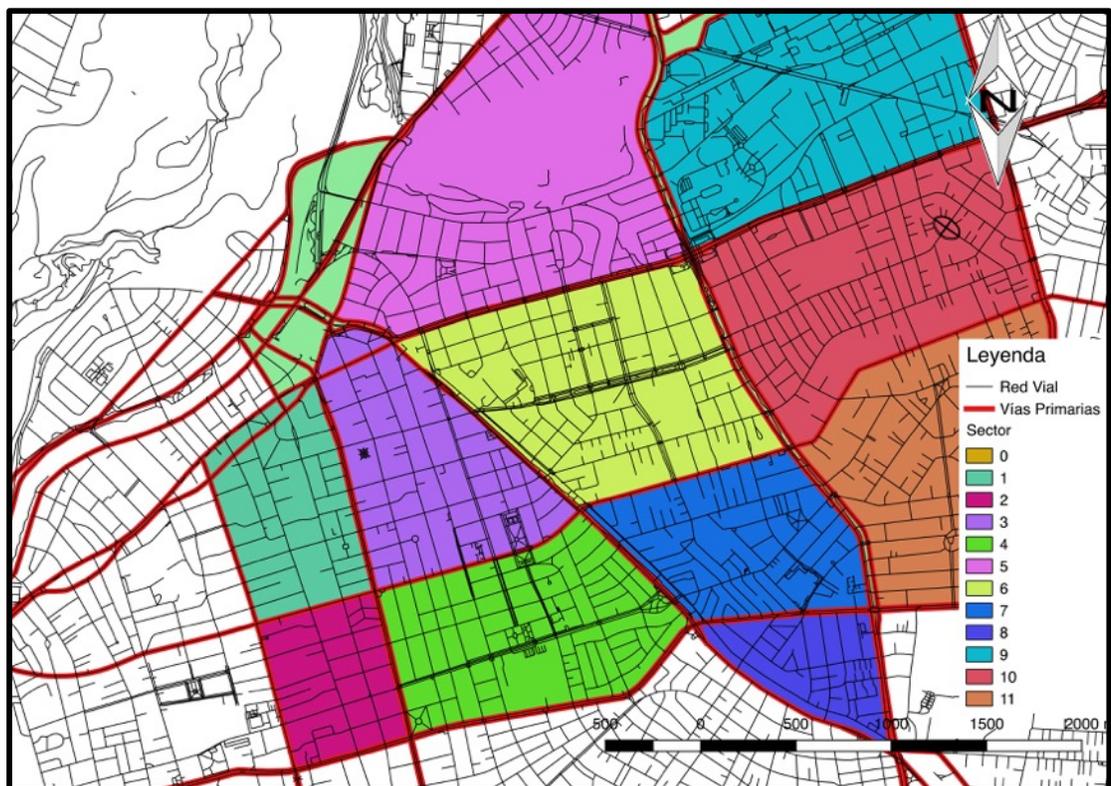


Figura 4-6: Vías Primarias y Bloques en el Sector alto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

A partir de la red vial, se seleccionarán todas las vías que según el criterio de *Open Street Maps* corresponden a vías primarias, las cuales, en la mayoría de los casos, corresponden a vías con más de tres pistas. Es necesario recalcar que el criterio de clasificación no es absoluto, pero sí responde a la idea de vías anchas y de alto flujo vehicular en todos los casos. Es así que, a partir de estas vías, se formaron bloques por cada sector, donde para caminar de uno a otro, es necesario cruzar una barrera. Así, construye la variable W_{ij} , donde esta toma valor uno si para ir de i a j es necesario cruzar una barrera (o sea, si el bloque de i es distinto al bloque de j). La Figura 4-6 muestra las vías primarias del sector alto y algunos de los bloques que estas forman.

4.2 Información desagregada de individuos: Encuesta

En el capítulo tres, en la sección de definiciones, se nombran distintos tipos de variables asociadas a los individuos. Para la estimación de modelos, se requiere información desagregada de los tomadores de decisiones y para obtener estos datos, se desarrolló una encuesta. En esta sección, es abordado todo el proceso involucrado, describiendo la herramienta con la cual fue extraída y registrada la información, el diseño de la encuesta, su ejecución y finalmente los resultados de esta, los cuales se centran en los principales estadígrafos de la muestra.

4.2.1 Desarrollo de aplicación para encuesta

La aplicación fue desarrollada para ser compatible con dispositivos Android de sistema operativo 5.0 o posteriores³. La Figura 4-7 contiene dos imágenes de la interfaz. Esta permite crear encuestas con preguntas abiertas, de selección múltiple y sobre mapas. La gran novedad de la aplicación involucra a este último conjunto de preguntas. El primer tipo de pregunta permite registrar puntos en un mapa, con información adicional (por ejemplo, marcar dónde hace las compras diarias y con qué frecuencia semanal) y el segundo permite registrar polígonos dibujados por el encuestado (la frontera del barrio caminable). En la Figura 4-7 se puede ver a la izquierda el primer tipo

³ En el siguiente link, se puede tener acceso a la aplicación: <https://github.com/thomprycejones/MapSurvey>

de preguntas y a la derecha el segundo. Estas son almacenadas como coordenadas geográficas.

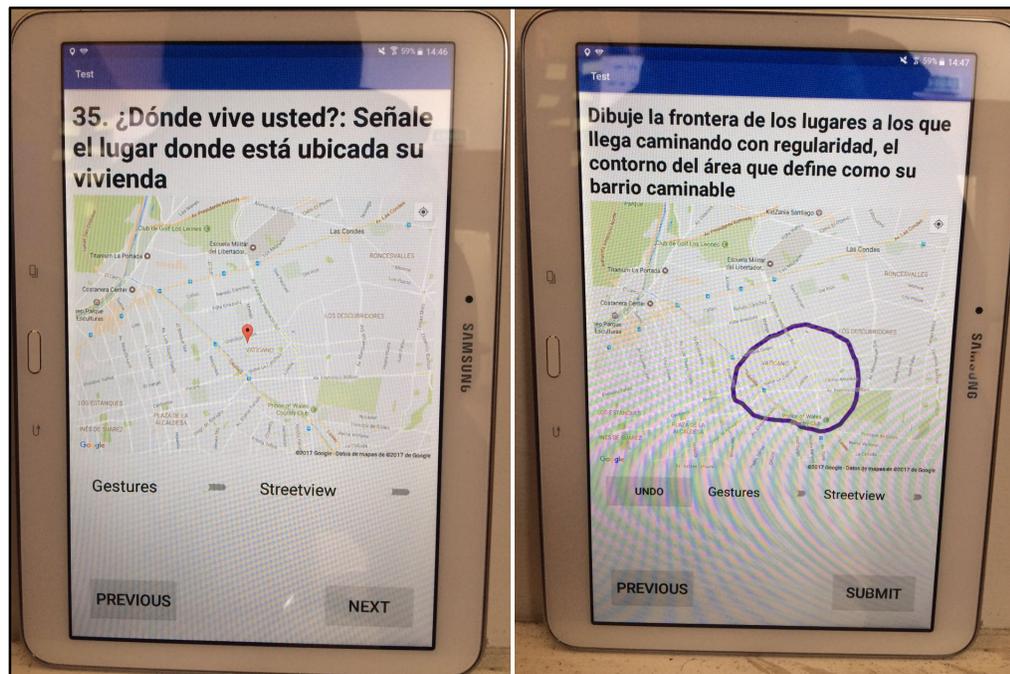


Figura 4-7: Imagen de aplicación. A la izquierda pregunta de marcar puntos sobre el mapa y a la derecha de dibujos sobre el mapa

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Diseño y estructura de encuesta

La información requerida justifica que la encuesta se realice en hogares, puerta a puerta, a un integrante del hogar que responde por sí mismo y no en representación del resto de las personas que viven con él. Esta consta de 37 preguntas, clasificadas en cinco categorías principales, preguntas personales, respecto al hogar, indicadores sicométricos (realizados a través de la escala de Likert (1932)), hábitos de movilidad y espaciales. La Tabla 4-2 muestra, en resumen, para cada categoría, la información que se pide. En el Anexo B: Diseño encuesta se muestra la lista completa de preguntas que fueron incluidas.

Tabla 4-2: Descripción de información obtenida a través de encuesta. Al lado de cada conjunto, se señala en paréntesis el tipo de variable que corresponde según la clasificación hecha en la sección 3.1.2. Fuente: Elaboración propia

Conjunto de preguntas	Información		
Personales (i)	Edad	Discapacidad física	Licencia de conducir
	Género	Posesión de tarjeta BIP	Frecuencia con la cual pasea al perro
	Ocupación	Tenencia de Pase Escolar o Pase de Adulto Mayor	Tiempo que lleva viviendo en la vivienda
	Nivel Educativo		
Hogar (ii)	Tamaño	Autos	Posesión de perro
	Niños	Bicicletas	Ingresos
	Adultos Mayores	Licencias	
Hábitos de movilidad (iii)	Principal propósito de viaje	Modo de transporte que más usa	Segundo modo de transporte que más usa
Indicadores sicométricos (iv)	Relación con vecinos	Sensación de seguridad en la calle	Actitudes respecto a la movilidad
Espaciales (v)	Ubicación de vivienda	Áreas verdes visitadas	Otros lugares que visite caminando
	Localización de redes sociales	Lugares de acceso al transporte público	Frontera del barrio caminable
	Lugares de compras		

4.2.3 Ejecución encuesta

La encuesta fue ejecutada tres días sábados, correspondientes al 1/7/2017 (Sector alto), 8/7/2017 (Sector bajo) y 29/7/2017 (Sector medio) entre 10:00 y 16:00 hrs. El levantamiento de información fue programado para que cuatro personas, en simultáneo, hicieran un trayecto predefinido en el sector en cuestión. En el Anexo B: Diseño

encuesta se encuentra mayor detalle respecto al proceso llevado a cabo. Se logró encuestar a 72 personas en el primer sector, a 46 en el segundo y a 52 en el tercero, o sea, en total fueron 170. En el Anexo C: Respuestas encuesta se muestran ilustraciones que contienen la ubicación de todas las encuestas efectuadas.

4.2.4 Descripción y análisis de la muestra

La Tabla 4-3 describe todos los atributos asociados a los individuos que serán utilizados posteriormente en la modelación. Se considera que el límite entre ingresos bajos y altos es de \$700 mil pesos por hogar. La Tabla 4-4 muestra cómo se distribuyen los ingresos en la muestra total. A partir de lo anterior, es posible concluir que en el sector alto se concentran las personas de mayor ingreso y en el sector bajo las de menor ingreso.

Tabla 4-3: Estadísticas descriptivas de la muestra por sector. Fuente: Elaboración propia

Atributo	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Todos los sectores
Tamaño muestra	72	46	52	170
Mujeres	33 (45.83%)	19 (41.3%)	26 (50%)	78
Edad media	43.44	55	50.5	48.33
Tenencia de perro	39 (54.16%)	28 (60.86%)	29 (55.76%)	96
Usuario frecuente de vehículo privado	28 (38.88%)	16 (34.78%)	17 (32.69%)	61
Movilidad reducida	2 (2.77%)	4 (8.69%)	6 (11.53%)	12
Niños en casa	32 (44.44%)	19 (41.3%)	13 (25%)	64
Ingreso bajo	1 (1.38%)	21 (45.65%)	16 (30.76%)	38
Ingreso Alto	62 (86.11%)	12 (26.08%)	24 (46.15%)	98

Mediante la herramienta de medición de áreas de polígonos de *Qgis*, se calculó la superficie de los barrios que reportaron las personas. La Figura 4-8 describe mediante un

gráfico de cajas el tamaño de los barrios caminables en cada sector y en el total de la muestra. Es necesario recalcar la diferencia entre los tamaños, donde en promedio son mucho más grandes en el sector alto respecto al resto y donde para todos los casos, la desviación estándar es muy grande, lo cual confirma la heterogeneidad planteada en la sección 2.2. La Figura 4-9 muestra, a modo de ejemplo, algunas respuestas que se registraron.

Tabla 4-4: Categorías de ingreso y su frecuencia en la muestra. Fuente: Elaboración propia

Categoría	Rango de ingresos	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	Menos de \$300.000	7	4.12%	4.12%
2	Entre \$300.000 y \$449.999	11	6.47%	10.59%
3	Entre \$500.000 y \$699.999	20	11.76%	22.35%
4	Entre \$700.000 y \$999.999	20	11.76%	34.11%
5	Entre \$1.000.000 y \$1.999.999	29	17.06%	51.17%
6	Entre \$2.000.000 y \$2.999.999	21	12.35%	63.52%
7	Más de \$3.000.000	28	16.47%	79.99%
8	No sabe/No desea contestar	34	20.00%	100%

Ahora bien, es posible ver en la Figura 4-10 que al analizar el tamaño de los barrios en función del nivel de ingresos, pareciese ser que también hay una correlación positiva, ahora bien, ¿Esto se debe a características de las personas o a características del entorno? Esta es una de las preguntas que se buscará responder con la modelación que será presentada más adelante.

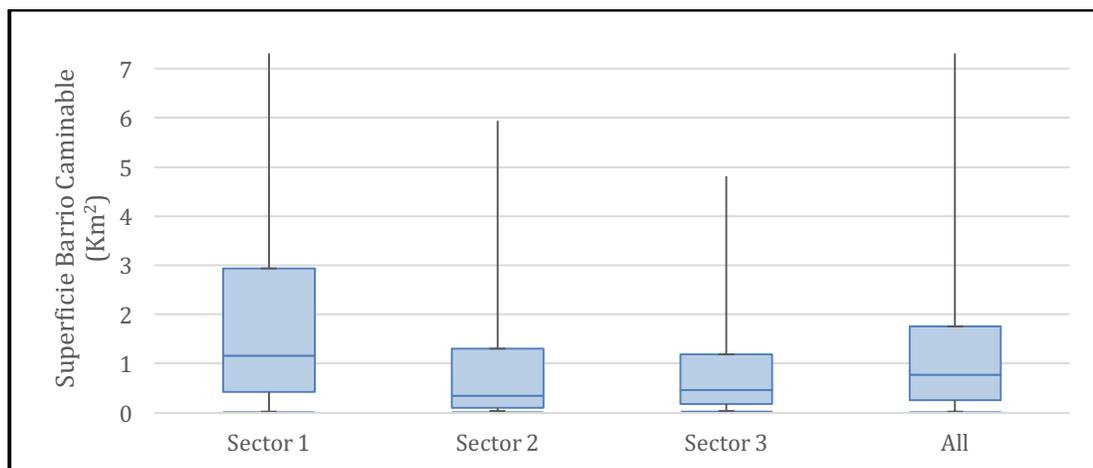


Figura 4-8: Gráfico de cajas para la superficie del barrio caminable en cada sector.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4-9: Ejemplos de respuesta de barrios

Fuente: Elaboración propia

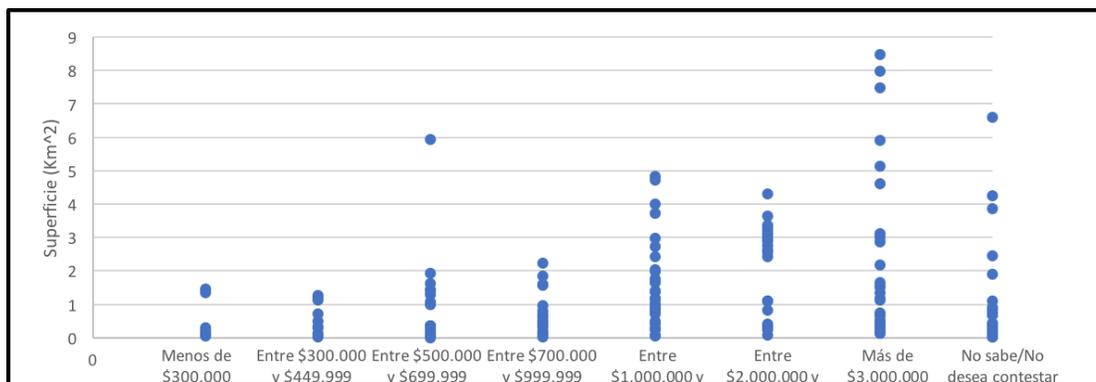


Figura 4-10: Tamaño de barrio por categoría de ingresos

Fuente: Elaboración propia

A partir de las preguntas de las actividades a las que acceden caminando desde el hogar las personas, es posible calcular la estimación de la cantidad de viajes diarios que realiza el individuo partiendo o llegando a su hogar a pie. La Tabla 4-5 resume las estadísticas totales y por barrio.

