



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**CATEGORIZACIÓN DE VÍAS PEATONALES UTILIZANDO VALORACIONES
SUBJETIVAS**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

LUIS LEONARDO MORENO CABIB

PROFESOR GUÍA:

TRISTÁN GÁLVEZ PÉREZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

MARCELA MUNIZAGA MUÑOZ

CRISTIÁN CORTÉS CARRILLO

SANTIAGO DE CHILE

AGOSTO 2012

RESUMEN

CATEGORIZACIÓN DE VÍAS PEATONALES UTILIZANDO VALORACIONES SUBJETIVAS

El objetivo general de esta Memoria es proponer valoraciones subjetivas del tiempo y/o distancia de caminata que dependan de las condiciones en que se realiza dicha caminata, con el propósito de aplicarlas a la modelación del comportamiento peatonal y a la evaluación de proyectos de infraestructura urbana.

Es así que, en base a percepciones subjetivas de atributos de las rutas peatonales, fue posible establecer una categorización de vías peatonales y encontrar una primera aproximación al valor subjetivo de la distancia de caminata en cada una de ellas.

Posteriormente, y a partir de las categorías de vías peatonales establecidas, se entregan criterios y recomendaciones para la construcción de una red peatonal que permita la incorporación de la caminata en la modelación estratégica del sistema de transporte urbano, así como en el análisis táctico de proyectos de inversión en infraestructura urbana, tales como mejoramientos de veredas y rediseños viales.

Finalmente, se propone una metodología para la cuantificación económica de los beneficios peatonales, de manera que puedan ser incorporados explícitamente en la evaluación de proyectos de vialidad urbana que afecten los flujos peatonales. Además, se desarrolla una aplicación concreta del método, evaluando un proyecto de mejoramiento de una vereda.

A LUIS IGNACIO Y ANTONIA

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a mi profesor y amigo Tristán Gálvez. Quien ha sido fundamental en este largo proceso, compartiendo su conocimiento y experiencia conmigo.

A mis profesores de comisión, Marcela Munizaga y Cristián Cortés, por el permanente apoyo y estímulo durante el desarrollo de esta memoria.

A mis amigos Omar Castillo, Cristian Vergara, Cristian Muñoz, Guillermo Muñoz y Larry Gripe, por sus constructivos comentarios y permanente apoyo.

A mis padres. Especialmente a mi madre Flavia, por su enorme cariño, permanente apoyo y preocupación.

A mi prima Mona, que me enseñó a vencer la adversidad y ver que siempre hay futuro.

A Olga, por su infinita paciencia y compañía que ha llenado mi vida de color. A nuestros hijos Luis Ignacio y Antonia, que son la energía para seguir caminando.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS	6
2.1	PRINCIPALES ENFOQUES EN EL TRATAMIENTO DE LA CAMINATA EN LA LITERATURA.....	6
2.1.1	<i>Estudio y análisis de la caminata desde la perspectiva de la seguridad de tránsito</i> ..	7
2.1.2	<i>Influencia del diseño urbano en el comportamiento de los peatones</i>	11
2.1.3	<i>Caminata y nivel de servicio</i>	16
2.1.4	<i>Tratamiento de la caminata a través de modelos de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria</i>	20
2.2	TRATAMIENTO DE LA CAMINATA EN EVALUACIÓN DE PROYECTOS, SEGÚN LAS METODOLOGÍAS APLICADAS EM CHILE	28
2.2.1	<i>Tratamiento de la caminata en evaluación de proyectos de nivel estratégico</i>	29
2.2.2	<i>Tratamiento de la caminata en evaluación de proyectos de nivel táctico</i>	32
3	CATEGORIZACION DE ARCOS PEATONALES	33
3.1	MÉTODO PARA LA CATEGORIZACIÓN DE ARCOS PEATONALES	33
3.2	CRITERIO DE SELECCIÓN DE MODELOS DE ELECCIÓN Y ATRIBUTOS DE ARCOS PEATONALES	35
3.3	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CATEGORIZACIÓN DE VÍAS PEATONALES	38
4	USO DEL MODELO DE CATEGORIZACIÓN DE VÍAS EN ANÁLISIS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO	44
4.1	CONSTRUCCIÓN DE UNA RED PEATONAL GENÉRICA EN BASE A CATEGORÍAS DE VÍAS PEATONALES	45
4.2	CUANTIFICACION DE BENEFICIOS Y EVALUACION DE PROYECTOS PEATONALES	49
4.3	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS DE PROYECTOS PEATONALES	51
5	CONCLUSIONES	55
	REFERENCIAS	57

1 INTRODUCCIÓN

En términos de número de viajes realizados, la caminata es uno de los modos de transporte más usado e importante en Santiago y en la mayoría de las ciudades de Chile. De acuerdo a la encuesta Origen-Destino (SECTRA, 2006), en un día laboral en Santiago se realizan 6,4 millones de viajes peatonales, que representan un 36,8% del total de viajes. En Concepción (SECTRA, 1999), los viajes peatonales alcanzan el 34,3% del total de viajes.

La Tabla 1 muestra la partición modal en ciudades intermedias de Chile. Como se mencionó anteriormente, se puede apreciar la importancia de la caminata como modo puro en cada una de las ciudades consideradas, las que abarcan prácticamente todo el territorio nacional y las más diversas condiciones climáticas, desde Arica en el extremo norte hasta Punta Arenas en el extremo sur del país.

El nivel más bajo de participación de la caminata como modo de transporte se observa en la ciudad de Punta Arenas con un 21,3% y la mayor participación en la ciudad de Los Ángeles con un 40%. Sin embargo, si analizamos por modo, se observa que en la mayoría de los casos la caminata constituye el modo más importante para el desplazamiento de las personas.

Tabla 1
PARTICIÓN MODAL EN CIUDADES INTERMEDIAS DE CHILE

Ciudad	Partición Modal Total Diario (%)					
	Caminata	Bicicleta	Auto	Taxi Colectivo	Bus Taxibus	Otros
Arica	27,4	1,8	22,5	19,8	21,9	6,6
Iquique	29,9	0,5	27,0	29,4	8,6	4,6
Antofagasta	23,2	0,2	24,2	11,7	36,4	4,3
Copiapó	33,7	1,6	17,9	27,8	12,8	6,2
Coquimbo - La Serena	32,6	0,8	13,9	16,9	25,1	10,7
Curicó	30,0	11,0	17,0	15,0	15,0	11,0
Talca	25,0	8,6	23,8	13,0	24,3	5,4
Chillán	27,0	7,0	18,0	11,0	30,0	6,0
Los Ángeles	40,0	4,0	17,0	20,0	9,0	10,0
Temuco	24,0	2,0	17,0	7,0	43,0	6,0
Valdivia	32,0	3,0	21,0	10,0	28,0	6,0
Osorno	28,0	1,0	20,0	12,0	33,0	6,0
Puerto Montt	30,7	0,3	26,9	23,2	18,3	0,6
Punta Arenas	21,3	0,1	32,6	25,0	11,3	9,6

Fuente: SECTRA 2001

Cabe señalar que estas cifras probablemente subestiman la importancia de la caminata debido a los problemas que habitualmente presenta la recolección de datos de viajes peatonales (Weatherall, 1997). Además, se debe tener en cuenta que los viajes hechos en otros modos motorizados, ya sean privados o públicos, contienen uno o más tramos de acceso/egreso a pie.

En el contexto del sistema de transporte urbano, la caminata de acceso/egreso a la red de transporte público o privado, contribuye significativamente a la percepción de calidad de servicio global del sistema. Sin embargo los especialistas y las autoridades que deciden las inversiones en infraestructura no le han prestado atención de acuerdo a su importancia (Weatherall, 1997; Seneviratne and Morrall, 1985a y b).

Por otra parte, los altos índices de contaminación ambiental y congestión vehicular que enfrentan las grandes ciudades producto del creciente parque automotriz, han llevado a los especialistas a coincidir en la necesidad de racionalizar el sistema de transporte de manera que el transporte público constituya el eje fundamental en la movilidad de las personas. En este sentido, la caminata de acceso/egreso al transporte público debería contar con infraestructura adecuada que contribuya a realizarla de manera cómoda, segura y agradable, teniendo en cuenta lo relevante que resulta este atributo para los usuarios de transporte público (Fernández *et al*, 2001).