Tabla 4-5: Tasa de viajes a pie persona. Fuente: Elaboración propia

Sector	Observaciones	Media $\left[\frac{\text{Viajes a pie}}{\text{día persona}} \right]$	Desviación Estándar
Alto	72	1.8039	0.1015
Bajo	46	1.9709	0.1886
Medio	52	2.2824	0.1818
Todos	170	1.9954	0.0877

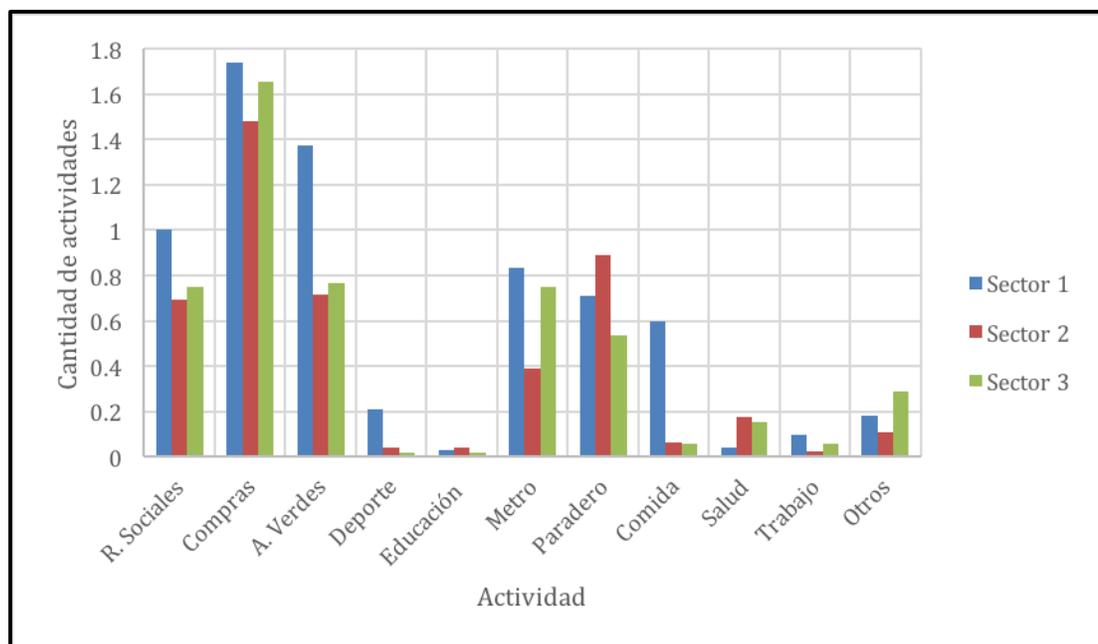


Figura 4-11: Actividades promedio realizada a pie por individuo en cada sector y por tipo

Fuente: Elaboración propia

En contraposición a lo que se obtuvo en los resultados expuestos anteriormente, a pesar de tener los barrios más grandes, las personas del sector alto tienen en promedio menos viajes diarios a pie, lo cual podría eventualmente sugerir que hay una correlación

negativa entre tamaño del barrio y frecuencia de viajes. Sin embargo, al calcular el coeficiente de correlación de Pearson entre ambas variables, se obtiene un valor de 0.0858, lo cual muestra que la correlación estadística es baja y por lo tanto no se puede establecer una relación *a priori*.

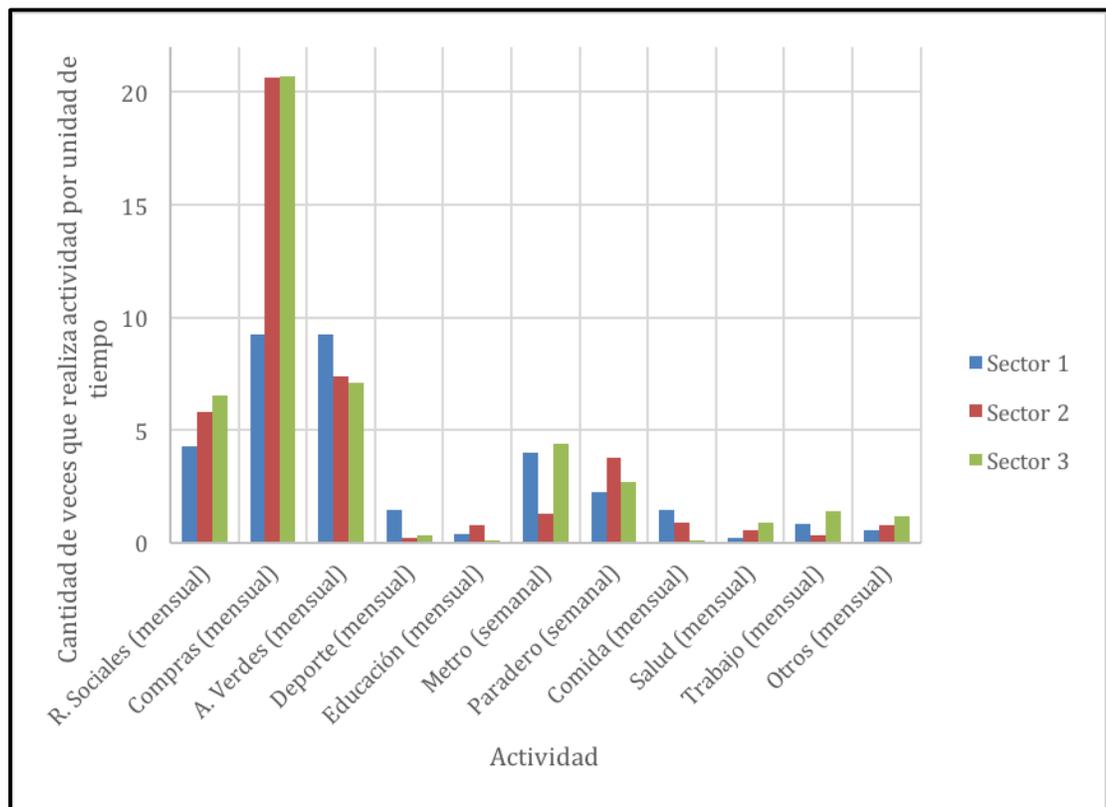


Figura 4-12: Frecuencia promedio de acceso a actividades realizadas a pie por individuo en cada sector y por tipo

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4-11 muestra la cantidad promedio de actividades por sector y tipo de actividad y la Figura 4-12 muestra la frecuencia promedio con la que se accede a cada una de estas oportunidades. En el Anexo C: Respuestas encuesta se puede encontrar una tabla numérica con promedios y desviación estandar de la información expuesta. Al

respecto de esta información, se resaltan dos situaciones. Primero, a pesar de que en el sector alto en promedio tienen más actividades asociadas a redes sociales, a compras y a áreas verdes, en los sectores bajo y medio hay mayor frecuencia de acceso a estos lugares. Esto sugiere que los sectores bajo y medio tienen mayor actividad social, comercial y recreacional y prefieren (o están obligados) a caminar antes de usar otros modos, respecto a las personas del sector alto. En segundo lugar, al sumar las frecuencias de metro y paradero, es posible ver que las personas del sector medio usan en promedio más el transporte público, luego el sector alto y finalmente el bajo.

Una de las principales utilidades que se le puede dar a esta información está asociada al nivel de uso de los individuos respecto al espacio que declaran como parte de su barrio caminable. Con esto, se podría predecir la cantidad de viajes a pie que lleva a cabo una persona.

4.3 Información de individuos para testeo

Con el fin de poder testear los resultados de modelación, se requiere contar con la información completa de la población en algún lugar determinado. La delimitación física de la población que será analizada y su descripción serán abordados en el capítulo 6. En esta sección será descrito cómo se obtiene la información y cómo es procesada.

4.3.1 Censo 2012: Fundamentación y utilidad

Se cuenta con la base de datos del censo 2012 (INE, 2013). Este fue declarado como información no oficial por una serie de motivos que no serán abordados en este trabajo. Lo fundamental al respecto, es declarar que, al no ser una fuente oficial de información, los resultados que se puedan obtener a partir de este no pueden ser utilizados para la toma de decisiones. Sin embargo, el objetivo de esta tesis no es tener resultados concluyentes, sino más bien mostrar que la metodología propuesta puede ser útil como herramienta para políticas públicas. Esto por lo tanto justifica la utilización de esta base de datos, solo con fines académicos.

4.3.2 Información requerida

El área de estudio corresponde al cuadrante ilustrado en la Figura 6-1. Este involucra a las comunas de Santiago, Renca, Recoleta, Estación Central, Independencia y Quinta Normal. Se desea a nivel de manzana, la cantidad de individuos que comprende cada uno de los grupos de estudio.

4.3.3 Extracción de información

La información censal está concentrada en una base de datos, de extensión *.bak*, que se procesa en el motor de bases de datos *SQL server*. Desde este, se exporta en formato *.csv* para así procesarla en cualquier motor y en particular, a través de *MySQL*. La base de datos es relacional, es decir, para distintas tablas hay conexión entre campos (Codd, 1970). Así, mediante consultas, se puede obtener la manzana donde reside cada individuo. De esta manera, se obtuvo la ubicación y características de toda la población inmersa en el cuadrante señalado.

5. RESULTADOS

En este capítulo son abordados los resultados de la modelación planteada. La primera sección hará énfasis en los supuestos en el conjunto de decisiones que se utiliza para la modelación, luego serán expuestos los resultados de los modelos estimados que serán validados en la siguiente sección. Luego de ser mostrada la validez de los resultados, estos serán usados para elaborar conclusiones acerca de la accesibilidad y finalmente se abordará la consistencia de los resultados con la literatura.

5.1 Construcción del conjunto de decisiones

La construcción de la variable c_{ijn} acarrea supuestos que se adaptan a la discretización del espacio expuesta anteriormente. El primero es referente a las decisiones positivas ($c_{ijn} = 1$) y el segundo a las negativas ($c_{ijn} = 0$). Ambos serán expuestos a continuación.

i) Decisiones positivas

Para cada barrio declarado, se superpone el polígono definido sobre la grilla y se realiza una intersección, a modo de obtener el barrio fraccionado en función de las celdas. Cada fracción del polígono tendrá un área, la cual será comparada con el área total de la celda (que es constante e igual a 10,000 metros²). Así, se considerará que la persona toma una decisión positiva sobre la celda, si la fracción cubre el 50% o más del área de la celda, es decir, si tiene un área de 5,000 metros² o más. La figura 5-1 ejemplifica lo descrito, mostrando al lado izquierdo un polígono (barrio) y al lado derecho la intersección de la grilla y el polígono. En este ejemplo, se visualiza que hay fragmentos del polígono ubicados en los bordes que no cubren más del 50% de la celda. En estos casos, sobre dicha celda, se considerará la decisión como negativa.

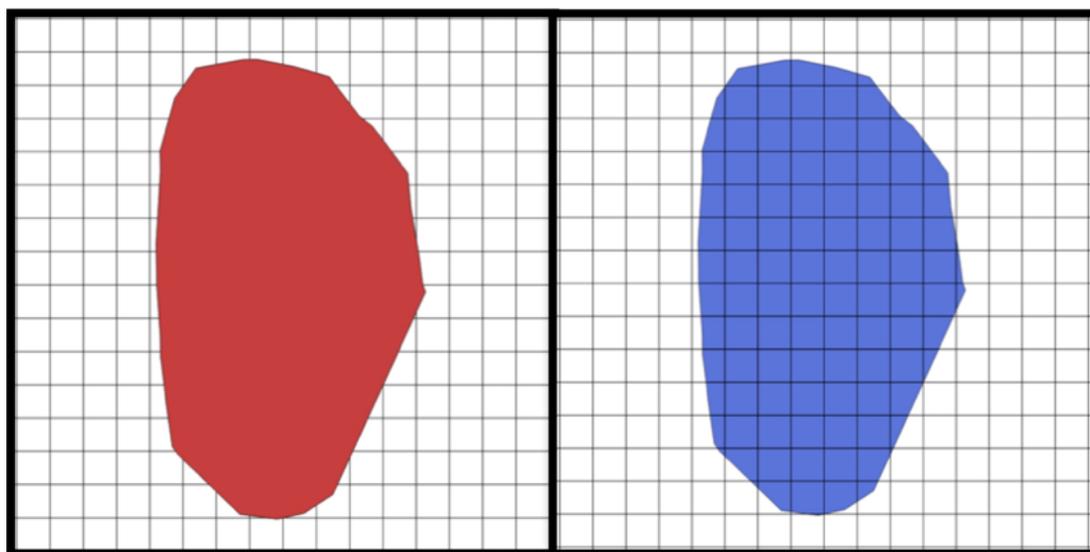


Figura 5-1: Ejemplo de barrio intersectado con grilla

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Los resultados obtenidos referentes a la aplicación de la metodología para obtener la cantidad de decisiones positivas por individuo están expuestos en la tabla 5-1.

A partir de estos resultados, son dos las principales conclusiones que deben resaltarse. Primero, que los barrios en el sector alto son mucho más grandes (en promedio) respecto a los sectores 2 y 3. En segundo lugar, en todos los casos la desviación es mayor al promedio, lo que significa que hay una gran heterogeneidad en los tamaños.

Tabla 5-1: Estadígrafos de decisiones positivas. Fuente: Elaboración propia

Estadígrafos Decisiones positivas	Sector alto	Sector bajo	Sector medio
Cantidad	15,915	3,679	4,453
Promedio	221.04	79.98	85.63
Desviación estándar	265.57	106.56	106.31

ii) Decisiones negativas

Para evitar sesgos en la construcción del conjunto de decisiones, cada individuo debiese decidir sobre la totalidad del espacio. Llevando esto a la parametrización que se utiliza en este estudio, la totalidad del espacio correspondería a la grilla donde está ubicada dicha persona. Sin embargo, hay una gran limitación respecto a considerar esto: la complejidad computacional.

Si un individuo tomara tantas decisiones como la grilla donde está ubicado, tomando solo la grilla del sector alto, que posee 4,355 celdas y 72 encuestados, habría un total de 313,560 decisiones. Esta cantidad de información que, si bien puede ser procesada, tiene altos costos en tiempo, por lo tanto, es necesario determinar algún tipo de metodología que considere una menor cantidad de información.

En primera instancia, se consideró la posibilidad de establecer un *buffer* de distancia fija sobre cada barrio. Luego, todas las celdas que se intersectan con dicho *buffer* y que no corresponden a decisiones positivas, serían tomadas como decisiones negativas. La figura 5-2 muestra esto, donde la línea negra corresponde al barrio declarado por la persona ubicada en el punto negro y la línea roja corresponde a la frontera del *buffer* sobre el barrio. En este caso, las celdas amarillas corresponderían a las celdas donde se toma la decisión positiva, mientras que todas las otras celdas contenidas por la línea roja corresponderían a las decisiones negativas.

El gran y principal problema de esta metodología, es que la cantidad de decisiones negativas es directamente proporcional a la cantidad de decisiones positivas lo cual provoca que se sobre representen los barrios más grandes en la muestra con lo cual queda sesgado el conjunto de decisiones.