Es evidente que para que los viajes peatonales se desarrollen confortablemente, se requiere de infraestructura compatible con la actividad peatonal. Sin embargo, en muchos casos ésta es insuficiente, inadecuada o peligrosa, lo que da como resultado una mala calidad de servicio a los peatones.

Por otro lado, características personales del peatón como salud y estado físico, factores medioambientales como clima, calidad del aire y nivel de ruido, características del entorno urbano y de la propia ruta peatonal como seguridad, calidad de la vereda, riesgo de accidente e iluminación, así como distancia y propósito del viaje, son todos factores que afectan la disposición a realizar un viaje a pie y en definitiva la elección de caminar.

Además, comparados con el flujo vehicular, los peatones disfrutan de un alto grado de libertad de movimientos, incluso en condiciones de alta congestión, lo que les permite contar con una gran maniobrabilidad para cambiar de dirección y de velocidad, realizar giros y esquivar obstáculos (Seneviratne y Morrall, 1985a).

Todas estas peculiaridades de los flujos peatonales constituyen problemas complejos para el modelador, y junto con la falta de reconocimiento de la caminata como modo, son los responsables de que las investigaciones y los procedimientos estándares de

planificación y diseño de infraestructura peatonal sean mucho menos desarrollados que para la mayoría de los otros modos de transporte (Seneviratne y Morrall, 1985b).

De esta manera, los viajes peatonales han sido estudiados desde la perspectiva de la seguridad, desarrollando diseños geométricos que permiten efectuar caminatas sin conflictos con el flujo vehicular. Como resultado de lo anterior se han elaborado manuales; en el caso de Chile existe un ***Manual de Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana*** (Sectra 1984 y 2009), que entrega recomendaciones de buen diseño del espacio peatonal en términos de capacidad y seguridad de su infraestructura.

En términos de la modelación del sistema de transporte, la caminata es incorporada a través del tiempo y/o distancia caminada, utilizándose un valor único para esta variable de servicio, independiente de las condiciones en que efectivamente se realiza la caminata. Es decir, **no se incorpora explícitamente la calidad de la ruta peatonal utilizada.**

Este último aspecto constituye una simplificación que subestima el efecto de atributos relevantes en la elección de caminar y especialmente en la caminata de acceso/egreso al sistema de transporte público urbano.

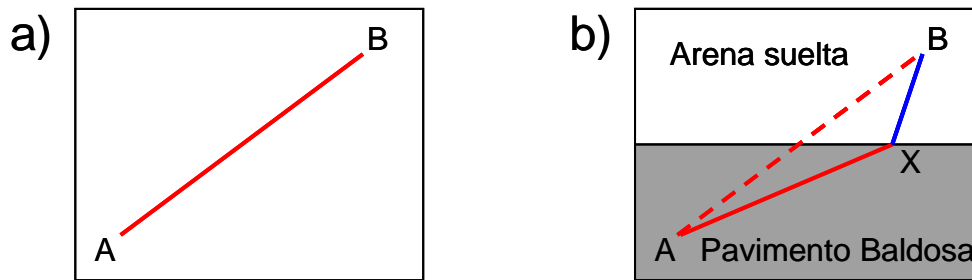
Para visualizar la afirmación anterior, se propone tomar como ejemplo a un individuo que desea desplazarse caminando desde el punto A hasta el B de la figura 1a). El peatón puede elegir cualquier ruta dentro del espacio delimitado por el perímetro de la figura, donde la superficie del terreno presenta condiciones homogéneas para la caminata. En este caso, y según lo reportado en la literatura especializada, el peatón elegirá la ruta mínima, es decir aquella que minimiza la distancia caminada.

Ahora basándose en el mismo ejemplo anterior, pero considerando que el espacio se divide en dos sectores, uno pavimentado con baldosas de buena terminación y en buen estado y otro con arena muy suelta donde se hunde el pié al caminar, como muestra la figura 1b).

En este caso, lo más probable es que el peatón no camine directamente desde el origen al destino por la ruta de mínima distancia (línea punteada), sino que por una ruta que minimice su esfuerzo, eligiendo caminar una distancia mayor (línea roja + línea azul), pero utilizando en mayor medida la ruta sobre las baldosas (hasta el punto X), para luego dirigirse al punto B utilizando en menor medida la ruta sobre la arena suelta. El ángulo de refracción de la ruta dependerá del esfuerzo relativo que signifique caminar sobre cada superficie.

Figura N° 1

EJEMPLO DE ELECCIÓN DE RUTA PEATONAL



La combinación de distancias de caminata sobre baldosa y arena, dependerá de variables como la edad, estado físico, género y la valoración que cada peatón tenga de caminar sobre baldosa o arena.

El ejemplo anterior, si bien es simple, permite ilustrar que existen valoraciones de atributos adicionales a la distancia de caminata que llevan a los peatones a tomar decisiones respecto de su elección de ruta, como por ejemplo la existencia de comercio o mayores niveles de seguridad. Incluso en el caso en que la ruta es única u obligada, el tema adquiere interés pues un mejoramiento de esta ruta única significaría la generación de beneficios que podrían ser considerados en una evaluación social.

En esta Memoria, se plantea encontrar un costo generalizado o función de utilidad de rutas peatonales que incorporando un conjunto de atributos del espacio urbano, permita establecer categorías de vías que faciliten la modelación peatonal y su incorporación en la modelación estratégica del sistema de transporte urbano y en la evaluación de proyectos tácticos de inversión en infraestructura urbana.

En este contexto, el objetivo general de esta Memoria es proponer valoraciones subjetivas del tiempo y/o distancia de caminata que dependan de las condiciones en que se realiza dicha caminata, lo cual puede ser aplicado a la modelación del comportamiento peatonal y a la evaluación de proyectos de infraestructura.

Como objetivos específicos, se espera proponer categorías de vías peatonales que sean significativamente distintas desde el punto de vista de la valoración subjetiva y encontrar la combinación de atributos que ayuden a establecer las categorías de vías peatonales.

Para alcanzar los objetivos propuestos en esta memoria, se realizó un trabajo metodológico que contempló una exhaustiva revisión de la bibliografía relativa al modo

caminata, poniendo especial atención en la modelación de los viajes a pie y en la identificación de los atributos relevantes de este modo. Posteriormente, y a partir de datos de preferencias declaradas, provenientes de estudios existentes (CITRA, 1999), se determinaron las valoraciones subjetivas de diversos atributos que caracterizan distintas soluciones de infraestructura. Se seleccionaron atributos relevantes del modo caminata, según su importancia en la elección de rutas peatonales. En base a estos atributos y a los datos existentes, se formuló una función de utilidad para la caminata, la cual permitió conocer valoraciones subjetivas de atributos relevantes para los peatones.

A partir de las valoraciones subjetivas de los atributos y del cálculo de la utilidad o costo generalizado, se propone una categorización de vías peatonales y una primera aproximación al valor subjetivo de la distancia de caminata en cada una de ellas.

Finalmente, se entregan conclusiones en relación a la posible aplicación de las categorías de vías peatonales a casos de proyectos estratégicos y tácticos, lo que implicó examinar y discutir la factibilidad de definir tipologías de vías peatonales y cuáles atributos es recomendable incorporar en la modelación a nivel táctico y estratégico, teniendo en cuenta el desarrollo de procedimientos sencillos y prácticos.

En síntesis, el objetivo planteado en esta Memoria fue alcanzado satisfactoriamente. De esta forma, los principales resultados obtenidos se pueden resumir en los siguientes tres puntos:

- En base a percepciones subjetivas de atributos de las rutas peatonales, fue posible establecer una categorización de vías peatonales y encontrar una primera aproximación al valor subjetivo de la distancia de caminata en cada una de ellas.
- En base a las categorías de vías peatonales establecidas, se propone la construcción de una red peatonal que permita la incorporación de la caminata en la modelación estratégica del sistema de transporte urbano, así como en el análisis táctico de proyectos de inversión en infraestructura urbana, tales como mejoramientos de veredas y rediseños viales.
- Se propone una metodología para la cuantificación de beneficios y la evaluación de proyectos que afecten los flujos peatonales.