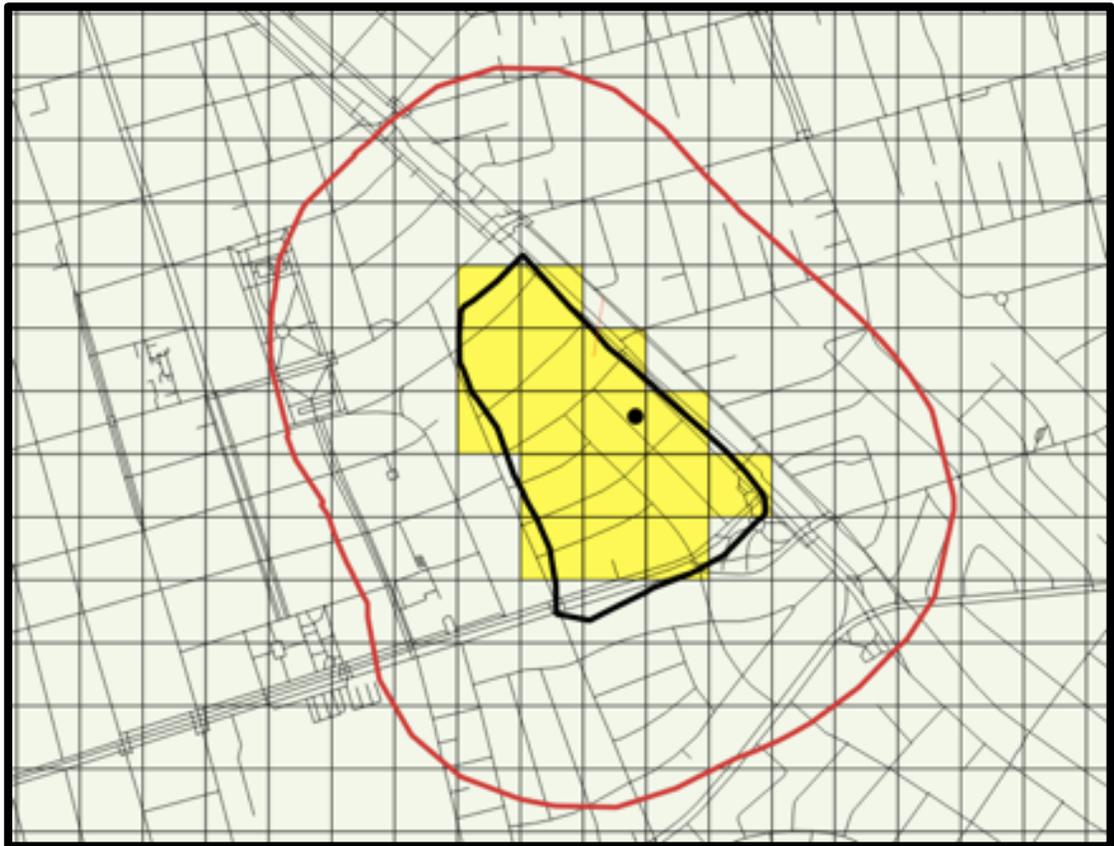


Figura 5-2: Ejemplo de barrio con decisiones sobre celdas resaltadas

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Esto motivó la búsqueda de otra metodología que mantuviera constante la cantidad de decisiones que toma un individuo sin importar el tamaño de su barrio. Así, en cada sector, se determinó un cuadrante de iguales dimensiones ubicado sobre cada barrio declarado. Se utilizó como supuesto la idea de que el individuo toma tantas decisiones como celdas estuvieran contenidas en este cuadrante, de modo que en cada sector se logró el objetivo de mantener constante la cantidad de decisiones. Los cuadrantes fueron determinados bajo dos perspectivas, tamaño y posición.

Tamaño: Su buscó que el cuadrante contuviera a todos o a la mayoría de los barrios. En particular, en el sector alto y en el 3 hubo barrios con una forma muy alargada que

generaba un cuadrante muy grande. Para solucionar eso, se crearon cuadrantes más grandes, pero proporcionales a los usados para el resto de los barrios y sobre estos se hizo una selección aleatoria de la cantidad de celdas de tal modo que se considerara el mismo número que en el resto de los casos. De esta manera, el cuadrante en el sector alto tiene dimensiones de 3 Km x 3 Km, el del sector bajo de 2.8 Km x 2.8 Km y en el 3 de 3.7 x 2.5 Km. Es necesario recalcar que en el sector medio el cuadrante no es un cuadrado debido a la reiterada forma alargada de los barrios.

Posición: Si bien no hubo un método numérico efectuado para ubicar los cuadrantes, el criterio es que estos estuviesen ubicados de tal manera que la localización del individuo y el centroide del cuadrante estuvieran lo más cercanos posible. En general es difícil respetar a cabalidad este criterio, debido a la heterogeneidad en las formas de los barrios que se representa en la asimetría de estos.

La Tabla 5-2 describe las estadísticas respecto a la cantidad de observaciones, tanto por sector como para el total. El sector alto concentra la mayor cantidad de observaciones, luego el 3 y finalmente el 2, lo cual es coherente con el tamaño de la muestra por sector. Por otra parte, el porcentaje de observaciones negativas es dominante, lo cual está explicado por la heterogeneidad en los tamaños de los barrios declarados.

Tabla 5-2: Resumen de estadísticas descriptivas de la cantidad de observaciones. Fuente: Elaboración propia

	Sector Alto	Sector Bajo	Sector Medio
Celdas donde $c_{ijn} = 1$	22.2%	10.2%	9.4%
Celdas donde $c_{ijn} = 0$	77.8%	89.8%	90.6
Número de celdas	64,952	36,064	47,200

5.2 Estimación de modelos

Las estimaciones de los modelos serán efectuadas mediante el software *Biogeme* (Bierlaire, 2003). La base de datos se construirá en base la información recolectada, descrita en el capítulo 4 y a la metodología propuesta en la sección anterior para determinar las decisiones negativas.

Se considerarán dos especificaciones para la función de utilidad. Estas se diferenciarán en cuanto a su funcionalidad y objetivo. La primera, buscará determinar un modelo que incluya solo variables que pueden ser obtenidas a partir de las fuentes de información descritas en la sección 4.3, para así poder pronosticar mediante el modelo. En segundo lugar, se buscará incluir variables que le den mayor explicación a la muestra, permitiendo así mayor interpretabilidad. El primer modelo será llamado “modelo predictivo” y el segundo “modelo explicativo”.

Para cada uno se considerará una especificación Multinomial, que no incluya el término de error adicional y una especificación basada en el Logit Mixto. Para el segundo, se considerará una distribución lognormal para el parámetro de la distancia. La ventaja de usar esta distribución, es que restringe el parámetro a ser de un signo determinado (Revelt & Train, 1998). Por lo tanto, esto garantiza que las personas nunca perciban un efecto positivo sobre la distancia, lo cual no tendría sentido. Para usar esta distribución, es necesario estimar los modelos considerando el negativo de la distancia. También, se considerará para cada modelo el test de verosimilitud (Neyman & Pearson, 1933) a modo de comprobar que el modelo restringido (mixto) es mejor que el general (multinomial). Para esto, se considerará un grado de libertad, dado que la única variable adicional que se agrega corresponde a la varianza de la variable aleatoria asociada al parámetro de la distancia.

i) Modelo Predictivo

En lo que respecta a la información de cada individuo, a partir del Censo 2012 (INE, 2013) y de la información que se obtuvo en la encuesta, se tomó la decisión de incluir

información respecto al género, discapacidad física, si vive con niños y la edad. Respecto a la información del entorno construido, se incluyen superficies por uso de suelo (comercio, parques e industria), cantidad de oportunidades (educación secundaria más primaria, establecimientos de salud y establecimientos de culto). También se incluye la distancia, como una variable aleatoria con distribución lognormal, y por último la variable asociada a las barreras. La Tabla 5-3 contiene los resultados del modelo predictivo. Para las superficies por uso de suelo se consideró logaritmo natural.

Tabla 5-3: Resultados Modelo Predictivo. Fuente:Elaboración propia

Variable	MNL		ML	
	Valor	Test - t	Valor	Test - t
Parámetros Distancia (Kilómetros)			Distribución Lognormal	
Media	-0.126	-6.92	-0.252	-12.55
Desviación			1.890	18.39
Atributos socioeconómicos				
Edad	-0.019	-55.85	-0.0168	-51.14
Mujer (Variable muda)	-0.431	-36.30	-0.432	-34.81
Niños (Variable muda)	0.095	8.52	0.147	12.18
Discapacidad Física (Variable muda)	-0.680	-17.00	-0.708	-17.34
Indicadores Entorno Construido				
Comercio (LN)	0.108	35.92	0.150	34.86
Parques (LN)	0.009	3.47	0.017	5.80
Industria (LN)	-0.122	-25.34	-0.128	-25.37
Culto (#)	0.107	2.67	0.131	3.04
Educación (#)	0.058	3.63	0.085	4.92
Salud (#)	0.089	2.03	0.111	2.37

Metro (Variable muda)	0.365	5.65	0.353	4.97
Barrera (Variable Muda)	-0.722	-42.98	-0.708	-39.56
Estadísticos				
Logverosimilitud Final	-52,388.230		-52,218.249	
ρ^2	0.474		0.089	
Test de razón de verosimilitud	339.962			

ii) Modelo Descriptivo

Este modelo incluye variables que no se pueden obtener a partir de la fuente descrita, como lo son la posesión de perro, hábitos de movilidad y nivel de ingresos. Además, también se incluyen variables mudas por sector, de modo de incorporar el efecto propio a cada lugar.

Tabla 5-4: Resultados modelo Descriptivo. Fuente: Elaboración Propia

Variable	MNL		ML	
	Valor	Test - t	Valor	Test - t
Parámetros Distancia (Kilómetros)			Distribución Lognormal	
Media	-0.423	-15.09	-0.456	-6.91
Desviación			1.200	7.66
Atributos socioeconómicos				
Edad	-0.017	-42.98	-0.0184	-43.48
Mujer (Variable muda)	-0.438	-35.25	-0.448	-33.06
Niños (Variable muda)	0.047	4.07	0.044	3.35
Discapacidad Física (Variable muda)	-0.523	-13.41	-0.560	-13.94
Ingreso Bajo (Variable muda)	-0.134	-6.46	-0.162	-7.33

Ingreso Alto (Variable muda)	0.532	26.47	0.664	29.28
Posesión de perro (Variable muda)	0.184	15.65	0.174	13.71
Transporte Privado (Variable muda)	-0.371	-30.07	-0.390	-28.94
Indicadores Entorno Construido				
Comercio (LN)	0.102	28.61	0.135	29.51
Parques (LN)	0.005	2.02	0.011	3.5
Industria (LN)	-0.021	-4.01	-0.028	-4.98
Culto (#)	0.249	6.36	0.271	6.16
Educación (#)	0.028	1.72	0.047	2.57
Salud (#)	0.158	3.69	0.166	3.4
Metro (Variable muda)	0.167	2.56	0.192	2.57
Barrera (Variable muda)	-1.340	-65.19	-1.430	-57.85
Otros				
Sector alto	1.48	51.4	1.530	47.21
Sector bajo	-0.349	-12.73	-0.348	-11.7
Sector medio	-0.447	-16.77	-0.252	-7.66
Estadísticos				
Logverosimilitud Final	-49,446.629		-49,270.996	
ρ^2	0.503		0.520	
Observaciones	148,216			
Test de razón de verosimilitud	351.266			

5.3 Discusión

La Tabla 2-2 de la revisión bibliográfica muestra que los resultados obtenidos, asociados a parámetros socioeconómicos, se han obtenido antes en la literatura. La edad tiene un efecto negativo, al igual que ser mujer, poseer una discapacidad física o

moverse principalmente en vehículo privado. Para todas estas situaciones, hay mayor sensibilidad a la distancia, lo cual indica que las actividades a las que acceden a pie están en promedio más cerca de sus hogares. Ocurre lo opuesto con poseer perro o tener ingresos altos, para estas situaciones hay menor sensibilidad a la distancia, lo que quiere decir que las personas están dispuestas a caminar distancias más largas para acceder a actividades. El caso del ingreso es interesante de destacar, pues la causalidad no es intuitiva, pareciese ser que esta variable puede estar correlacionada con otras que están ausentes en el estudio, como por ejemplo la calidad estética del entorno.

Otra característica importante de los modelos estimados está asociada al parámetro de la distancia. Primero, el valor es consistente con lo esperado, siempre entregará valores negativos a la distancia, con lo cual la probabilidad de incluir una celda como parte del barrio tendrá que disminuir a medida que se aleja del hogar. Por otra parte, es capaz de absorber la heterogeneidad entre los individuos al estar dado por una distribución de probabilidad. En particular, el modelo ML descriptivo tiene como parámetros para la distribución lognormal de la distancia (negativa) de -0.456 y 1.2 . La Figura 5-3 corresponde al gráfico de la función de densidad y la Figura 5-4 el gráfico de la función acumulada.

Ambos gráficos, aparte de ilustrar la función correspondiente, muestran la posición del parámetro obtenido en el modelo MNL descriptivo, con un valor -0.413 . Es posible ver, que es menor que la media de la distribución, es decir, en promedio, el valor del parámetro debería asignar un mayor peso a la distancia. La función de probabilidad acumulada señala que en aproximadamente el 36% de los casos el valor del parámetro tomará un valor menor o igual al valor que tiene en el modelo MNL.

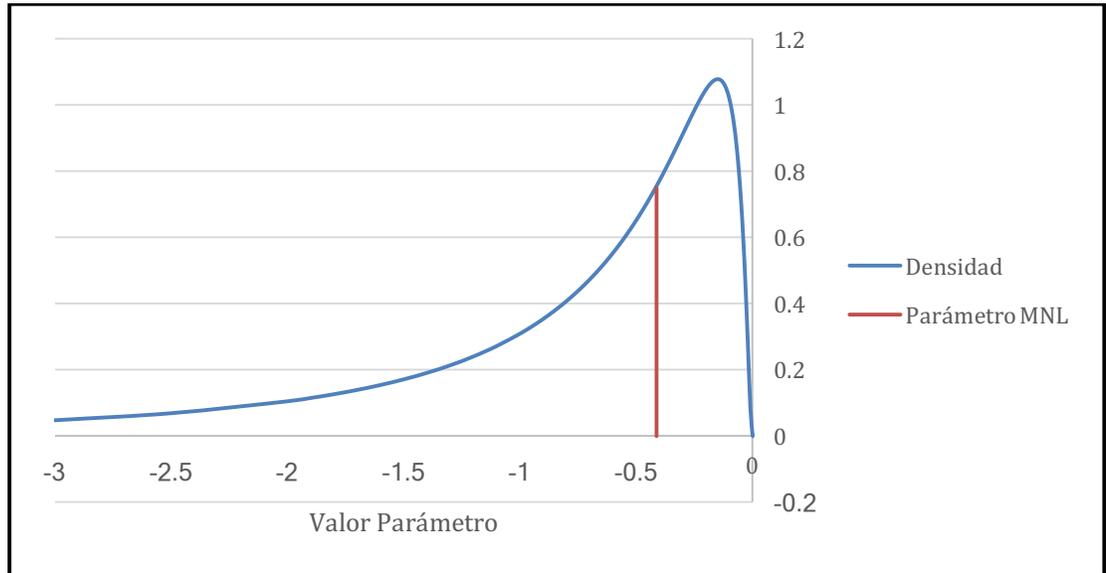


Figura 5-3: Función de densidad del parámetro de distancia

Fuente: Elaboración propia

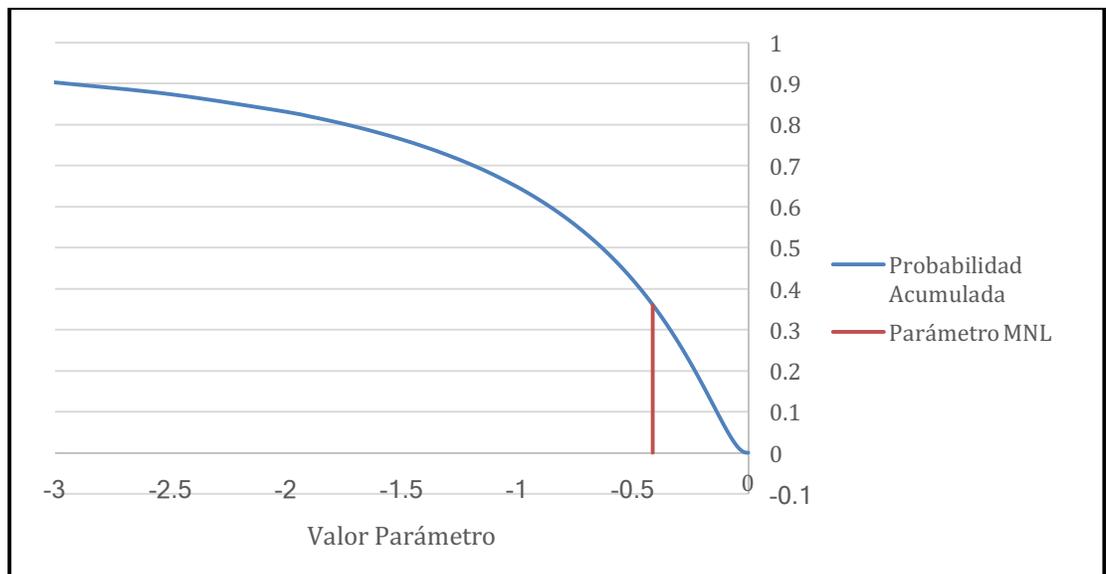


Figura 5-4: Función Acumulada del parámetro de distancia

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a las variables de entorno construido, se encuentra que la gran mayoría se posiciona como atractora, salvo los usos destinados a industria y las variables asociadas a la presencia de barreras. En las variables de superficie construida sobresale principalmente la presencia de comercio, teniendo el mayor peso y aporte en la probabilidad de pertenencia de una celda. Los parques tienen un impacto bajo, pero positivo y el uso industrial altamente negativo. Las construcciones particulares también muestran gran, y diversa, atraktividad. Por ejemplo, una estación de metro aporta el doble a la utilidad respecto a las edificaciones destinadas a culto, las que a su vez son el doble de atractivas que las destinadas a educación y salud. Las barreras también tienen un gran peso. Se necesita una gran cantidad de superficie o presencia de otros usos para compensar este valor, lo que significa, que se requiere que una celda tenga una gran cantidad de oportunidades atractivas para que una persona esté dispuesta a llegar a esta si tiene que cruzar una barrera.