En este informe, además del presente capítulo 1, correspondiente a la introducción, se entrega en el capítulo 2 una exhaustiva revisión bibliográfica relativa al tratamiento que ha recibido el modo caminata, poniendo especial énfasis en aquellos aspectos que podrían contribuir a la identificación de atributos relevantes para los peatones y que permitan una adecuada categorización de vías peatonales.

En el capítulo 3 se expone detalladamente el método propuesto para categorizar arcos peatonales y se establecen criterios de selección de atributos de éstos. En base a datos existentes, se estiman modelos de elección de ruta peatonal y se establece una categorización para las vías peatonales.

En el capítulo 4 se discute la incorporación de la caminata en la modelación estratégica del sistema de transporte urbano y en el análisis táctico de proyectos de inversión que afecten la infraestructura peatonal. Se propone un procedimiento para la construcción de redes peatonales en base a las categorías de vías y una metodología para cuantificar beneficios y evaluar proyectos que afecten a los flujos peatonales. Además, se desarrolla una aplicación concreta del método, evaluando un proyecto de mejoramiento de una vereda.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan las principales conclusiones del trabajo desarrollado y se señalan algunas posibles líneas de investigación futuras.

2 ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Con el objeto de cumplir con el objetivo trazado en esta memoria, el cual consiste en proponer una categorización de vías peatonales que pueda ser aplicada a la modelación del comportamiento peatonal y a la evaluación de proyectos de infraestructura que impacten a los flujos peatonales, en este capítulo se sintetiza la revisión bibliográfica realizada, describiendo el estado del arte de dos aspectos fundamentales para el desarrollo de este trabajo, que corresponden a los fundamentos teóricos del comportamiento peatonal y a las metodologías de evaluación de proyectos peatonales utilizadas en Chile.

2.1 PRINCIPALES ENFOQUES EN EL TRATAMIENTO DE LA CAMINATA EN LA LITERATURA

Dentro de los principales estudios e investigaciones que han intentado modelar el comportamiento de los peatones, se encuentran algunos cuyo énfasis está en los aspectos relacionados con medidas de seguridad de tránsito necesarias para desarrollar una caminata sin conflictos con el flujo vehicular (Sarkar, 1995a, 1995b y 1997; Zein *et al*, 1997). Otros están orientados a proveer estándares y criterios de diseño para veredas e infraestructura peatonal, de manera que la caminata se realice en una superficie de calidad y de una manera cómoda y confortable (Polus *et al*, 1983; Highway Capacity Manual, 1994 y 2000). Además, existe una nueva tendencia, proveniente del área de la planificación urbana, que intenta comprender y explicar la caminata desde la perspectiva del diseño de la forma urbana y su relación con el uso de suelo (Moudon *et al*, 1997; Shriver, 1997; Handy, 1996; Hass-Klau *et al*, 1993).

Finalmente existen modelos cuyo enfoque se basa en el paradigma de la modelación de elecciones discretas (Tsoumbolas, *et al* 1992; Loutzenheiser, 1997). Cada una de estas líneas de trabajo es descrita en detalle a continuación.

2.1.1 Estudio y análisis de la caminata desde la perspectiva de la seguridad de tránsito

En la literatura se reportan estudios y trabajos de investigación relativos a los viajes a pie cuyo énfasis está en los aspectos relacionados con las medidas de seguridad de tránsito necesarias para desarrollar una caminata sin conflictos con el flujo vehicular. Sarkar (1995a y 1995b) cita a Goffman (1971), para entregar lo que a su juicio explica la diferencia esencial entre vehículos motorizados y peatones: *Un vehículo es un proyectil de algún tipo controlado (usualmente desde el interior) por un piloto o navegante..... Un camino y su tráfico pueden soportar proyectiles de diferentes tipos automóviles, bicicletas, carretas tiradas por caballos, y por supuesto peatones. Visto desde esta perspectiva, el individuo moviéndose a través de las calles –el individuo como peatón – puede ser considerado como revestido de una vulnerable armazón, su ropa y su piel.*

La gran vulnerabilidad de los peatones frente a los flujos vehiculares se refleja en el gran poder de amedrentamiento de los vehículos motorizados, los que llegan a condicionar el comportamiento de los peatones incluso en el caso que estos últimos cuenten con prioridad de paso. En este contexto, las calles corresponden a espacios urbanos en que cohabitan peatones y vehículos motorizados, donde la segregación de los flujos de vehículos y de peatones, asignando áreas especialmente planificadas y diseñadas para satisfacer las necesidades propias de cada uno, es prioritaria y fundamental para una convivencia segura entre personas y vehículos a fin de disminuir al máximo el riesgo de accidentes.

En la literatura sobre seguridad peatonal se recalca la importancia de la separación de los distintos modos y se mencionan cuatro tipos de separaciones: segregación horizontal, segregación temporal, segregación vertical y segregación suave o “*traffic calming*” (Sarkar, 1995a). Respecto del último tipo de separación, en la literatura, existen trabajos que profundizan en su implementación y evalúan su efectividad (Sarkar, 1995b y 1997; Zein *et al*, 1997).

Uno de los puntos más vulnerables de las rutas peatonales, corresponde a los cruces peatonales a través de vías vehiculares (Himanen y Kulmala, 1988; Hass-Klau, *et al*, 1993). Los cruces peatonales, que pueden estar localizados en medio de un arco o en la intersección de dos vías, constituyen lugares donde se registra un número importante de accidentes entre vehículos y peatones. A modo de ejemplo se puede mencionar que en la ciudad de Santiago, el 67% de los accidentes peatonales ocurridos durante el año

1995 se localizaron en cruces peatonales. Y en la ciudad de Valdivia estos alcanzaron al 21% del total de accidentes peatonales ocurridos en igual período (Citra, 1999).

Otra aproximación que se encuentra en la literatura para analizar la caminata desde la perspectiva de la seguridad de tránsito, corresponde al entendimiento del espacio público urbano como un área intervenida o construida, en la cual la infraestructura es diseñada para albergar ciertos usos específicos (Barriga D'all Orto S.A.,2000). Esta infraestructura está compuesta por diversos elementos principales como las aceras, las calzadas y las plazas, además de dos interfases, el borde entre acera y calzada, y los cruces peatonales, que corresponden a los sectores de mayor riesgo para los peatones.

Aunque es posible detectar una amplia variedad de usos del espacio público, es posible identificar algunos usos principales, dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- ✓ Circulación vehicular
- ✓ Recoger y dejar pasajeros, aplicable a paradas de buses pero también a automóviles y taxis
- ✓ Carga y descarga
- ✓ Espera, con el conductor en el vehículo, aplicable a todo tipo de vehículo
- ✓ Estacionamiento (vehículo cerrado, sin conductor), aplicable a todo vehículo
- ✓ Circulación peatonal
- ✓ Usos estanciales (lugar de encuentro, descanso, espera, tertulia, paseo, etc.)
- ✓ Comercio informal (buhoneros, mercados, ferias)
- ✓ Usos eventuales: actividades ceremoniales (desfiles, procesiones); actividades recreativas y culturales (deportivas, artísticas, escénicas, etc.), actividades civiles o políticas (manifestaciones, protestas, marchas).
- ✓ Usos paisajísticos (por ejemplo, áreas verdes al interior de distribuidores)
- ✓ Instalación de mobiliario urbano y de servicios (postes, kioskos, publicidad, bancos, árboles, etc.)
- ✓ Instalación de elementos de regulación e información.