Finalmente, los parámetros asociados a los sectores reflejan dos cosas, la proporción de respuestas por sector y la partición de mercado. A partir de la Tabla 5-2 es posible ver que la proporción de respuestas positivas es mayor en el sector alto, luego viene el sector bajo y finalmente el 3. También, de esta tabla se desprende que el sector alto es el que mayor cantidad de observaciones positivas posee, luego el 3 y finalmente el 2. Los valores de los parámetros en el modelo MNL descriptivo reflejan entonces que dentro de la muestra es más probable que una observación positiva sea del sector alto, luego del 2 y finalmente del 3. Por lo tanto, su presencia sirve para corregir por estas diferencias en proporción de mercado y así darle mayor capacidad explicativa al resto de los parámetros.

5.4 Accesibilidad

Los parámetros obtenidos en el modelo predictivo entregan toda la información necesaria para la formulación de accesibilidad. La Tabla 5-5 contiene los parámetros que serán utilizados para mostrar cómo, a partir del modelo de barrio caminable, se calibra

un modelo de accesibilidad percibida para algunos individuos y usos en particular. Estos valores son obtenidos a partir del modelo MNL predictivo.

Tabla 5-5: Parámetros accesibilidad. Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Valor
Distancia	-0.126
Edad	-0.019
Mujer	-0.431
Comercio	0.108
Áreas Verdes	0.009

Si se asumen 100 m², es posible ver cómo cambia la accesibilidad percibida para distintos tipos de persona. En particular, se analizarán tres personas distintas y su accesibilidad a comercio y áreas verdes. El detalle de las características se encuentra en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6: Características de individuos a analizar para accesibilidad. Fuente: Elaboración propia

Individuo (n)	Género	Edad
1	Femenino	20
2	Masculino	35
3	Femenino	60

A partir de estos parámetros, se calcularon los valores para Acc_{ijkp} , de cada individuo, en un rango de 0 a 6 Km, con lo cual es posible ver dos cosas. Primero, que la accesibilidad efectivamente varía entre individuos, lo cual confirma el planteamiento de

Geurs & van Wee (2004) respecto a la idea de que la accesibilidad posee un componente individual, es decir, va a variar en función de las características de la persona. Lo segundo, tiene relación con la diferencia por tipos de usos de suelo, 100 m² de comercio proporcionarán mayor accesibilidad a un individuo que 100 m² de parques.

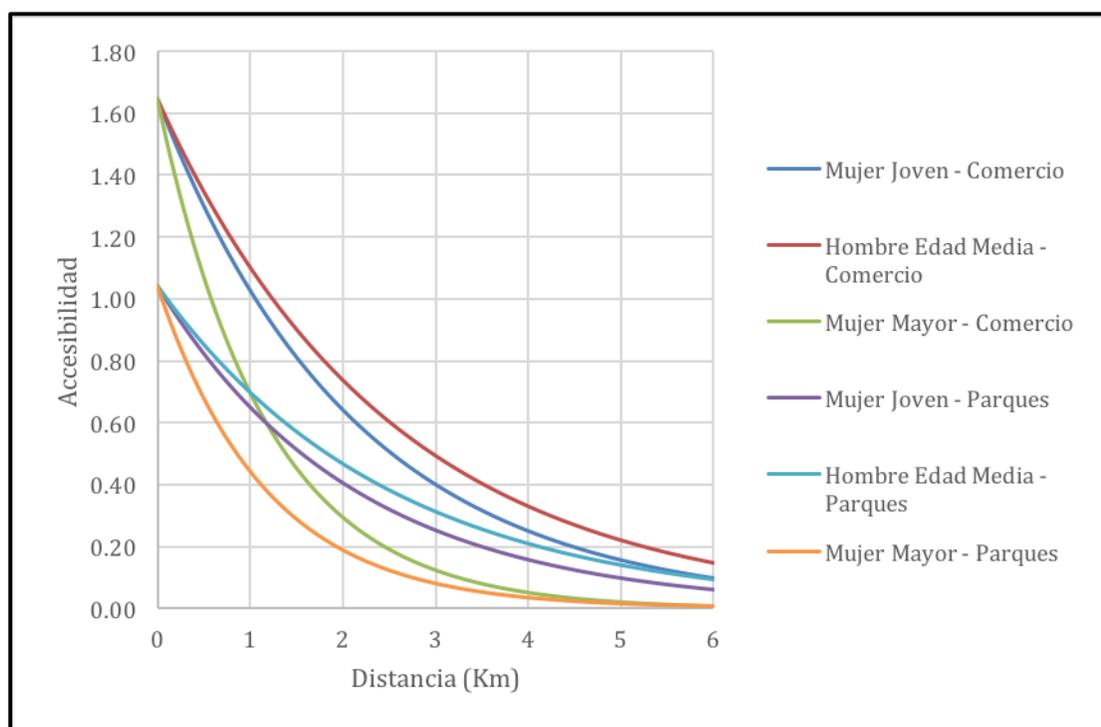


Figura 5-5: Evaluación de accesibilidad a los Comercio (C) y Áreas Verdes (P), para tres personas.

Fuente: Elaboración propia

Si bien los valores para la accesibilidad carecen de unidades y por lo tanto se pierde la intuición detrás de qué significa cada valor, si se pueden comparar entre sí los valores bajo la premisa de que mientras más alto (bajo) sea el valor, habrá mayor (menor) accesibilidad. Por otra parte, también se puede comprender el rango máximo y mínimo, donde por ejemplo, para una mujer de 60 años, usos de suelo como parque y comercio pierden casi todo su valor a 4 kilómetros de distancia. Mientras que, para un hombre de

30 años a la misma distancia, estas superficies tienen algún grado de importancia, que aunque sea bajo, no es despreciable.

5.5 Validación

Para validar los modelos, se seleccionó aleatoriamente la información entregada por el 80% de los encuestados y sobre esta fracción se aplicó el modelo descriptivo. Sobre el 20% restante se aplicaron los parámetros obtenidos para corroborar el nivel de ajuste. Así, de los 164 individuos utilizados para estimar modelos, se seleccionaron 134 y se estimó un modelo utilizando la misma especificación del modelo descriptivo. Con los parámetros obtenidos, se procedió a simular las observaciones de los 30 individuos restantes. La Tabla 5-7 muestra los resultados de la estimación con esta muestra parcial, donde resalta la similitud de valores y significancias a los expuestos en la Tabla 5-4.

Tabla 5-7: Resultados modelo de Validación. Fuente: Elaboración propia

Variable	ML	
	Valor	Test - t
Parámetros Distancia (Kilómetros)	Distribución Lognormal	
Media	-0.459	-6.66
Desviación	1.17	17.91
Atributos socioeconómicos		
Edad	-0.016	-34.88
Mujer (Variable muda)	-0.344	-23.89
Niños (Variable muda)	0.144	10.50
Discapacidad Física (Variable muda)	-0.573	-14.40
Ingreso Bajo (Variable muda)	-0.186	-8.06
Ingreso Alto (Variable muda)	0.552	24.34
Posesión de perro (Variable muda)	0.277	20.59

Transporte Privado (Variable muda)	-0.534	-35.43
Indicadores Entorno Construido		
Comercio (LN)	0.139	28.73
Parques (LN)	0.012	3.73
Industria (LN)	-0.024	-4.07
Culto (#)	0.228	4.79
Educación (#)	0.063	3.15
Salud (#)	0.143	2.74
Metro (Variable muda)	0.166	1.97
Barrera (Variable muda)	-1.540	-56.82
Otros		
Sector alto	1.710	50.05
Sector bajo	-0.323	-10.44
Sector medio	-0.464	-13.21
Estadígrafos		
Observaciones	123,496	
Logverosimilitud final	-42,134	
ρ^2	0.505	

Para verificar el nivel de ajuste de los parámetros estimados, se procederá a calcular los valores de P_{ijn} para cada uno de los individuos perteneciente al 20% restante de la muestra. Luego, con estas probabilidades se utilizará como indicador de ajuste la fórmula de logverosimilitud dada por la ecuación (5-1).

$$l(\theta) = \sum_{n \in N} \sum_{j \in CS_n} (c_{ijn} \cdot \ln(P_{nij}) + (1 - c_{ijn}) \cdot \ln(1 - P_{nij})) \quad (5-1)$$

Donde CS_n corresponde al conjunto de decisiones asociado al individuo n . Cuando se compara la verosimilitud obtenida del modelo nulo ($P_{ijn} = 0.5 \forall n, i, j$) se obtiene un indicador de rho cuadrado de 0.696, lo que significa que el modelo predice bien y que es significativamente mejor que el modelo con información nula.

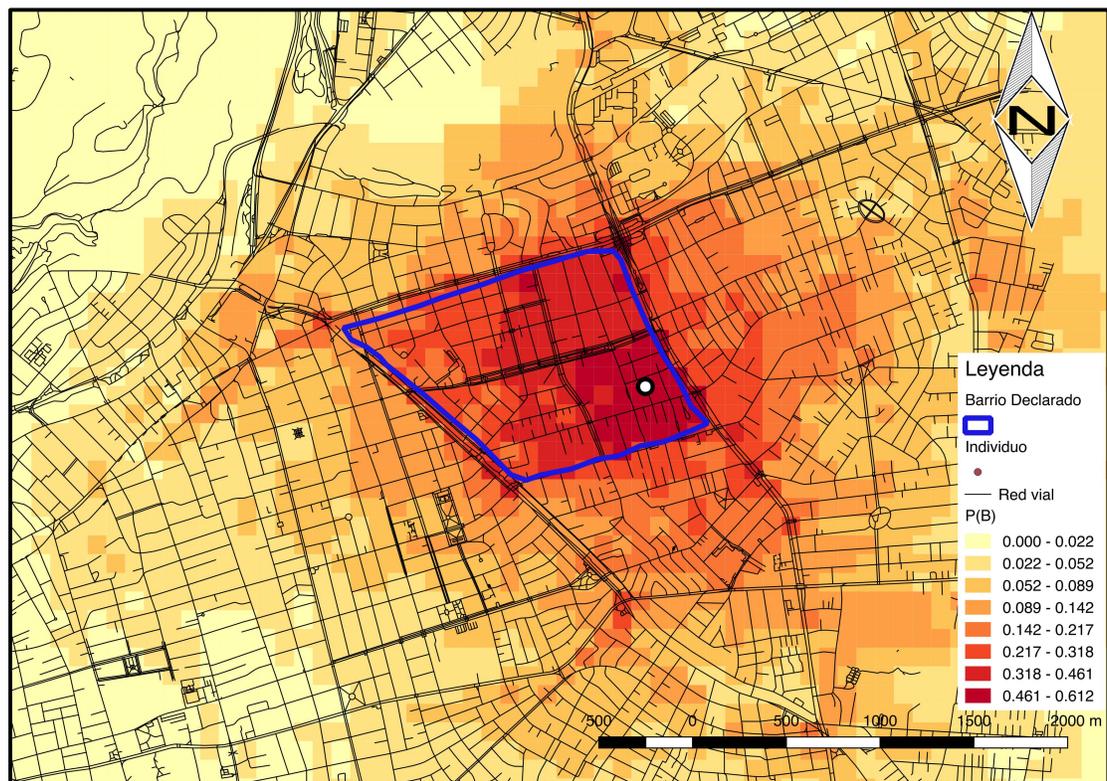


Figura 5-6: Barrio declarado y barrio modelado de primera persona

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Ahora bien, con los resultados no solo se pueden elaborar estadísticos matemáticos, también se puede mapear la información y así, mediante inspección visual, corroborar el nivel de certeza en los modelos propuestos. Para esto, se propone tomar dos individuos representativos de la muestra de 30 individuos y georreferenciar sus mapas de calor

junto a sus barrios declarados. La Figura 5-6 muestra a una mujer, de 38 años, sin hijos, mientras que la Figura 5-7 muestra a una mujer, de 40, con hijos.

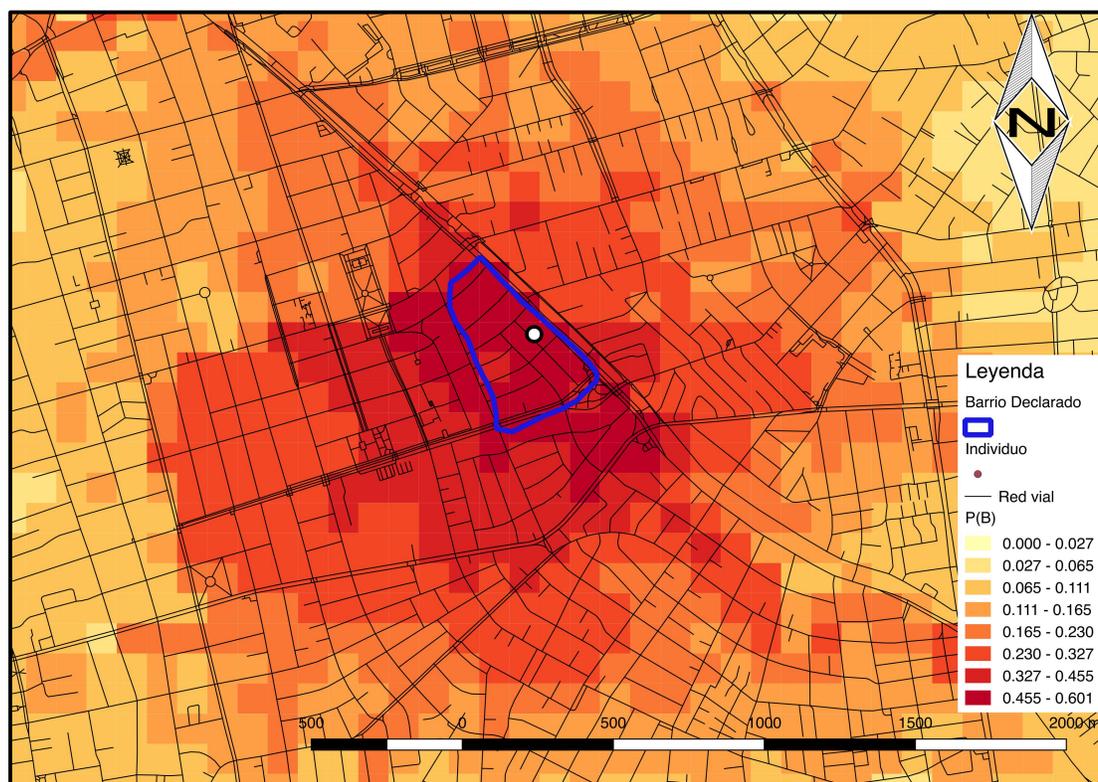


Figura 5-7: Barrio declarado y barrio modelado de primera persona

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Ambas imágenes muestran dos casos distintos de barrio reportados contrastados con la predicción. En el primero, es posible ver un ajuste visual correcto mientras que en la segunda se ve una sobre estimación del barrio. Esto es una prueba más de la situación que se aclaró anteriormente, la percepción del barrio caminable es heterogénea en la población y no solo se refleja en la declaración, también se refleja en la modelación. Dado que la estimación de modelos refleja una valoración de atributos promedio, siempre habrá casos donde se subestime o sobreestime.

6. CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CENTRAL

Para evaluar la herramienta propuesta en este trabajo, se desarrollará un caso de estudio enfocado en la realidad de la ciudad de Santiago. En este capítulo se presentará el desarrollo de este caso de estudio, donde en la primera sección se describirá el proyecto que será evaluado, luego se hará un análisis del área de estudio previa al proyecto y posterior al proyecto y en las siguientes secciones se simulará el barrio caminable para individuos representativos (tercera sección) y para la población completa de forma agregada, obteniendo el indicador $E(B_i)$.

6.1. Definición del proyecto

El área de estudio se enmarca en la zona céntrica de la ciudad de Santiago, abarcando parte las comunas Santiago, Estación Central, Quinta Normal, Renca, Recoleta e Independencia. La Figura 6-1 ilustra su ubicación georreferenciada.

En un noticiario se anunció la posibilidad de construcción de un parque sobre la Autopista Central en el tramo que va desde la Alameda hasta aproximadamente la calle San Pablo (Teletrece, 2016)⁴. Esto se realizó anteriormente en Estados Unidos, en particular en Dallas, se creó el parque *Klyde Warren* sobre la autopista *Woodall Rodgers Fwy*, donde básicamente se construyó un parque a modo de techo sobre la autopista. Ozdil et al. (2014) presentan una metodología de evaluación sobre este y otros proyectos urbanos de áreas verdes, dando cuenta de que el impacto social de este parque en particular es beneficioso.

El proyecto tiene dos grandes impactos asociados a las variables que influyen en la percepción del barrio caminable: el aumento de superficie destinada a áreas verdes y la eliminación de una barrera. La forma de modelar esto, será agregar a todas las celdas por las que cruza la Autopista Central, entre Avenida Libertador Bernardo O'Higgins y Avenida San Pablo, 5,000 m² de áreas verdes. La Figura 6-2 y la Figura 6-3 ilustran este

⁴ Noticia disponible en <http://www.t13.cl/videos/nacional/video-parque-cubrira-autopista-central>

cambio. Por otra parte, el perder una barrera altera los bloques que definen la variable W_{ij} . Esto se puede ver en la Figura 6-4 y en la Figura 6-5.

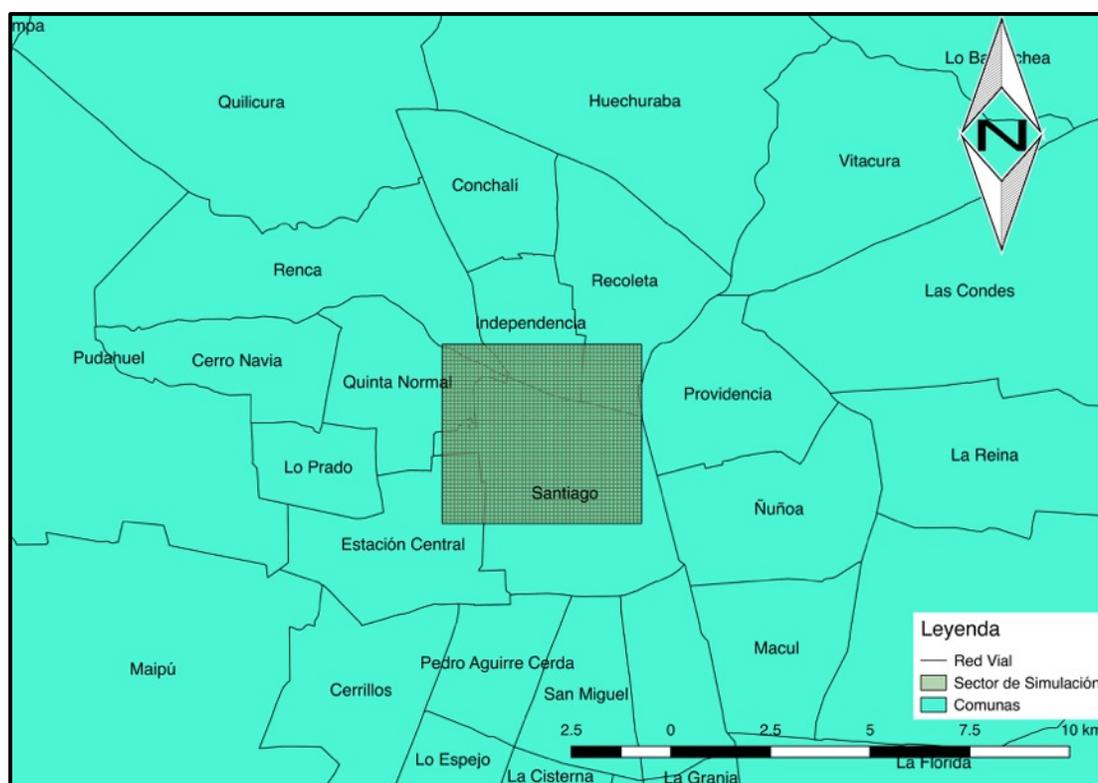


Figura 6-1: Sector de simulación

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Se analizará cómo el proyecto altera la percepción del barrio caminable sobre la zona ubicada en el triángulo formado por la avenida Libertador Bernardo O'Higgins, el río Mapocho y la avenida Matucana. Este triángulo está representado en las imágenes asociadas a los bloques. Así, será analizada toda la población sobre el cuadrante del área de estudio, pero solamente será evaluada la percepción del barrio caminable asociada al triángulo en cuestión. Esto se debe a que no solo las personas inmersas en dicha figura perciben de cierta forma ese espacio, sino que también las personas que lo rodean.



Figura 6-2: Superficie de áreas verdes en sector de simulación en situación base

Fuente: Elaboración propia



Figura 6-3: Superficie de áreas verdes en sector de simulación en situación con proyecto

Fuente: Elaboración propia

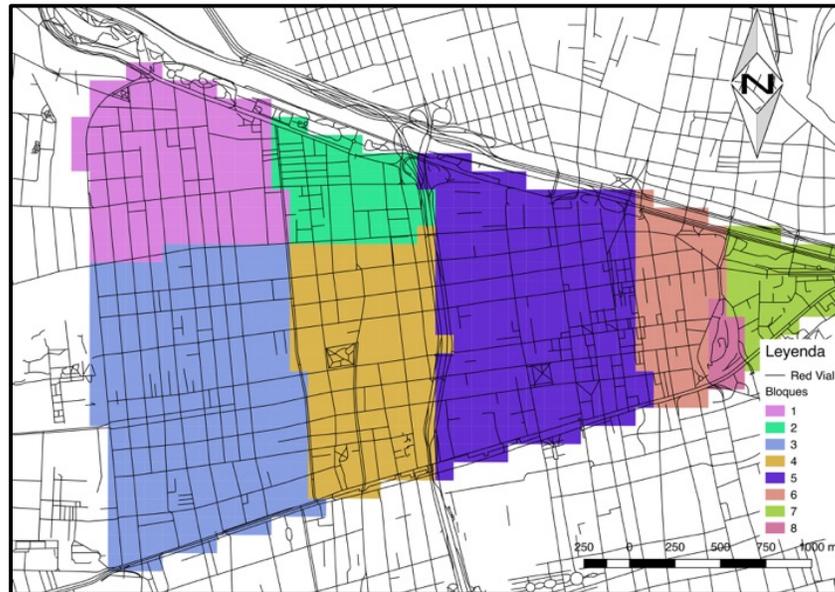


Figura 6-4: Bloques en sector de simulación sin proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

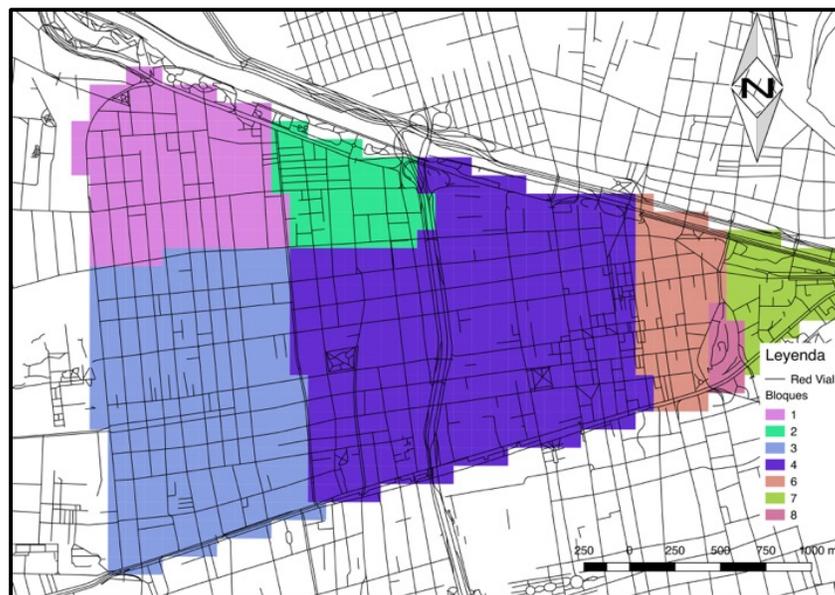


Figura 6-5: Bloques en sector de simulación con proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

6.2. Descripción área de estudio

6.2.1. Análisis del espacio

Inmersa en la zona céntrica de la ciudad, el área de estudio está compuesta mayoritariamente de superficie destinada a oficinas, comercio y vialidad. Contiene lo que es reconocido como el casco histórico de Santiago, el triángulo que se forma entre el río Mapocho, la avenida Libertador Bernardo O'Higgins y la Autopista Central. Este es un lugar de gran historia y parte de la tradición cultural de la capital chilena. Su distribución en el uso de suelo provoca, por lo demás, que gran parte de la actividad económica de la ciudad se concentre allí, lo que, a su vez, la posiciona como uno de los lugares con mayor atracción de viajes.

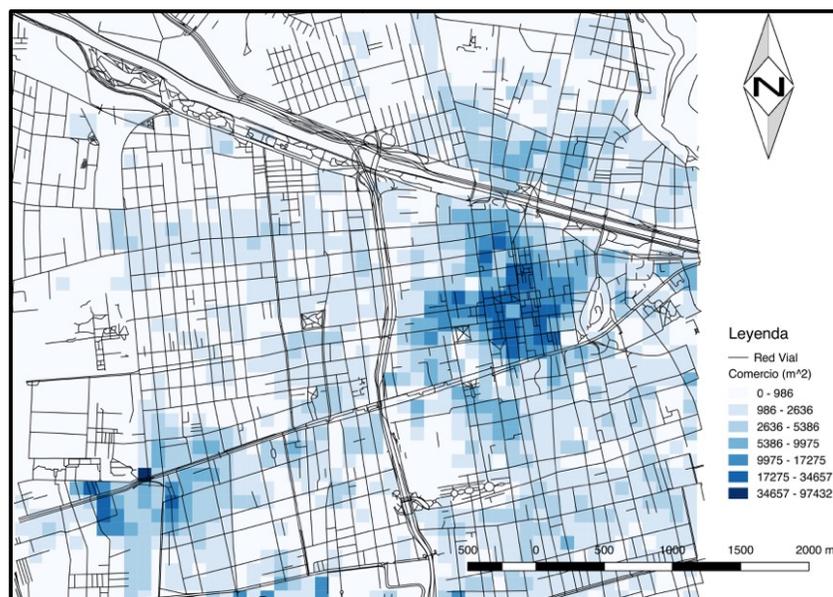


Figura 6-6: Superficie destinada a comercio en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

En la Figura 6-6 es posible ver cómo se distribuye la superficie destinada a comercio, destacando principalmente su alta concentración en el triángulo histórico y su

distribución casi homogénea en el resto del territorio. En la Figura 6-7 se expone la distribución del uso industrial, destacando su presencia sobre todo en la esquina superior izquierda, que corresponde al inicio de la comuna de Renca, zona reconocida como industrial.

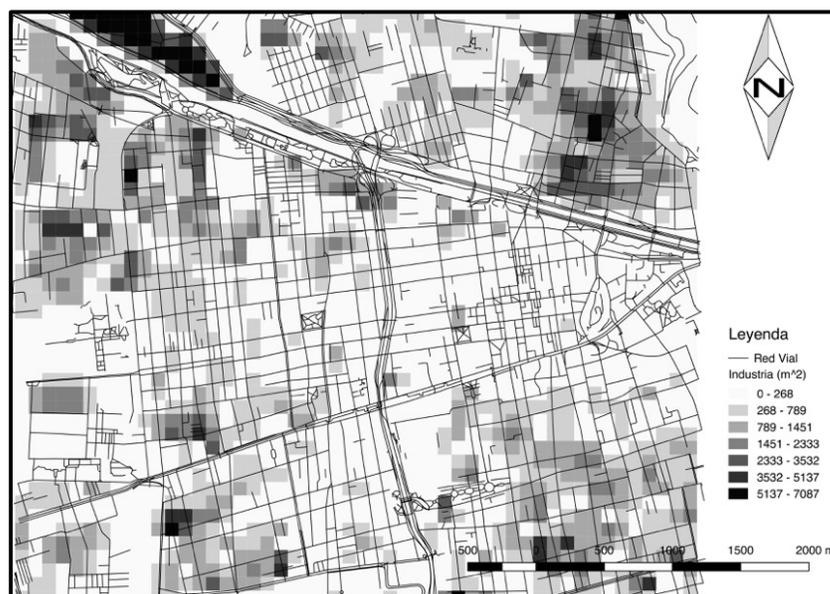


Figura 6-7: Superficie destinada a industria en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

6.2.2. Análisis de la población

La población se estudia a nivel de celda. Como fue descrito anteriormente, a partir de la información censal, se asigna cada individuo a la celda correspondiente. En la Figura 6-8 se ilustra la distribución de la población, donde lo primero que resalta es la cantidad de discontinuidades, es decir, celdas sin individuos entre otras que si tienen. Esto se debe a que no existe población en toda el área de estudio, pues no toda la superficie está destinada a usos residenciales. Lo segundo que destaca es la cantidad de celdas con una

gran concentración de individuos, lo cual se debe en particular a la presencia de edificios residenciales, los cuales aumentan considerablemente la densidad poblacional.



Figura 6-8: Distribución de población en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

En total, la zona de estudio tiene 301,100 personas, de las cuales en 50.22% son mujeres y el 49.78% hombres. En promedio, la edad es de 34.35 años con una desviación 19.4 años. 3,313 personas poseen algún tipo de discapacidad física y el 11.13% vive con niños menores a 14 años.

6.3. Efectos sobre $\overline{P_{ijn}}$

A partir del modelo predictivo expuesto en la Tabla 5-3, se procedió a calcular para cada individuo de la zona de estudio, la probabilidad de que cada celda perteneciente a una zona particular, sea parte de su barrio caminable. Esto se lleva a cabo seleccionando cada combinación entre individuo y celda (nj) y partir del conjunto de variables X_{ijn} , el conjunto de parámetros β y la ecuación (3-5) se estima la probabilidad de que c_{ijn} tome valor uno. Los cálculos fueron efectuados a través de un código escrito en *Python*.

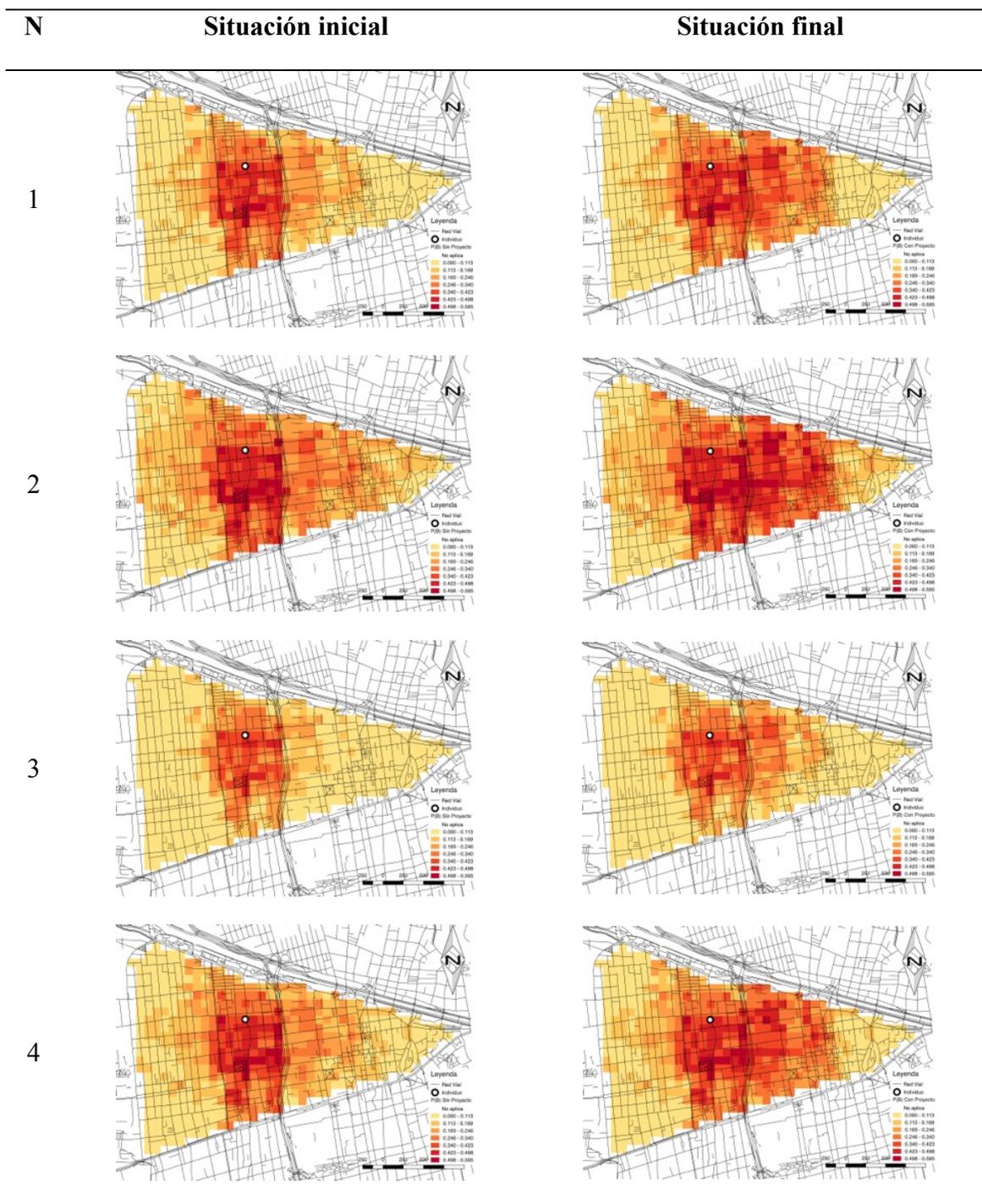
Se seleccionaron cuatro individuos con distintas combinaciones de las variables a utilizar. La Tabla 6-1 contiene las características de los individuos que serán estudiados y la Tabla 6-2 muestra el mapa de calor en la situación sin y con proyecto para dichas personas.