Estos usos suelen coexistir espacial y temporalmente en diversas combinaciones, algunas de ellas perfectamente compatibles y complementarias, pero otras absolutamente conflictivas. Estos conflictos usualmente se refieren a que alguna de las actividades presentes en cierto momento y área del espacio público se ve entorpecida, dificultada o se hace insegura por la presencia de las otras. Por cierto que existen otros casos o situaciones, en que los conflictos provienen del inadecuado diseño o conservación de la infraestructura provista en el espacio público, o de la predominancia de usos no previstos en el diseño original.

En general se asume que cada uso debe ser desarrollado dentro del espacio público urbano diseñado o pensado para dicho uso. La Tabla 2 muestra las relaciones comúnmente aceptadas como deseables o no deseables entre tipo de espacio

(infraestructura) y tipo de uso. Sin embargo, los usos deseables no siempre coinciden con los usos reales de la infraestructura, generándose así conflictos de diverso tipo. En términos generales, cada conflicto puede ser caracterizado por la violación de uno o más de los “No” de la tabla siguiente. Desde el punto de vista de la seguridad peatonal, el conflicto de mayor gravedad es la circulación peatonal por la calzada, principalmente debido al riesgo que involucra para la integridad física del peatón.

Tabla 2
USOS DESEABLES Y NO DESEABLES DEL ESPACIO PÚBLICO

Usos \ Espacios	acera	calzada	plazas	acera-calzada	cruces peatonales
Circulación vehicular	No	Si	No	No	Si
Recoger y dejar pasajeros	No	No	No	Si	No
Carga y descarga	No	No	No	Si	No
Espera	No	Si	No	No	No
Estacionamiento	No	Si	No	No	No
Circulación peatonal	Si	No	Si	No	Si
Usos estanciales	Si	No	Si	No	No
Comercio informal	No	No	Si	No	No
Usos eventuales	Si	Si	Si	Si	Si
Usos paisajísticos	No	No	Si	No	No
Instalación de mobiliario urbano y de servicios	Si	No	Si	Si	No
Instalación de elementos de regulación e información.	Si	Si	Si	Si	Si

Fuente: Barriga D'all Orto S.A.,2000

En general, se observa que los problemas de la circulación peatonal derivan de que la infraestructura provista para caminar es inadecuada y admite usos incompatibles con el peatón. Para resolver o mitigar esta situación, el diseño del espacio público urbano debe evitar los conflictos entre distintos usos, satisfaciendo adecuadamente las necesidades o requerimientos peatonales, los que pueden ser clasificados en cuatro grupos (CITRA Ltda., 1999), según se indica a continuación

a. Continuidad

Se refiere a la posibilidad de realizar un trayecto peatonal, sobre una infraestructura prevista para ello, desde el punto de origen del viaje hasta su punto de destino, sin interrupciones de la vía peatonal. Tiene también que ver con la posibilidad de realizar el trayecto por la ruta más directa posible, sin estar obligado a dar largos rodeos. También se refiere a la existencia de continuidad para el tránsito en silla de ruedas o llevando coches para bebés, tales como rebajes de brocales o rampas de pendiente suave para remontar desniveles.

b. Seguridad

La seguridad tiene tres componentes principales. La primera se refiere al riesgo de accidentes por interacción con los flujos de vehículos motorizados. La segunda se refiere a la seguridad en términos de actos delictivos (asaltos). La tercera se refiere al riesgo de accidente (principalmente caídas) como producto del mal diseño o mal estado de la vía peatonal.

c. Calidad

La calidad se refiere a aquellos factores que contribuyen a hacer de la caminata un evento cómodo y agradable. Tiene que ver con factores tales como la velocidad de circulación, el grado de hacinamiento, la calidad escénica del entorno urbano (arquitectura, vegetación, vitrinas de comercio), la protección climática (sol, lluvia, viento), la distancia entre la acera y la calzada, los niveles de ruido, olores, calidad de los sistemas de drenaje de aguas lluvia, textura superficial de la acera (baches, elementos antideslizantes), existencia de pendientes o escaleras, equipamiento (asientos, refugios), existencia de obstrucciones a la circulación (postes, elementos publicitarios, puestos de venta), iluminación, etc.

d. Información

La información se refiere a la existencia de elementos de orientación que faciliten el desplazamiento peatonal, tales como nombres de calles, planos del sector, señales indicativas de la dirección en la cual se encuentran ciertos hitos urbanos relevantes (plazas, edificios importantes, estaciones de Metro, terminales o paradas de transporte público), caras peatonales en semáforos, etc.

La Tabla 3 muestra, para un conjunto de medidas o proyectos que afectan la circulación peatonal, el impacto sobre cada uno de los cuatro grupos de requerimientos o necesidades peatonales, utilizando una escala cualitativa.

Tabla 3

Efecto o Impacto de los tipos de proyectos o medidas de mayor relevancia sobre las componentes de las necesidades peatonales

Proyectos o medidas	Continuidad	Seguridad	Información	Calidad
Áreas, zonas o calles Peonales	Muy positivo	Muy positivo	Posiblemente positivo	Positivo
Circuitos peatonales a colegios, equipamiento, transporte público	Muy positivo	Positivo	positivo	Positivo
Control de postaciones, tapas, rejillas, etc.	positivo	Positivo	neutro	Muy positivo
Estacionamientos subterráneos	neutro	Positivo	neutro	Positivo
Semáforos de varias fases y verdes mínimos peatonales	Medianamente positivo	Positivo	neutro	Neutro
Demarcaciones o texturas	neutro	Positivo	neutro	Positivo
Dispositivos para mejorar visibilidad nocturna	neutro	Positivo	neutro	Positivo
Cruces peatonales a nivel con diseño especial	positivo	Positivo	neutro	Neutro
Autopistas y vías expresas completamente segregadas del tráfico peatonal	neutro	Muy positivo	neutro	Positivo
Pasarelas peatonales elevadas	positivo	Positivo	neutro	Negativo
Bandejones amplios entre calzada y vereda	neutro	Positivo	neutro	Positivo

Fuente: estudio CITRA 1999

2.1.2 Influencia del diseño urbano en el comportamiento de los peatones

Por otra parte, existen estudios que provienen del área de la planificación urbana, que intentan comprender el comportamiento de los peatones y explicar el nivel de actividad peatonal existente en una zona desde la perspectiva del diseño urbano y su relación con el uso de suelo. En otras palabras, las características del entorno urbano y las facilidades que encuentra el peatón para desarrollar su caminata explicarían la actividad peatonal y la disposición a caminar de las personas (Moudon *et al*, 1997; Shriver, 1997; Handy, 1996; Hass-Klau *et al*, 1993). Lo anterior se sustenta en el hecho que los peatones ven, escuchan, huelen y sienten directamente el entorno, de aquí que la forma urbana juegue un importante rol en la elección de caminar.

La metodología seguida por los estudios que utilizan este enfoque, considera el área de estudio o barrio como la unidad de análisis, la que es definida por diversas variables que caracterizan el entorno urbano y su sistema de transporte, poniendo énfasis en los aspectos relativos a la red peatonal y su actividad.

El espacio urbano es definido a través de características geográficas, topográficas, demográficas, socioeconómicas, de uso de suelo, condiciones climáticas, y facilidades peatonales como cobertura, conectividad y calidad de la red peatonal, mientras que la actividad peatonal observada en el área de estudio es medida a través del volumen de viajes a pie y sus características.

En general, estas investigaciones estudian los barrios, realizando un análisis exhaustivo de sus características, lo que permite establecer relaciones entre el comportamiento de los peatones y características propias de cada barrio. A modo de ejemplo, se puede mencionar que un barrio que presenta una red peatonal con mayor conectividad induce una mayor actividad peatonal (Moudon *et al*, 1997; Shriver, 1997; Handy, 1996), así como que las áreas urbanas presentan un mayor número de viajes a pie que las áreas suburbanas (Moudon *et al*, 1997).

El estudio de Moudon *et al* (1997), busca aislar el efecto del diseño urbano sobre el volumen de viajes peatonales en barrios con uso de suelo mixto y densidad media, para lo cual define las siguientes tres categorías para las variables que definen un barrio:

- Variables de Control: se consideraron variables como el ingreso medio y la tasa de motorización, datos de uso de suelo, densidad de viviendas, densidad poblacional y condiciones climáticas.
- Variables Independientes: dentro de éstas considera la conectividad y seguridad de las rutas peatonales.
- Variable Dependiente: corresponde al comportamiento de los peatones, medido como el volumen de viajes a pie.

Además destacan los siguientes conceptos como indispensables de tener presentes al momento de analizar un barrio y sus patrones de viajes peatonales:

- Conectividad de la Red Peatonal: Esta es una medida de la bondad con que una red peatonal conecta los distintos usos de suelo (predios) o actividades ubicadas dentro de un área. La conectividad es una función de la existencia de “rutas directas” y de la cobertura de la red peatonal. Si estas medidas aumentan, entonces también aumenta la conectividad. La conectividad está relacionada con el concepto de accesibilidad.
- Derechura (*Routes directness*): Esta es una medida de lo directo de una ruta peatonal entre un par origen-destino. La derechura está expresada como la razón entre la longitud del viaje realizado a través de la ruta más corta factible por las veredas existentes y la línea recta (imaginaria) que une un par origen-destino.
- Cobertura de las Rutas Peatonales: Este concepto está relacionado con dos aspectos de las redes peatonales. Primero, la cobertura se refiere a la extensión y distribución de las veredas y rutas protegidas del tránsito vehicular y destinadas a los peatones. Segundo, la cobertura está relacionada con las facilidades físicas que brindan estas rutas. Veredas formales y continuas incrementan la cobertura, mientras que veredas informales y discontinuas la disminuyen. La definición de veredas formales o informales, puede incluir varios aspectos: distancia-espacial

(mts. lineales), tiempo-distancia (relativo a la velocidad de caminata en veredas, cruces peatonales, etc.), seguridad (veredas angostas cerca de vías con alto flujo vehicular, cruces peligrosos, etc.), y calidad de las veredas (superficie lisa o con grietas, etc.).

El estudio concluye que la densidad, el uso de suelo mixto y el ingreso son características del uso de suelo que afectan los patrones de viajes peatonales, pero no son suficientes para predecir el volumen de viajes a pie. Además se establece que las características del diseño vial urbano, es decir la cobertura y cuan directas son las rutas peatonales, afectan significativamente el número de viajes que se realizan a pie.

El estudio señala que el bajo nivel de actividad peatonal en sectores de ingreso medio y uso de suelo mixto, se debe al inadecuado diseño urbano y especialmente a la falta de redes peatonales con rutas directas, continuas y seguras, lo que se define como baja conectividad.

Hass-Klau *et al* (1993) realizaron un estudio destinado a analizar las rutas peatonales utilizadas en el centro de Edimburgo. El estudio consideró la aplicación de una encuesta, a través de la cual se pudo detectar los principales problemas que enfrentan los peatones en sus caminatas, entre los que se pueden mencionar:

- Calles con demasiado tráfico vehicular
- Veredas en mal estado
- Contaminación del aire
- Tráfico vehicular con velocidad de circulación demasiado alta
- Demasiado ruido en la ruta
- Veredas congestionadas
- Percepción de inseguridad en los cruces peatonales
- Cruces peatonales con tiempo de espera demasiado alto
- Calles sucias, en que no se recolecta la basura

Un interesante producto del estudio, es una lista jerarquizada con aquellas medidas que a juicio de los propios peatones incentivarían la caminata, y que corresponden a las indicadas en la lista siguiente:

- Calles con menos flujo vehicular
- Que no exista tráfico vehicular en el centro
- Peatonización de la calle más transitada por peatones (Princes Street)
- Calles menos sucias, que el centro sea limpio
- Mejoramiento del transporte público
- Aumentar el número de cruces peatonales formales
- Mejoramiento de las veredas

- Disminución de las emisiones de los vehículos
- Reprogramación de semáforos
- Mejor clima
- Veredas anchas
- Más rutas peatonales
- Mayor seguridad civil
- Mejoramiento del entorno

El estudio hace mención a la inseguridad de los viajes a pie, y menciona el elevado número de accidentes peatonales que se observa en el centro de Edimburgo. Mención especial merece el alto número de accidentes que ocurren en los cruces peatonales señalizados y en sus inmediaciones, alcanzando el 24% y 43% de todos los accidentes respectivamente. El estudio concluye que mejorar las condiciones para la caminata, haciendo un ambiente más amigable para el peatón, traería consigo un aumento considerable de los viajes peatonales. Se cita la experiencia europea en cuanto a que la peatonización de una calle “comercial” induce a que los viajes a pie aumenten a más del doble, trayendo consigo un fuerte aumento en las ventas de los negocios del sector.

Shriver (1997) encuentra resultados que respaldan la hipótesis de que en los barrios, las características del sistema de transporte, el uso del suelo, y el diseño urbano influyen sobre la distancia de las caminatas, el propósito del viaje y el número de actividades secundarias. Como accesibilidad local, Shriver entiende la existencia de rutas peatonales que permitan desplazamientos fáciles entre destinos, lo que se caracteriza por el número y tipo de cuadras e intersecciones.

El estudio concluye que la actividad peatonal varía considerablemente entre barrios con diferentes características de accesibilidad tales como conectividad de las calles y áreas con uso de suelo mixto. Así, en aquellos barrios físicamente accesibles, los viajes utilitarios y de corta distancia que involucran actividades secundarias, son predominantes. En cambio en los barrios con menor accesibilidad, las caminatas tienen propósitos recreacionales y son más largas, menos frecuentes e involucran pocas actividades secundarias. Es decir, existen algunos aspectos que favorecen o desalientan la elección de la caminata, los cuales deben ser considerados al momento de diseñar un proyecto de infraestructura peatonal.

Un aspecto fundamental a tener en cuenta es que la caminata involucra esfuerzo físico, exposición al clima, y proximidad con otras personas. Así, la disposición a caminar está relacionada con características físicas y de comportamiento de las personas que influyen sobre la decisión individual de viajar.

Se ha encontrado que la presencia de mobiliario urbano de buena calidad, de árboles, la existencia de construcciones vinculadas adecuadamente al espacio público y el buen mantenimiento y estado de los distintos elementos de la plataforma peatonal, son todos factores importantes y tomados en cuenta por las personas al momento de decidir caminar. Otro elemento que determina el comportamiento peatonal y su disposición a caminar es la percepción de seguridad, la que se ve disminuida en áreas sucias, aisladas, con baja visibilidad, rayadas con graffitis o con ventanas y luminarias rotas. La percepción de seguridad, confort y limpieza son necesarias para el éxito de la actividad peatonal.

Handy (1996) analizó las características de la forma urbana y los patrones de la actividad peatonal en seis barrios de Austin, Texas. Las características de la forma urbana son analizadas y descritas a través de una variedad de técnicas, incluyendo análisis de datos con sistemas de información geográfica, copias de planos, fotografías aéreas y datos recogidos en visitas a terreno, mientras que los factores que influyen sobre la elección de viajar a pie son explorados a través de una encuesta a hogares. En este contexto, Handy propone un modelo para la elección de caminar, en el que acepta que las motivaciones y limitaciones personales son los principales factores que determinan si un individuo elige o rechaza caminar, dejando las características del diseño urbano como factores secundarios que pueden estimular o desalentar la elección de caminar.

El estudio propone la diferenciación de los viajes peatonales en dos tipos, aunque esta división no siempre es clara. El primer tipo corresponde a viajes recreacionales, aquellos que no tienen como propósito alcanzar un destino específico, sino simplemente disfrutar del placer de caminar. Estos viajes pueden tener entre otras motivaciones el deseo de realizar ejercicio, salir fuera de la casa o pasear una mascota. El segundo tipo de viajes corresponde a caminatas con destino fijo, cuya principal motivación no es otra sino el deseo del peatón de llegar al destino final del viaje para realizar alguna actividad. Si bien, en este caso la motivación para caminar puede ser la misma que para los viajes recreacionales, este tipo de viaje no se realizaría de no existir el interés de participar de la actividad en el destino.