Tabla 6-1: Características de individuos a estudiar. Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Individuo (n)	Género	Edad	Discapacidad Física	Vive con niños menores de 14
1	Femenino	36	No	Si
2	Masculino	35	No	No
3	Masculino	42	Si	No
4	Femenino	24	No	No

Es interesante notar las diferencias entre cada barrio (o mapa de calor). Los valores obtenidos para los parámetros se reflejan al georreferenciarlos, donde por ejemplo las mujeres tienen a tener barrios más pequeños dada su mayor sensibilidad respecto a la distancia. La metodología permite diferenciar por perfiles de persona y así comprender cómo cada una construye mentalmente los límites de su barrio.

Tabla 6-2: Mapa de calor del barrio caminable de individuos representativos. Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis



Ahora bien, es necesario generar el sentido práctico del crecimiento (o disminución) de la probabilidad de inclusión de la celda en el barrio caminable. Lo primero, es que, con solo mantenerse la frecuencia de viajes a pie, la expansión del mapa de calor ya acarrea consigo un aumento en las distancias que recorrerá el individuo, lo que se traduce en una mayor actividad física. Como fue señalado con anterioridad, más viajes a pie (o viajes más largos) tienen impactos directos sobre el sistema de transporte y sobre la salud de la población. Por otra parte, la ampliación de la zona crítica o el aumento de las probabilidades proviene necesariamente de un aumento en la accesibilidad a pie, es decir, que el barrio caminable crezca significará un aumento en la accesibilidad.

Finalmente, el foco puede establecerse en los servicios y en las personas que los usarán. Por ejemplo, se considera el siguiente caso hipotético: 300 metros al este de la autopista central, en la zona donde se construye el parque, hay un consultorio. El individuo 2, en la situación previa al proyecto, dada la probabilidad de incluir ese lugar como parte de su barrio, no llegaba caminando a dicho punto. Pero gracias al proyecto ahora si lo incluye, entonces se podría concluir que, gracias a la construcción del parque, una nueva persona, de un perfil en particular, llegará caminando al consultorio. Ahora bien, si se analiza lo que ocurre con el individuo 3 (persona con discapacidad física), es posible ver que el aumento de probabilidades no alcanza a ser significativo, por lo que todavía no se puede concluir que la persona llegará caminando a este lugar. Entonces, si bien el proyecto benefició a parte de la población respecto al acceso al consultorio, todavía no es suficiente, sobre todo para personas en situaciones de mayor vulnerabilidad.

6.4. Efectos sobre $E(B_i)$

Habiendo calculado todos los valores de $\overline{P_{ijn}}$, la obtención de $E(B_i)$ proviene de la suma simple de las probabilidades de todos los individuos sobre cada celda. Esto corresponde a lo señalado en la ecuación (3-8). En la situación base, la esperanza de la cantidad de individuos que seleccionan a una celda como parte de su barrio caminable estará dada por $E(B_i)^0$ y para la situación con proyecto corresponderá a $E(B_i)^1$. A partir

de esto, se puede obtener el efecto del proyecto sobre la población y el espacio, calculando la diferencia entre ambos valores. Esta variable será llamada $\Delta E(B_i)$ y su obtención está dada por la ecuación (6-1).

$$\Delta E(B_i) = E(B_i)^1 - E(B_i)^0 \quad (6-1)$$

La Figura 6-9 y la Figura 6-10 muestran cómo se ve $E(B_i)^0$ y $E(B_i)^1$ en el área de estudio respectivamente. Lo primero a destacar, es cómo la zona perteneciente al casco histórico, que posee los mayores niveles de comercio, es la que concentra los mayores valores para $E(B_i)$. En segundo lugar, el impacto de la superficie destinada a industria ubicada en la esquina superior izquierda e inferior izquierda acarrea consigo menores valores para $E(B_i)$. En tercer y último lugar, la mayor cantidad de población se concentra en la esquina inferior derecha, lo cual provoca que $E(B_i)$ en la zona del casco histórico sea mayor al haber más personas cercanas a dicho lugar.

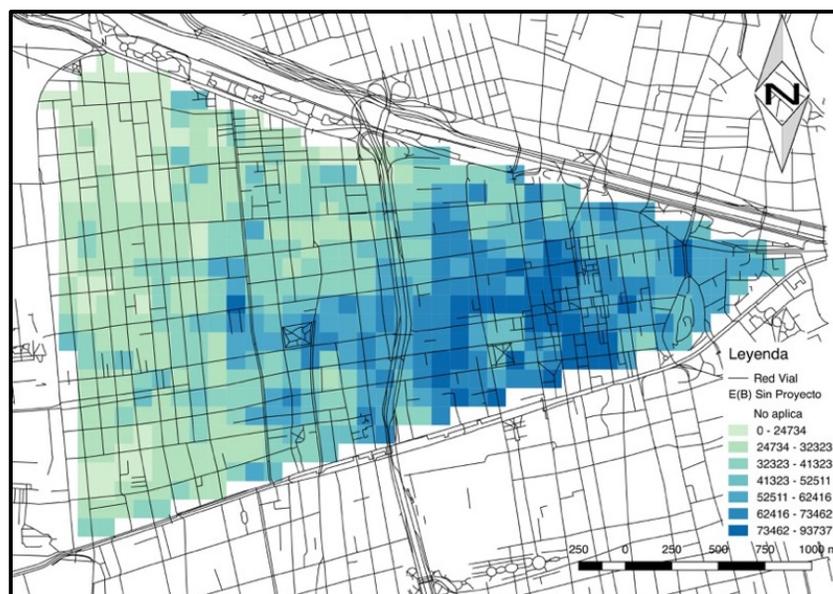


Figura 6-9: $E(B)$ georreferenciado en la situación sin proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

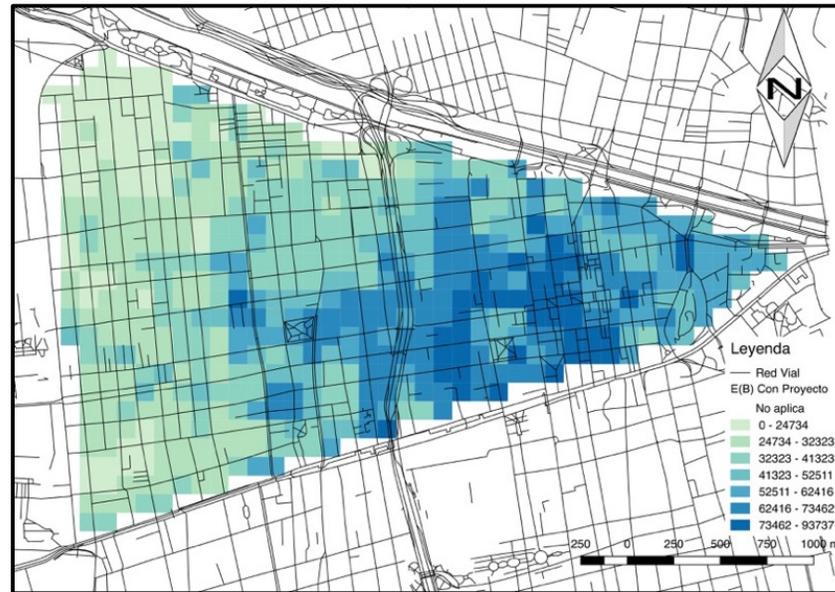


Figura 6-10: $E(B)$ georreferenciado en la situación con proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

Si bien se pueden ver diferencias, estas no son muy notorias al estar rodeadas de lugares que no se ven alterados y por la magnitud de los cambios. De esta manera, se georreferenció el valor $\Delta E(B_i)$ para cada celda, lo cual está expuesto en la Figura 6-11.

Lo primero que es necesario resaltar es la magnitud de los cambios. Si se realiza la sumatoria de $\Delta E(B_i)$ sobre todo i , la cantidad total de individuos beneficiados por la medida correspondería a 650,584. Si el análisis se hace por celda, se tendrán 2,757 personas por celda en promedio. Por otra parte, la celda con mayor impacto llegaría a tener un valor de $\Delta E(B_i)$ de 7,355, lo cual significa que 7,355 personas nuevas incluirán dicha celda como parte de su barrio caminable.

La cuantificación de $\Delta E(B_i)$, en sí, puede ser entendida como una externalidad de un proyecto, tanto positiva como negativa dependiendo de su valor. Sin embargo, como indicador, puede estar relacionado con otras situaciones. Por ejemplo, ¿Habría alguna relación positiva entre este y el flujo peatonal de la celda? ¿Se relacionará con los índices de criminalidad? ¿Y con la limpieza? Se espera poder generar metodologías que

permitan comprender el beneficio (o perjuicio) social que tiene el aumento (disminución) de $\Delta E(B_i)$. Esto queda estipulado como parte de futuras investigaciones.

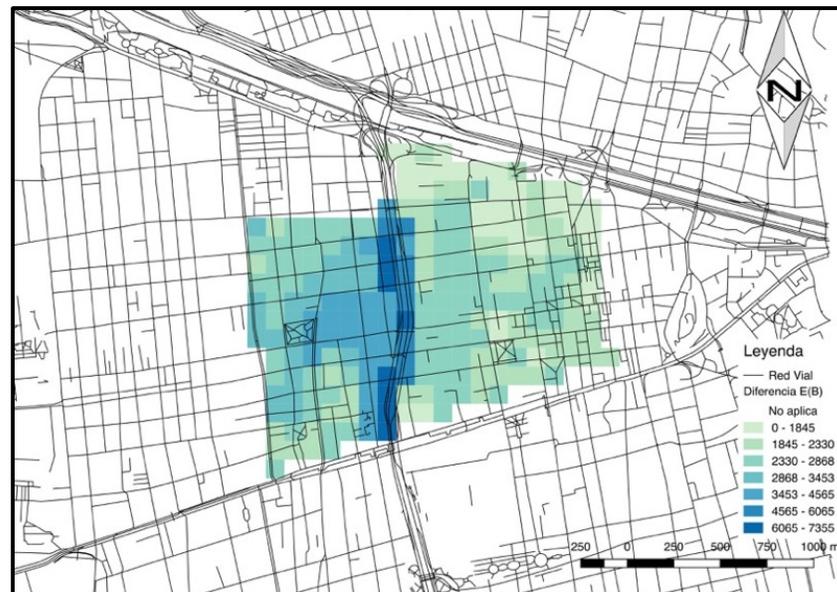


Figura 6-11: Variación en $E(B)$ en las situaciones con y sin proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

7. CONCLUSIONES

A modo de conclusión de este trabajo, se abordarán tres puntos. Primero, se hará una reflexión respecto al cumplimiento de los objetivos planteados en la introducción de este trabajo. Luego, se ahondará en el aporte que significa este trabajo, dando cuenta de cuáles son los alcances que tiene y cómo contribuye al desarrollo académico y social en las disciplinas de urbanismo y transporte. Finalmente, se presentarán las principales limitaciones, pero dando cuenta de cómo pueden ser abordadas a través de futuras líneas de investigación.

7.1. Cumplimiento de objetivos

El primer objetivo, declarado como **argumentar y justificar respecto a por qué la sociedad debe preocuparse por el barrio caminable**, fue abordado en el segundo capítulo y en el inicio del tercero. Se hizo una revisión bibliográfica secuencial, que primero se enfocó en la caminata, luego en el concepto de barrio, luego abordó la accesibilidad, la idea de espacio público y comunidad, para finalmente cerrar con la definición del barrio caminable. Estos elementos fueron utilizados para justificar y argumentar respecto a la utilidad social de modelar el barrio caminable. En esta línea, se identificó que este puede asociarse a la salud de la población, al sistema de transporte, a la accesibilidad urbana y a la cohesión social y ciudadanía.

El segundo objetivo, **generar algún tipo de metodología que permita medir y cuantificar el barrio caminable**, fue abordado en el tercer capítulo. A través de modelos de elección discreta se generó una metodología que es capaz de predecir la probabilidad de que una persona escoja un punto como parte de su barrio caminable. La especificación está fundada en la teoría de la utilidad aleatoria (McFadden, 1974; Domencich & McFadden, 1975), donde se establece el supuesto de que la inclusión de un punto en el espacio, por parte de un individuo, en su barrio caminable, le reporta una utilidad o beneficio. Esto justifica, entonces, que la configuración de dicho lugar y las características del individuo explican la inclusión o no inclusión. La especificación de la

función de utilidad y las variables incluidas poseerán gran dinamismo, pues queda abierto al interés del modelador que estructura desea utilizar.

Finalmente, **el último objetivo corresponde a poner en práctica la metodología propuesta y demostrar la validez de esta.** A través del desarrollo de una encuesta, la obtención de información censal y del sistema de uso de suelo de la ciudad de Santiago, se logró implementar la metodología propuesta. Se obtuvieron interesantes resultados, donde se logró diferenciar a distintos perfiles de individuo y caracterizar el impacto del entorno construido sobre la percepción del barrio caminable. La aplicabilidad de la metodología quedó expuesta tanto en los valores y signos de los modelos efectuados, como en la simulación efectuada.

7.2. Alcances e implicancias

El modelo desarrollado en esta tesis demuestra que es posible modelar el barrio caminable. Más allá de la obtención de valores numéricos, el aporte de la metodología propuesta es que permite confirmar el rol del entorno construido en el barrio caminable, pero de manera desagregada, y complementarlo con las características del individuo. Esto genera valor para la comprensión tanto de la caminabilidad, como para la idea de barrio, a partir de lo cual, se pueden generar herramientas que sirvan para la planificación y aplicación de políticas públicas urbanas.

Los descubrimientos de este trabajo, en lo que respecta al entorno construido, provienen del impacto de cada uso de suelo en la pertenencia de una celda al barrio caminable. En particular, el comercio es muy atractivo, los parques también lo son, pero en menor medida, y la industria tiende a ser rechazada por las personas. Las estaciones de metro, los edificios religiosos, los centros educacionales secundarios y primarios e instalaciones de salud como hospitales o consultorios, tienen todos efectos positivos, sin embargo, con distinta magnitud. Esto permitiría saber, por ejemplo, si la construcción de un consultorio sería suficiente para atraer a la gente caminando, dando el contexto urbano en que estaría inmerso. Por otra parte, también se logró demostrar el alto impacto de las barreras urbanas, estas limitan y establecen fronteras para las personas.

En lo que respecta a las características socioeconómicas también se obtuvieron interesantes resultados. Las mujeres, personas mayores, personas que se movilizan en auto a su principal propósito y personas con discapacidad son más sensibles a la distancia. Esto quiere decir, que tendrán barrios más pequeños en promedio y por lo tanto sus desplazamientos a pie serán de menor longitud. Ocurre lo opuesto para personas que viven con niños y personas que tienen perro. Estos resultados, complementan el ejemplo nombrado anteriormente, con esto no solo se puede conocer si el consultorio atraerá a gente caminando, sino que ahora se podrá saber por perfil de individuo. Quizás sea de mayor interés que sea un perfil que apunta a adultos mayores o personas que tienen hijos.