El hecho que la longitud del viaje se perciba por las personas como una distancia factible de cubrir a pie, es un factor determinante en la elección de caminar. Ahora el desafío está en comprender cuáles son los elementos que influyen en la percepción de los individuos y cómo las características de la forma urbana contribuyen a que la percepción de la distancia de viaje sea favorable para la caminata.

Handy concluye que los resultados encontrados respaldan el modelo propuesto; es decir, que las motivaciones y limitaciones individuales son fundamentales en la elección de caminar, y que la forma urbana aparece como un factor secundario, alentando o desalentando a las personas a caminar. Esto se hace más evidente en el caso de

caminatas recreacionales. Dentro de las limitaciones personales, se cuentan las físicas causadas por problemas de salud o incapacidad de movimiento y las debidas a falta de tiempo.

Por otra parte, el estudio reconoce que ciertas características del diseño urbano juegan un rol importante en incentivar la caminata para aquellos viajes que tienen como propósito alcanzar un destino, y probablemente éstas jueguen un rol menos relevante en la elección de las caminatas recreacionales.

La forma urbana constituye un factor externo que puede animar o desalentar a caminar, dadas las motivaciones y limitaciones personales. En este sentido, la existencia de un mejor vínculo entre el espacio privado de las construcciones y el espacio público aumenta la actividad peatonal y contribuye a generar ambientes más interesantes y motivadores para caminar. De la misma forma, características de las calles como pendiente y ancho de veredas, presencia de vegetación, existencia de estacionamientos de vehículos, servicios, iluminación, calidad del paisaje, y la presencia de flujo vehicular afectan la atractividad de las rutas peatonales.

2.1.3 Caminata y nivel de servicio

En la literatura especializada se encuentra una importante línea de trabajo sobre el comportamiento y modelación de los viajes peatonales que analizan la caminata como una extensión del marco conceptual clásico desarrollado para los flujos vehiculares. La caminata es estudiada a través de las relaciones existentes entre flujo, velocidad y densidad (Polus *et al*, 1983; HCM, 1994). Con base en estas relaciones surge el concepto tradicional de **nivel de servicio** para viajes peatonales, que es una extrapolación del concepto clásico de nivel de servicio utilizado por la ingeniería de tránsito para flujos vehiculares y que intenta ser un indicador de la calidad de la caminata (Seneviratne y Morrall, 1985b).

Que el concepto tradicional de nivel de servicio analice la caminata a través del estudio de los flujos peatonales y sus relaciones de velocidad, volumen y densidad, se sustenta en que estos parámetros llevan implícitas características de los propios peatones como edad, género, salud física y características del entorno urbano en que se desarrolla el viaje tales como clima, topografía del terreno y características de la red peatonal.

El concepto de nivel de servicio se funda en la premisa que la velocidad varía con el flujo, y que la velocidad es un buen descriptor de la calidad de los viajes peatonales. Así, el nivel de servicio de una vía peatonal queda determinado por variables como espacio medio ocupado por un peatón, relaciones flujo-densidad, velocidad-densidad, flujo-velocidad, espacio-velocidad. A partir de estas relaciones se entregan

recomendaciones para el diseño de espacios peatonales y particularmente para el diseño de veredas (Polus *et al*, 1983; Highway Capacity Manual, 1994).

En la Tabla 4 se presentan los distintos niveles de servicio recomendados en el estudio de Polus, *et al* (1993) para el diseño de veredas según distintos usos. Estos valores se utilizan en el diseño de infraestructura peatonal, brindando al planificador la posibilidad de dimensionar los espacios de circulación peatonal según los requerimientos de uso.

Tabla 4

NIVEL DE SERVICIO PARA VIAJES PEATONALES

DESCRIPCIÓN DE FLUJO	NIVEL DE SERVICIO	DENSIDAD DE PEATONES	AREA OCUPADA POR PEATON	VOLUMEN DE FLUJO ESTIMADO	RECOMENDADOS PARA DISEÑO DE VEREDAS
		(Peatón / m ²)	(m ² / Peatón)	(Peatón / m / min)	
FLUJO LIBRE	A	≤ 0,60	≥ 1,67	0 – 40	Residencial Parques públicos
FLUJO RESTRINGIDO INESTABLE	B	0,61 – 0,75	1,66 – 1,33	40 – 50	Edificios públicos Áreas comerciales Centros de compras
FLUJO DENSO	C1	0,75 – 1,25	1,33 – 0,80	50 – 75	Edificios de oficinas en altura
	C2	1,26 – 2,00	0,80 – 0,50	75 – 95	Centros deportivos Estaciones y paraderos
FLUJO CONGESTIONADO	D	AUN NO ESTUDIADO			No recomendado

Fuente: (POLUS *et al.*, 1983)

La Tabla 5 muestra los rangos entregados por el Highway Capacity Manual (HCM, 1994, 2000), que definen el nivel de servicio para el caso de veredas, cruces peatonales y esquinas de calles. Al igual que en el caso anterior, estos valores permiten al planificador otorgar condiciones de confortabilidad a los peatones en términos del espacio para realizar sus desplazamiento y las velocidad de circulación esperadas, según el nivel de servicio para el cual se diseña.

Aun cuando es ampliamente reconocido que el concepto tradicional de nivel de servicio constituye una herramienta de gran utilidad para el diseño de veredas y espacios peatonales en general, algunos investigadores plantean que una de las principales limitaciones de este enfoque consiste en que no considera las percepciones y preferencias de los peatones. Por esta razón sugieren definiciones más flexibles, que permitan incorporar las preferencias de los usuarios dentro de las categorías de nivel de servicio y en las recomendaciones de diseño para infraestructura peatonal (Mori y Tsukaguchi, 1987).

Tabla 5

NIVELES DE SERVICIO PARA PEATONES EN VEREDAS

NIVEL DE SERVICIO	ESPACIO	FLUJOS Y VELOCIDADES ESPERADAS		
		VEL.PROMEDIO	TASA DE FLUJO (V)	VOL./CAP
	(m ² / Peatón)	(m/seg)	(Peatón / m / min)	V/C
A	≥ 12,0	≥ 1,32	≤ 6,6	≤ 0,08
B	≥ 3,7	≥ 1,27	≤ 23,0	≤ 0,28
C	≥ 2,2	≥ 1,22	≤ 32,9	≤ 0,40
D	≥ 1,4	≥ 1,14	≤ 49,3	≤ 0,60
E	≥ 0,6	≥ 0,76	≤ 82,2	≤ 1,00
F	<... 0,6	< 0,76	...VARIABLE...	

Nota: Capacidad (C) = 82,2 Peatón / m /min

Fuente: (HCM, 1994)

Seneviratne y Morrall (1985a) mencionan que las técnicas de planificación y recomendaciones de diseño desarrolladas para proveer facilidades peatonales con base en los principios de la ingeniería de tránsito, a menudo tienen poco o nada que ver con las preferencias de los peatones. Para ilustrar su afirmación, mencionan que en la planificación y diseño de las pasarelas peatonales, los principales factores que se tienen en cuenta son la eliminación del conflicto peatón-vehículo, el tamaño y disposición, el impacto visual y por supuesto el costo de construcción de la pasarela. Sin embargo las principales preocupaciones de los peatones, como el esfuerzo extra requerido para usar las pasarelas o el aumento de la distancia de caminata, reciben relativamente poca atención.

Seneviratne y Morrall (1985b) realizaron una encuesta origen-destino a peatones en el centro de Calgary, en la que se solicitó ordenar jerárquicamente aquellas características de la ruta escogida que determinaron su elección. Su objetivo era encontrar información relativa a patrones de viajes peatonales que fueran útiles en la formulación de procedimientos de asignación de viajes, evaluación de proyectos como localización de pasos de cebra y localización de facilidades peatonales en general. Ellos concluyen que la elección de la ruta más corta es el factor predominante para la mayoría de los encuestados, sean estos hombres o mujeres, jóvenes o ancianos. Además, para los peatones mayores de 60 años, el número de cruces de calle aparece ubicado en los primeros lugares.

Según el propósito de viaje, la ruta más corta aparece como la más atractiva. Sin embargo, si el propósito es compras el encuestado prefiere aquella ruta con mayor número de tiendas, salvo que tenga decidida la tienda en que comprará (destino fijo). Lo anterior indica que proveer rutas lo más directas y cortas entre los polos generadores y atractores de viajes debe ser la principal consideración cuando se planifican o diseñan rutas peatonales.

Seneviratne y Morrall (1985b) mencionan que si bien se podría pensar que el concepto tradicional de nivel de servicio para viajes peatonales basado en las relaciones entre flujo, velocidad y densidad podría tener implícitas las percepciones de los peatones, esto no es así; y enfatizan que estas variables no constituyen un buen indicador de la calidad de la caminata, y no son suficientes para explicar por sí solas las percepciones de los usuarios. Los resultados del estudio desarrollado en Calgary, donde se encontró que los peatones consideran como un atributo poco importante la densidad del flujo o el nivel de congestión en la ruta, confirman este planteamiento.

Lo anterior no quiere decir que el concepto de nivel de servicio sea equivocado y que los flujos deban ser ignorados; simplemente enfatiza la idea de incorporar las preferencias de los peatones en la etapa de planificación y diseño de veredas e infraestructura peatonal en general.

Mori y Tsukaguchi (1987) reconocen que si bien el concepto tradicional de nivel de servicio recoge de buena forma los efectos producidos por la congestión peatonal, éste no incorpora otras variables que pueden influir en la calidad de la caminata, como el diseño geométrico y estado de la vereda, la presencia de obstáculos y condiciones sanitarias.

Para resolver esta deficiencia, los autores proponen un método que permite evaluar veredas peatonales de acuerdo a las opiniones de los usuarios, de manera que a través de esta evaluación se determinen aquellas veredas que deben ser mejoradas con urgencia.

Con este propósito realizaron una encuesta en la que se presentó un conjunto de fotografías de tramos de veredas, las que fueron evaluadas por los encuestados en aspectos tales como ancho de veredas, volumen de verde, condiciones sanitarias, señales / obstáculos, facilidades para la caminata y una evaluación general de la vereda (¿Qué opinión le merece a usted ésta vereda en general?), debiendo colocar una nota de acuerdo a una escala de 5 puntos (muy malo, malo moderado, bueno, muy bueno).

Además, se consideró un conjunto de características físicas para definir y explicar la condición de cada una de las veredas presentadas en las fotografías. La siguiente etapa del estudio consistió en relacionar la evaluación general de las veredas de acuerdo a las opiniones de los encuestados y las características físicas que las definen. Con este propósito se realizó un análisis de regresión lineal, en que la variable dependiente fue la evaluación conjunta y las variables explicativas correspondieron a las características físicas. Finalmente, para la evaluación de veredas proponen un modelo que tiene como variables explicativas el ancho efectivo de la vereda, la razón de verde y el tipo de vereda.

En síntesis, el método propuesto por Mori y Tsukaguchi (1987) consiste en determinar la relación existente entre variables físicas (variables explicativas) y la percepción de los usuarios (evaluación general), de manera que las recomendaciones de diseño consideren tales percepciones, mejorando la calidad de la infraestructura peatonal de acuerdo a sus preferencias. Los resultados del estudio permiten concluir que veredas anchas, limpias, con pocos obstáculos y una alta razón de verde son consideradas muy buenas por los peatones.

Otro resultado que encuentra Mori y Tsukaguchi en su estudio, es que no existe una relación significativa entre la evaluación general de las veredas y el flujo peatonal que circula por ellas. Sin embargo este resultado no es categórico, debido a que las veredas presentadas en el estudio corresponden a lugares en que no existe congestión.

2.1.4 Tratamiento de la caminata a través de modelos de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria

Los modelos de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria, consideran que los individuos eligen aquella alternativa más atractiva o que les reporta mayor satisfacción. Así, los parámetros estimados llevan implícitas las percepciones y gustos de los usuarios respecto de cada uno de los atributos considerados en la función de utilidad.

Según señala Ortúzar (1994) los modelos de elección discreta se han basado tradicionalmente en el enfoque de la teoría de la utilidad aleatoria, la que indica que cuando los individuos pertenecientes a una cierta población homogénea Q enfrentan un proceso de elección, se supone que poseen información perfecta respecto de las características de todas las alternativas disponibles y que actúan racionalmente; es decir, escogen la alternativa que maximiza su utilidad personal neta sujeto a sus restricciones ambientales. Estas pueden ser legales, sociales, físicas o presupuestarias (en tiempo o dinero).

La forma funcional de los modelos queda determinada por los supuestos que se establezcan sobre la variable aleatoria y la especificación de la función de utilidad. El modelo de elección discreta más utilizado en estudios de transporte corresponde al modelo Logit; este surge de considerar que la componente aleatoria distribuye idéntica e independientemente Gumbel, con media cero y varianza σ^2 . Existen otros modelos, como el Probit, que surgen de considerar que el término aleatorio se distribuye Normal (Ben-Akiva y Lerman, 1985).

Los modelos de elección discreta suelen ser calibrados a través de la técnica de estimación de máxima verosimilitud. Lo anterior se debe al hecho que normalmente la

variable dependiente, en estos modelos, corresponde a una probabilidad que no puede ser observada.

Un área de la modelación de la demanda de transporte que ha utilizado ampliamente este enfoque corresponde a los modelos de partición modal, que constituyen una de las etapas consideradas por el modelo clásico de transporte.

Como se mencionó anteriormente, la caminata es esencial en los desplazamientos humanos, ya sea como modo puro o como una etapa de acceso-egreso a los demás modos de transporte. Esta característica ha obligado a que los modelos de partición modal, calibrados bajo el enfoque de elección discreta, consideren a la caminata como un modo independiente o bien como una variable de servicio de los otros modos al constituir un importante atributo de los viajes motorizados.

Tradicionalmente los atributos considerados para la caminata en modelos de partición modal, corresponden a las variables tiempo y distancia de caminata. Una excepción la constituyen los modelos estimados para la ciudad de Valparaíso, que incorporan la pendiente del trayecto caminado (CIS-CITRA, 1993). Como se puede apreciar los modelos de partición modal, dada su naturaleza, han considerado atributos que no corresponden a los únicos y principales aspectos involucrados en la decisión de caminar, pero que permiten reproducir adecuadamente la partición modal.

Existen algunos estudios que utilizan el enfoque de elección discreta para analizar el modo de acceso a las estaciones de Metro y Trenes (Tsoumbolas, et al 1992; Loutzenheiser, 1997). Este último analiza el modo de acceso al sistema BART (The Bay Area Rapid Transit), en San Francisco, que está constituido por una red de trenes suburbanos y Metro que alcanza los 116 Km. El modo de acceso al sistema es modelado a través de un enfoque de elección discreta, para lo cual se calibra un modelo Logit de partición modal, en el que sólo se consideran los viajes basados en el hogar. Se estimaron tres modelos: caminata versus todos los otros modos, caminata versus transporte público (principalmente bus) y caminata versus automóvil. En este caso, la probabilidad de elegir caminar era una función de las características del viajero (raza, edad, género y nivel de ingreso), del viaje de acceso (distancia a la estación más cercana, cuadas caminadas desde la estación, modo de egreso y propósito) y de la disponibilidad de modos alternativos para el viaje de acceso.

Las variables explicativas consideradas hacen que el modelo propuesto por Loutzenheiser (1997) sea inapropiado para cuantificar beneficios producidos por mejoras cualitativas en la infraestructura peatonal. Lo anterior se basa en el hecho que no consideró variables que den cuenta de la infraestructura peatonal, como por ejemplo: ancho de veredas, calidad de la iluminación, calidad de la vereda, etc.

Otro estudio que utiliza el enfoque de elección discreta, corresponde al realizado por Dernellis y Ashworth (1994), en el que se estimaron modelos Logit de elección de ruta para pasos peatonales subterráneos, en que las variables explicativas correspondieron a la distancia y tiempo de caminata. En este trabajo las variables explicativas corresponden a las tradicionalmente utilizadas por los modelos de partición modal, por lo que no constituyen un avance significativo en el entendimiento de la caminata y sus atributos.