Esto demuestra que el barrio caminable es propio de cada individuo, su definición y construcción provienen de un proceso personal e interior, pero desde la interacción con el entorno. Su identificación tiene el potencial, como quedó demostrado en este trabajo, de comprender qué motiva a las personas a caminar. Hace una conexión directa entre entorno construido y comportamiento, brindando la oportunidad de afectar desde este a otras esferas de la sociedad.

Este trabajo posiciona al barrio caminable como una herramienta. Propone y establece una forma clara, una metodología, que otorga la posibilidad de plantearlo como una oportunidad. La utilidad que tiene, proviene simplemente de su caracterización, la cual hasta ahora no existía. Tanto desde la academia, como desde las políticas públicas, la unión del barrio y la caminata podría ser un gran aporte para el desarrollo de áreas asociadas a Transporte, Urbanismo e incluso Salud.

La propuesta metodológica que aquí se hace es una forma de comprensión del barrio caminable. Sin embargo, las extensiones y puntos de vista pueden plantearse indistintamente sin importar el área de origen. Ha quedado claro que este concepto involucra muchas aristas de la vida urbana, por lo tanto, no es un tema que pueda ser solo visto desde el Urbanismo o desde el Transporte. La continuación de lo expuesto en este trabajo apunta a un desarrollo integral e interdisciplinario.

7.3. Futuras líneas de investigación

Las propuestas de investigación que surgen a partir de esta tesis siguen distintos lineamientos y se plantean en algunos casos desde las limitaciones que tiene esta tesis. Se abordarán distintas temáticas desde tres perspectivas, metodología, recolección de información y aplicabilidad social.

7.3.1. Metodología

En lo que respecta a la metodología, son varios los caminos posibles que se sugieren. Así, se expondrá primero sobre autocorrelación espacial, luego sobre la modelación aquí propuesta y finalmente sobre extensiones.

Existe un fenómeno llamado autocorrelación espacial, que indica cuán asociadas están un conjunto de localizaciones a partir de una medida (Legendre, 1993; Banerjee et al., 2014). En este trabajo, en la respuesta de un individuo, puede existir correlación espacial debido a que hay celdas que son seleccionadas como parte del barrio caminable solo para poder acceder a otras. Existen distintas formas de medir o identificarla, por ejemplo, dos medidas muy populares, corresponden a la I de Moran (Moran, 1950) o la C de Geary (Geary, 1954), que corresponden a una adaptación espacial de la correlación de Pearson. Se propone, como futura línea de investigación, identificar el impacto del fenómeno de autocorrelación espacial en el barrio caminable percibido por las personas.

A modo de aumentar la robustez de la modelación propuesta, se sugiere en futuras investigaciones la inclusión de variables o clases latentes, a través de los indicadores sicométricos ya registrados. Esto permitirá corregir endogeneidad (Ortuzar & Hutt, 1984), volviendo más explicativos los modelos. Otra opción también proviene de los supuestos de modelación, quizás el barrio no se construye en base a la decisión sobre cada punto, sino que es una decisión solamente sobre la frontera. De esta manera, se propone estructurar otras formas de modelación. También, está la inclusión de nuevas variables, como por ejemplo la criminalidad, la densidad vial, e incluso la calidad estética del entorno.

Finalmente, se propone conectar directamente la probabilidad de inclusión de una celda y la frecuencia de viajes a esta. Esto permitiría tener una medición certera de cuánto se mueve una persona. Así, al utilizar la información de viajes a pie descrita en la sección 4.2.4, se podrían desagregar los viajes a pie por propósito y por perfil de individuo. Para esto, se podría hacer un modelo de tres etapas, donde la persona primero escoge si incluye o no la celda dentro de su barrio, luego, decide con qué frecuencia viajaría a dicha celda y finalmente, escoge la ruta. Esto permitiría saber cuántas personas se encuentran en algún lugar por unidad de tiempo, con lo cual se podría hacer estudios de demanda de transporte e incluso podría usarse para el comercio.

7.3.2. Recolección de información

En lo que respecta a la recolección de información, se proponen tres líneas temáticas enfocadas en mejorar y darle un mejor uso al levantamiento de información. La primera tiene que ver con el aumento de la muestra y con la estratificación, de modo que, a partir de la modelación, se puedan establecer conclusiones representativas de la ciudad de Santiago e incluso, de alguna otra ciudad de Chile y/o del mundo. Con esto, se podría evitar el sesgo de selección presente en este trabajo (Rubin & Rosenbaum, 1984). La segunda línea está asociada a mejorar la encuesta actual y agregar nuevas preguntas, por ejemplo, el tiempo de viaje al principal propósito. También se puede formular una nueva forma de preguntar respecto al barrio caminable, como por ejemplo preguntar primero por el barrio, luego por las actividades y después nuevamente por el barrio, para ver cómo cambia la percepción al identificar visualmente las actividades. Por último, todos estos cambios pueden ser implementados en una aplicación que sea una versión mejorada de la actual, que por ejemplo permita mayor dinamismo en la creación y modificación de encuestas.

7.3.3. Aplicabilidad social

La última línea de investigación propuesta está asociada a la aplicabilidad social que pueda ser otorgada a la herramienta aquí expuesta. Como se señaló en el capítulo 2, el barrio caminable tiene injerencia en distintas áreas de la sociedad, con lo cual, se

establece el potencial de la herramienta para la analizar políticas públicas e incluso incluirla en metodologías de evaluación social de proyectos.

En lo que respecta al transporte, por ejemplo, a partir de este se podría evaluar el cambio en la caminabilidad de un sector como función del entorno construido. También, a través de la idea de barrio caminable se pueden comprender las decisiones de movilización de la persona. Con lo cual se podría establecer algún tipo de asociación con los modelos de demanda. También se puede relacionar el nivel de pertenencia de la población sobre una unidad espacial (celda) al flujo peatonal que posee dicho lugar.

En el área de la salud y desde la idea de caminabilidad, al conectar la inclusión o no de un lugar como parte del barrio caminable, se puede generar directamente un indicador de actividad física, lo cual permitiría, eventualmente, comprender desde la alteración del barrio caminable los cambios en la movilidad.

La accesibilidad es un término comúnmente usado tanto en Urbanismo como en Transporte y Geografía (Geurs & van Wee, 2004). El barrio caminable puede ser planteado también para la comprensión de esta, pues incorpora un elemento esquivo al momento de generar indicadores de accesibilidad con los métodos clásicos, la componente individual. El mismo barrio caminable se puede asociar a una zona de potencial movilidad a pie, lo cual está directamente asociado a la accesibilidad. Como futura línea de investigación se propone ahondar en esta relación y generar metodologías de medición de accesibilidad desde el barrio caminable.

Respecto a la cohesión social, Jane (2010) y Lochner et al. (1999), por ejemplo, muestran formas empíricas para su medición y cómo esta puede ser representada como un indicador de calidad social. Uno de los caminos que se proponen, es medir la correlación entre cohesión social y el barrio caminable, con lo que estaría involucrada tanto al área del Urbanismo, Ingeniería e incluso Sociología.

BIBLIOGRAFÍA

- Bamberg, S., Rölle, D., & Weber, C. (2003). Does habitual car use not lead to more resistance to change of travel mode ?. *Transportation*, 30, 97–108.
- Banerjee, S., Carlin, B. P., & Gelfand, A. P. (2014). *Hierarchical Modeling and Analysis for Spatial Data*. New York: Crc Press.
- Bonet, L. (2014). *Valoración de atributos de barrios patrimoniales desde la perspectiva de sus habitantes*. (tesis de Magister). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A Free Package for The Estimation of Discrete Choice Models. Swiss Transport Research Conference, 1–27. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Carr, S., Francis, M., Rivlin, L. G., & Stone, A. M. (1992). *Public space*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cao, X. (2010). Exploring causal effects of neighborhood type on walking behavior using stratification on the propensity score. *Environment and Planning A*, 42(2), 487–504. <https://doi.org/10.1068/a4269>
- Cao, X., Handy, S., & Mokhtarian, P. (2006). The influences of the built environment and residential self-selection on pedestrian behavior: Evidence from Austin, TX. *Transportation*, 33(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11116-005-7027-2>
- Chaskin, R. J., Goerge, R. M., Skyles, A., & Guiltinan, S. (2006). Measuring social capital: An exploration in community-research partnership. *Journal of Community Psychology*, 34(4), 489–514. <https://doi.org/10.1002/jcop.20111>
- Codd, E. F. (1970). A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. *Communications of the ACM*, 13(6), 377–387. <https://doi.org/10.1145/362384.362685>
- Coulton, C., Korbin, J., Chan, T., & Su, M. (2001). Mapping residents' perceptions of neighbourhood boundaries: a methodological note. *Am J Community Psychol*, 29(2),

371–383. <https://doi.org/10.1023/A:1010303419034>

Coalición Transporte Justo. (2017). Gasto fiscal en cada modo de transporte. 21/11/2017, de Wikidot Sitio web: <http://coaliciontransportejusto.wikidot.com/wiki:gasto-fiscal-modos>

Diario Oficial de la Republica de Chile. (20 de Agosto de 2008). Ley N°20285. Santiago, Chile.

DiPietro, L. (2001). Physical Activity in Aging: Changes in Patterns and Their Relationship to Health and Function. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(Supplement 2), 13–22. https://doi.org/10.1093/gerona/56.suppl_2.13

Fadda, G., & Cortés, A. (2015). Barrios. En busca de su definición en Valparaíso. *Urbano*, 10(16), 50–59.

Flowerdew, R., Manley, D. J., & Sabel, C. E. (2008). Neighbourhood effects on health: Does it matter where you draw the boundaries? *Social Science and Medicine*, 66(6), 1241–1255. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.11.042>

Francis, J., Giles-Corti, B., Wood, L., & Knuiaman, M. (2012). Creating sense of community: The role of public space. *Journal of Environmental Psychology*, 32(4), 401–409. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.07.002>

Gallastegui, J., & Galea, J. (2004). *Reflexiones sobre el concepto de barrio*. Valparaíso: Universidad de Playa Ancha.

Geary, R. . C. . (1954). The Contiguity Ratio and Statistical Mapping. *The Incorporated Statistician*, 5(3), 115–127. <https://doi.org/10.1214/10-AC>

Geurs, K. T., Boon, W., & Van Wee, B. (2009). Social impacts of transport: Literature review and the State of the practice of transport appraisal in the Netherlands and the United Kingdom. *Transport Reviews*, 29(1), 69–90. <https://doi.org/10.1080/01441640802130490>

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Grannis, R. (2009). *From the ground up: Translating geography into community through neighbor networks*. Princeton University Press.
- Handy, S., Boarnet, M., Ewing, R., & Killingsworth, R. (2002). How the built environment affects physical activity: Views from urban planning. *American Journal of Preventive Medicine*, *23*(2 SUPPL. 1), 64–73. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(02\)00475-0](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(02)00475-0)
- Handy, S., Cao, X., & Mokhtarian, P. (2005). Correlation or causality between the built environment and travel behavior? Evidence from Northern California. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *10*(6), 427–444. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.05.002>
- Handy, S., Cao, X., & Mokhtarian, P. L. (2006). Self-selection in the relationship between the built environment and walking: Empirical evidence from Northern California. *Journal of the American Planning Association*, *72*(1), 55–74. <https://doi.org/10.1080/01944360608976724>
- Heath, G. W., Brownson, R. C., Kruger, J., Miles, R., Powell, K. E., & Ramsey, L. T. (2006). The Effectiveness of Urban Design and Land Use and Transport Policies and Practices to Increase Physical Activity: A Systematic Review. *Journal of Physical Activity & Health*, *3*(Suppl1), S55–S76. [https://doi.org/Cited By \(since 1996\) 115](https://doi.org/Cited%20By%20(since%201996)%20115%20Export%20Date%2027%20September%202011) Export Date 27 September 2011
- Humpel, N., Marshall, A. L., Leslie, E., Bauman, A., & Owen, N. (2004). Changes in neighborhood walking are related to changes in perceptions of environmental attributes. *Annals of Behavioral Medicine*, *27*(1), 60–67. https://doi.org/10.1207/s15324796abm2701_8
- Iglesias, P., Greene, M., & Ortuzar, J. de D. (2006). Measuring the perception of

insecurity in low-income areas. *Eure-Revista Latinoamericana De Estudios Urbano Regionales*, 32(97), 17–35.

Ingram, D. R. (1971). The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form. *Regional Studies*, 5(2), 101–107. <https://doi.org/10.1080/09595237100185131>

Jacobsen, P. L. (2015). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 21(4), 271–275. <https://doi.org/10.1136/ip.9.3.205rep>

Jane, J. (2010). *Defining and Measuring Social Cohesion*. (Commonwealth Secretariat, Ed.) (1st ed.). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Krizek, K. J. (2003a). Neighborhood services, trip purpose, and tour-based travel. *Transportation*, 30(4), 387–410. <https://doi.org/10.1023/A:1024768007730>

Krizek, K. J. (2003b). Residential relocation and changes in urban travel: Does neighborhood-scale urban form matter? *Journal of the American Planning Association*, 69(3), 265–281. <https://doi.org/10.1080/01944360308978019>

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. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(4), 332–342. <https://doi.org/10.1080/15568318.2014.933986>

Lee, T. (1968). Urban Neighbourhood as a Socio-Spatial Schema. *Human Relations*, 241–267.

Lee, T. (1976). *Psychology and the environment*. London: Methuen.

Legendre, P. (1993). Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm? *Ecology*, 74(6), 1659–1673. <https://doi.org/10.2307/1939924>

Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A., & Hugo, G. (2007). Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. *Health and Place*, 13(1), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2005.11.001>

- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22 140, 55.
- Lochner, K., Kawachi, I., & Kennedy, B. P. (1999). Social capital: A guide to its measurement. *Health and Place*, 5(4), 259–270. [https://doi.org/10.1016/S1353-8292\(99\)00016-7](https://doi.org/10.1016/S1353-8292(99)00016-7)
- Loukopoulos, P., & Gärling, T. (2005). Are Car Users Too Lazy to Walk? The Relationship of Distance Thresholds for Driving to the Perceived Effort of Walking. : *Journal of the Transportation Research Board*, 1926, 206–211.
- Lynch, K. (1960). *The image if the city* (Vol. 11). MIT press.
- Martens, K. (2016). *Transport justice: Designing fair transportation systems*. Routledge.
- Michael, Y. L., Green, M. K., & Farquhar, S. A. (2006). Neighborhood design and active aging. *Health and Place*, 12(4), 734–740. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2005.08.002>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2007). Decreto Supremo N° 14: Reglamento Programa de Recuperación de Barrios, Santiago.
- Mogridge, M. J. H., Holden, D. J., Bird, J., & Terzis, G. C. (1987). The Downs/Thomson paradox and the transportation planning process. *International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti*, 283-311.
- Mohan, D. (2002). Road safety in less-motorized environments: future concerns. *International Journal of Epidemiology*, 31(3), 527–532. <https://doi.org/10.1093/ije/31.3.527>
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 37(1), 17–23.
- Moudon, A. V., Lee, C., Cheadle, A., Garvin, C., Johnson, D., Schmid, T., ... Lin, L. (2006). Operational definitions of walkable neighborhood: Theoretical and empirical insights. *Journal of Physical Activity and Health*, 3(Supplement 1), S99–S117.

<https://doi.org/10.1080/13574800802452658>

Newman, M. E. J. (2002). Assortative mixing in networks, *2*(4), 1–5.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.208701>

Newman, P., & Kenworthy, J. (2006). Urban Design to Reduce Automobile Dependence. *Opolis*, *2*(1), 35–52.

Neyman, J., & Pearson, E. S. (1933, October). The testing of statistical hypotheses in relation to probabilities a priori. In *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* (Vol. 29, No. 4, pp. 492-510). Cambridge University Press.

Ortúzar, J. de D. and Hutt G.A. (1984) *La influencia de elementos subjetivos en funciones desagregadas de elección discreta, (tesis de magister)*. Ingeniería de Sistemas IV, 37–54.

Ortuzar, J. de D., & Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport. Modelling Transport*.
<https://doi.org/10.1002/9781119993308>

Ozdil, Taner R., Modi, Sameepa K., Stewart, Dylan M. (2014). A ‘Texas three-step’ landscape performance research: Learning from Buffalo Bayou Promenade, Klyde Warren Park, and Ut Dallas Campus Plan. *Landscape Research Records*, *2*(12), 117-131.