Un detallado análisis sobre los peatones y la caminata, se encuentra en el estudio **“Análisis y Proposición de Políticas de Inversión para Favorecer a los Peatones”** (CITRA Ltda., 1999), donde se utilizó el enfoque de preferencias declaradas para determinar la valoración subjetiva, por parte de los peatones, de atributos que definen los proyectos de infraestructura y gestión tendientes a favorecer al modo caminata.

Para encontrar los atributos relevantes de la caminata, el estudio de Citra Ltda. recurrió a antecedentes recopilados a través de una exhaustiva revisión bibliográfica y a al desarrollo de un estudio exploratorio de la conducta de los peatones, para lo cual se utilizó la técnica de Dinámica de Grupo o Grupo Focal y cuyo principal objetivo consistió en buscar información cualitativa que permitiera determinar la percepción de los usuarios respecto a la utilización del modo caminata y de posibles acciones e inversiones para incentivar o favorecer los viajes a pie.

El desarrollo del estudio exploratorio permitió alcanzar una mejor comprensión de los viajes peatonales y de las razones subyacentes en las decisiones de viajar a pie y obtener un conjunto de variables o atributos que inciden en forma positiva y negativa generando agrado o desagrado en los viajes a pie.

En términos de los elementos que producen agrado a la hora de realizar un viaje a pie, los entrevistados mencionan la disponibilidad de tiempo para relajarse y compartir con otras personas, así como realizar la caminata en un ambiente libre de todo tipo de contaminación. Por otra parte, dentro de los elementos que producen desagrado al momento de caminar, el estudio indica que los entrevistados manifiestan un amplio rechazo a caminar en zonas congestionadas y contaminadas, así como en sectores solitarios al atardecer.

El estudio reporta aquellos aspectos que los entrevistados consideran barreras para que exista un aumento de la participación del modo caminata en sus desplazamientos habituales. Destacando las condiciones asociadas al clima (calor y lluvia), características del propio viaje (distancia y propósito), características del terreno (estado, ancho y ancho efectivo de las veredas, tipo y mantención de la vegetación existente en las veredas), seguridad del peatón (seguridad vial y seguridad e integridad

física) y Características asociadas al viajero (vestimenta, estado físico, imagen personal y estado de ánimo)

El estudio indica que las opiniones de los entrevistados revelan un fuerte sesgo, el que consiste en dar por sentado que proyectos orientados a favorecer al modo caminata no modificarán sustancialmente la partición modal actual, sino que sólo contribuirán a la comodidad y seguridad de los viajes peatonales mejorando significativamente la calidad de las caminatas actuales. Dentro de aquellos aspectos susceptibles de ser mejorados para favorecer los viajes a pie, mencionan el mejoramiento de las veredas, incremento de la seguridad vial, incremento de la seguridad contra robos y asaltos a peatones, así como el mejoramiento del entorno urbano y la generación de sub centros cívicos y de servicios son elementos que a juicio de los entrevistados aumentarían los viajes a pie.

El estudio exploratorio permitió establecer, en base a las opiniones de los participantes, que la caminata sólo constituye un modo alternativo al automóvil, al transporte público o los modos motorizados en general, en el caso de viajes de corta distancia, de manera que el tiempo requerido para cubrir el trayecto se encuentre dentro de rangos razonables. Frente a viajes que cubren distancias mayores, la caminata sólo es vista como una alternativa de acceso-egreso al modo principal.

Finalmente, el estudio cualitativo – exploratorio permitió determinar una serie de atributos relevantes en el desarrollo de la caminata. A continuación se presentan aquellas más frecuentemente mencionadas por los entrevistados y que fueron incluidas en el diseño de encuestas de preferencias declaradas:

- Clima (en especial calor y lluvia)
- Estado de la vereda
- Ancho de la vereda
- Congestión peatonal
- Vegetación y ornamentación del espacio público
- Seguridad vial (seguridad frente accidentes)
- Seguridad personal (seguridad frente a asaltos)
- Iluminación de las áreas peatonales
- Tipo y altura del acceso a las pasarelas peatonales

Estas variables permiten recoger el efecto producido sobre los viajes peatonales por distintas características de la infraestructura peatonal y constituyen los principales atributos que explican la elección de caminar.

Con el objetivo de incorporar una amplia gama de proyectos peatonales, en el estudio de Citra Ltda. (1999) se aplicaron tres tipos de experimento de preferencias declaradas,

basados en situaciones hipotéticas, pero realistas, en las cuales los encuestados se vieron enfrentados a elegir entre dos alternativas para realizar su viaje. Dado que las bases de datos construidas con estos experimentos constituyen la fuente de información primaria para el desarrollo de la presente Memoria de Título, siendo la información de base para la categorización de vías peatonales, a continuación se presenta con más detalle cada uno de ellos.

a. Experimento de partición modal

Su objetivo es determinar las preferencias de los usuarios frente a la elección de realizar un viaje a pie o en bus, intentando determinar la factibilidad de traspaso modal en viajes cortos (menores a 12 cuadras), y adicionalmente detectar la valoración otorgada por los usuarios a los paseos peatonales.

Este experimento tiene dos propósitos, por una parte analizar los cambios en la partición modal debido a la construcción de vías peatonales de calidad como lo es un paseo peatonal. Y por otra, incorporar una variable monetaria (tarifa del bus) que permita entregar valoraciones subjetivas de los distintos atributos de la caminata presentes en los diseños experimentales.

Dado que para viajes urbanos de media y larga distancia la caminata no representa una alternativa real para cubrir todo el trayecto del viaje, más bien constituye un modo complementario de acceso-egreso al modo principal, el diseño experimental propuesto en el estudio se basa en la elección de viajar en bus o caminando, pero un tramo lo suficiente mente corto como para realizarlo a pie.

La elección de modo para realizar viajes cortos depende de las características del viajero y de los atributos de cada uno de los modos alternativos. En este sentido, si las características de la ruta peatonal favorecen una caminata cómoda, segura y confortable, el usuario tendrá una mayor disposición a caminar. Esto justifica analizar cómo afecta a la partición modal la construcción de un paseo peatonal, lo que permite segregar completamente a los peatones y de esta forma ofrecer caminatas más seguras y agradables.

Para efectos del diseño experimental, se presentaron situaciones en las cuales los encuestados se vieron enfrentados a elegir entre realizar un viaje corto (menor a 15 cuadras) en bus o caminando a través de un paseo peatonal. Las alternativas bus y caminata se describieron en términos de las siguientes variables:

- **Tarifa bus.** Variable continua medida en pesos. Se incorpora al diseño a través de tres niveles de variación.

- **Tiempo de viaje en bus.** Variable continua medida en minutos. Se incorpora al diseño a través de dos niveles de variación.
- **Distancia de caminata vereda normal.** Variable continúa medida en cuadras, la cual se encuentra asociada a ambas alternativas como distancia de acceso al modo o al paseo peatonal.
- **Distancia de caminata sobre paseo peatonal.** Variable continúa medida en cuadras. Se incorpora al diseño en tres niveles de variación.

b. Experimento de pasarela peatonal

En este caso, a través de un experimento de elección de ruta peatonal, se espera determinar el nivel de elección de las pasarelas peatonales considerando distintos niveles de equipamiento y diseño de la pasarela, así como distintas características de la vía que se desea cruzar. Este experimento resulta interesante debido al gran rechazo que presentan los peatones hacia la utilización de este tipo de infraestructura, a pesar del riesgo que conlleva cruzar la vía vehicular a nivel, lo que en muchos casos se ve reflejado en una elevada tasa de atropellos a peatones, situación que determina su construcción.

Con este diseño experimental, el estudio analiza el caso de pasarelas peatonales a desnivel, donde los peatones se ven enfrentados a la disyuntiva de cruzar caminando a través de la vía con un cierto nivel de riesgo que depende del nivel de flujo vehicular, o cruzar a través de una pasarela peatonal, que por lo general aumenta