Pereira, R. H. M., Schwanen, T., & Banister, D. (2017). Distributive justice and equity in transportation. *Transport Reviews*, *37*(2), 170–191.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1257660>

Revelt, D., & Train, K. (1998). Mixed Logit with repeated choices: Households’ choices of appliance efficiency level. *The Review of Economics and Statistics*, *80*(4), 647–657.
<https://doi.org/10.1162/003465398557735>

Rubin, D. B., & Rosenbaum, P. R. (1984). Reducing bias in observational studies using subclassification on the propensity score. *Journal of the American Statistical Association*, *79*(387), 516–524.

Saelens, B., & Handy, S. (2008). Built Environment Correlates of Walking: A Review,

40(206). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c67a4>. Built

Saelens, B., Sallis, J., & Frank, L. (2003). Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Annals of Behavioral Medicine*, 25(2), 80–91. https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502_03

Sælensminde, K. (2004). Cost-benefit analyses of walking and cycling track networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(8), 593–606. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2004.04.003>

Sallis, J., Bauman, A., & Pratt, M. (1998). Environmental and policy interventions to promote physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 15(4), 379–397. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(98\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(98)00076-2)

Sampson, R., Morenoff, J., & Gannon-Rowley, T. (2002). Assessing “Neighborhood Effects”: Social Processes and New Directions in Research. *Annual Review of Sociology*, 28(1), 443–478. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.28.110601.141114>

Sehatzadeh, B., Noland, R. B., & Weiner, M. D. (2011). Walking frequency, cars, dogs, and the built environment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(8), 741–754. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.06.001>

SECTRA. (2015). Encuesta origen y destino de viajes 2012.

Smith, G., Gidlow, C., Davey, R., & Foster, C. (2010). What is my walking neighbourhood? A pilot study of English adults’ definitions of their local walking neighbourhoods. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 34. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-34>

Tele13. (2016). Un parque cubrirá la Autopista Central. 28/11/2017, de Tele13 Sitio web: <http://www.t13.cl/videos/nacional/video-parque-cubrira-autopista-central>

Tirachini, A. (2015). Probability distribution of walking trips and effects of restricting free pedestrian movement on walking distance. *Transport Policy*, 37, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.10.008>

Torres, I., Greene, M., & Ortúzar, J. de D. (2013). Valuation of housing and neighbourhood attributes for city centre location: A case study in Santiago. *Habitat International*, 39, 62–74. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.10.007>

Wen, M., Kandula, N. R., & Lauderdale, D. S. (2007). Walking for transportation or leisure: What difference does the neighborhood make? *Journal of General Internal Medicine*, 22(12), 1674–1680. <https://doi.org/10.1007/s11606-007-0400-4>

Westgarth, C., Christley, R. M., Marvin, G., & Perkins, E. (2017). I walk my dog because it makes me happy: A qualitative study to understand why dogs motivate walking and improved health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080936>

Wong, P. (2006). Representing suburbs as vague spatial entities: a Web-based PPGIS approach. *Unpublished Msc thesis, Department of Geography, University of Auckland, New Zealand.*

ANEXOS

Anexo A: Formulación Accesibilidad

La formulación clásica de accesibilidad entre un origen i y un destino j (A_{ij}), planteada en Ingram (1971), está estipulada por la ecuación (0-3).

$$ACC_{ij} = OP_j \cdot \exp(-\beta \cdot distancia_{ij}) \quad (0-1)$$

Donde OP_j corresponde a la cantidad de oportunidades en la zona j , β es un parámetro de escala para la distancia entre i y j (d_{ij}). Ahora, a este indicador se le realizarán dos adaptaciones. Primero, se considerará a cada uso k separadamente, pero otorgando un parámetro τ_k a cada uno, entonces, en vez de hablar de OP_j , se hablará de OP_{jk} . Segundo, se desagregará aún más el índice y se considerará que la accesibilidad también es medida para cada perfil de individuo p . Así, se obtiene la ecuación (0-4), que representa el nivel de accesibilidad para las personas de perfil p , localizadas en i , a la oportunidad k , ubicada en j :

$$ACC_{ijkp} = OP_{jk}^{\tau_k} \cdot \exp(\beta_p \cdot distancia_{ij}) \quad (0-2)$$

Aplicando logaritmo natural:

$$\ln(ACC_{ijkp}) = \tau_k \cdot \ln(OP_{jk}) + \beta_p \cdot distancia_{ij} \quad (0-3)$$

Ahora se incluirá la notación estipulada en la metodología, usando los términos $\frac{(\beta_d(\phi) + \beta_p \cdot p) \cdot d_{ij}}{K}$ y $\beta_k \cdot o_{jk}$ presentes en la ecuación (3-7). Así, se asumen las dos siguientes relaciones:

$$\frac{(\beta_d(\phi) + \beta_p \cdot p) \cdot d_{ij}}{K} = \beta_p \cdot distancia_{ij} \quad (0-4)$$

$$\beta_k \cdot o_{jk} = \tau_k \cdot \ln(OP_{jk}) \quad (0-5)$$

Con lo que $\beta_k = \tau_k$, $o_{jk} = \ln(OP_{jk})$, $\beta_p = \frac{(\beta_d(\phi) + \beta_p \cdot p)}{K}$ y $distancia_{ij} = d_{ij}$. A partir de esto, la accesibilidad se formula de la siguiente manera:

$$ACC_{ijkp} = \exp(o_{jk})^{\beta_k} \exp\left(\frac{(\beta_d(\phi) + \beta_p \cdot p) \cdot d_{ij}}{K}\right) \quad (0-6)$$

Esta ecuación justifica que, para medir las oportunidades, se utilice logaritmo natural de la superficie de usos de suelo o de la cantidad de oportunidades. O sea, que $o_{jk} = LN(A_{jk})$ ó $LN(N_{jk})$. Reescribiendo:

$$ACC_{ijkp} = A_{JK}^{\beta_k} \exp\left(\frac{(\beta_d(\phi) + \beta_p \cdot p) \cdot d_{ij}}{K}\right) \quad (0-7)$$

Finalmente, reemplazando en (3-7):

$$U_{ijn} = \sum_k Ln(ACC_{ijkp}) + \beta_w \cdot W_{ij} \quad (0-8)$$

Anexo B: Diseño encuesta

1. Preparación en terreno

En cada sector recorrí los lugares por donde pasó cada encuestador. En algunas viviendas, dejé un panfleto (Figura 0-1) con el objetivo de que las personas supieran que una persona tocaría el timbre para hacer una encuesta.



Figura 0-1: Panfleto repartido en hogares

Fuente: Elaboración propia

A cada encuestador(a) le designé un recorrido, con el fin de que pasara solo por lugares con casas que hubiesen recibido un panfleto. Además, me preocupé de que los recorridos fueran todos cercanos. La Figura 0-2 muestra un ejemplo de un mapa que le entregué a un encuestador para que supiera por donde fui dejando panfletos.



Figura 0-2: Ejemplo de mapa entregado a un encuestador

Fuente: Elaboración propia

2. Contenido Encuesta

1. ¿Qué edad tiene? – Pregunta abierta
2. ¿Con qué género se identifica?
 - a. Hombre
 - b. Mujer
 - c. Otro
 - d. No deseo contestar
3. ¿Cuál es su nivel educacional?
 - a. Escolar incompleta
 - b. Escolar completa
 - c. Superior incompleta
 - d. Superior completa
 - e. Postgrado incompleto
 - f. Postgrado completo
 - g. Otro
4. ¿Cuál es su principal ocupación?
 - a. Estudiante secundario (colegio/liceo)
 - b. Estudiante de educación superior
 - c. Jubilado(a)
 - d. Cesante
 - e. Trabajador(a) independiente
 - f. Trabajador(a) dependiente
 - g. Dueño(a) de casa

- h. Otro
5. ¿Posee usted licencia de conducir?
 - a. Si
 - b. No
 6. ¿Posee tarjeta BIP?
 - a. Si
 - b. No
 7. ¿Posee Pase Escolar o Pase de Adulto Mayor?
 - a. Si
 - b. No
 8. ¿Cuántas personas residen en su vivienda incluyéndolo a usted? – Pregunta abierta
 9. ¿Cuántas personas mayores de 65 años? – Pregunta abierta
 10. ¿Cuántas personas menores de 18 años? – Pregunta abierta
 11. ¿Cuántas personas poseen licencia de conducir en su vivienda incluyéndolo a usted? – Pregunta abierta
 12. ¿Cuántos autos en condiciones de ser utilizados hay en su vivienda? – Pregunta abierta
 13. ¿Cuántas bicicletas en condiciones de ser utilizadas hay en su vivienda? – Pregunta abierta
 14. ¿Posee algún tipo de limitación física permanente que le dificulte o impida caminar? – Pregunta abierta
 15. ¿Hay perro(s), como mascota, en su casa?
 - a. Si

b. No

16. ¿Con que frecuencia es (o son) sacado a pasear por usted?

a. No tengo perro

b. Menos de una vez a la semana

c. Entre una y cinco veces a la semana

d. Más de cinco veces a la semana

17. ¿Cuál es la principal razón por la cual se desplazó en la ciudad la última semana?

a. Trabajo

b. Estudio

c. Otro

18. ¿Cuál es el modo de transporte que más utiliza en una semana común y corriente?

a. Transporte privado (Auto y/o Moto)

b. Transporte público (Micro y/o Metro)

c. Bicicleta

d. Caminata

e. Otro (Taxi, Colectivo, Uber, etc.)

19. ¿Cuál es el segundo modo de transporte que más utiliza en una semana común y corriente?

a. Transporte privado (Auto y/o Moto)

b. Transporte público (Micro y/o Metro)

c. Bicicleta

- d. Caminata
- e. Otro (Taxi, Colectivo, Uber, etc.)
- f. Solo uso un modo

20. ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en su vivienda?

- a. Menos de un año
- b. Entre uno y cinco años
- c. Entre cinco y diez años
- d. Más de diez años

En las siguientes preguntas marque un número, entre 1 y 5, donde cada número representa lo siguiente:

- 5: “Muy de acuerdo”
- 4: “De acuerdo”
- 3: “Indiferente”
- 2: “En desacuerdo”
- 1: “Muy en desacuerdo”

21. De ser posible, prefiero caminar antes que subirme a cualquier vehículo para llegar a mi destino.

22. Conozco a mis vecinos(as).

23. Los(as) automovilistas en mi barrio son respetuosos con los peatones.

24. Mi barrio es seguro en términos de delincuencia en las calles.

25. El auto es el modo de transporte más conveniente para mí.

26. Estoy interesado(a) en interactuar con mis vecinos(as).

27. Las organizaciones comunales, como juntas de vecinos, son necesarias para los barrios.
28. Mi barrio posee buena infraestructura vial para peatones (señalética, veredas cómodas para caminar).
29. Mi barrio posee buena iluminación.

Las siguientes preguntas consisten en referencias geográficas. El(la) encuestado(a) responderá sobre un mapa, pudiendo marcar puntos o dibujar polígonos cerrados según la pregunta que se haga.

30. ¿Dónde vive usted? Marque la ubicación
31. Marque la ubicación de amigos o familiares que visite caminando.
 - a. Para cada punto marcado ¿Cuántas veces visitó dicho lugar el último mes?
32. Marque la ubicación de áreas verdes que visite caminando.
 - a. Para cada punto marcado ¿Cuántas veces visitó dicho lugar el último mes?
33. Marque la ubicación de paraderos de micro(t), estaciones de metro(m) o estacionamientos de bicis públicas(b) a los que llegue (o desde los que llegue).
 - a. Para cada punto marcado: “¿Cuántas veces visitó dicho lugar la última semana? marque: lugar, frecuencia”.
34. Marque lugares donde vaya a comprar caminando por lo menos una vez al mes (compras de abastecimiento).
 - a. Para cada punto marcado: “¿Cuántas veces visitó dicho lugar el último mes?”
35. ¿Hay algún otro lugar que visite caminando? (T: Trabajo; R: Restaurant, café, comida; E: Educación; S: Salud; D: Deportes; O: Otros)

- a. Para cada punto marcado: "¿Qué lugar y cuántas veces lo visitó el último mes? Marque: lugar, frecuencia"
36. Dibuje la frontera de los lugares a los que llega caminando con regularidad, el contorno del área que define como su barrio caminable.
37. De las siguientes alternativas, ¿Cuál representa el rango donde se encuentra el ingreso total de su hogar (suma de todos los ingresos de quienes viven allí)?
- a. Menos de \$300.000
 - b. Entre \$300.000 y \$449.999
 - c. Entre \$500.000 y \$699.999
 - d. Entre \$700.000 y \$999.999
 - e. Entre \$1.000.000 y \$1.999.999
 - f. Entre \$2.000.000 y \$2.999.999
 - g. Más de \$3.000.000
 - h. No sabe
 - i. No desea contestar

Anexo C: Respuestas encuesta

1. Información declarada de muestra

Tabla 0-1: Resumen de actividades realizadas a pie. Fuente: Elaboración propia

		Sector alto		Sector bajo		Sector medio	
		Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
Cantidad de actividades	R. Sociales (mensual)	1.000	1.075	0.696	0.940	0.750	0.837
	Compras (mensual)	1.736	1.126	1.478	0.836	1.654	1.008
	A. Verdes (mensual)	1.375	0.911	0.717	0.779	0.769	0.757
	Deporte (mensual)	0.208	0.409	0.043	0.206	0.019	0.139
	Educación (mensual)	0.028	0.165	0.043	0.206	0.019	0.139
	Metro (semanal)	0.833	0.605	0.391	0.493	0.750	0.556
	Paradero (semanal)	0.708	1.080	0.891	0.849	0.538	0.641
	Comida (mensual)	0.597	0.867	0.065	0.250	0.058	0.235
	Salud (mensual)	0.042	0.201	0.174	0.383	0.154	0.415
	Trabajo (mensual)	0.097	0.342	0.022	0.147	0.058	0.235
	Otros (mensual)	0.181	0.387	0.109	0.315	0.288	0.498
Frecuencia de acceso a actividades	R. Sociales (mensual)	4.264	7.444	5.804	11.994	6.519	12.879
	Compras (mensual)	9.250	8.386	20.630	19.727	20.731	18.950
	A. Verdes (mensual)	9.236	12.098	7.370	11.445	7.096	12.484
	Deporte (mensual)	1.458	3.794	0.196	0.934	0.308	2.219
	Educación (mensual)	0.347	2.421	0.761	3.647	0.115	0.832
	Metro (semanal)	3.972	4.090	1.304	2.159	4.365	5.022
	Paradero (semanal)	2.222	3.965	3.783	4.216	2.673	3.894
	Comida (mensual)	1.458	2.545	0.891	4.658	0.096	0.454
	Salud (mensual)	0.194	1.070	0.565	1.721	0.885	3.563
	Trabajo (mensual)	0.806	3.463	0.326	2.212	1.385	5.706
	Otros (mensual)	0.556	1.564	0.783	2.707	1.173	2.806

2. Distribución espacial muestra



Figura 0-3: Distribución de respuestas en sector alto

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

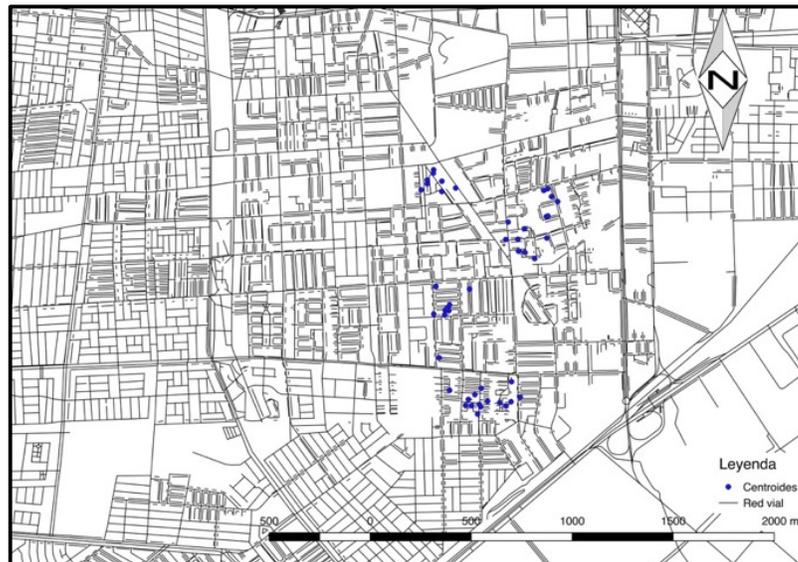


Figura 0-4: Distribución espacial respuestas sector bajo

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis



Figura 0-5: Distribución espacial respuestas sector medio

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis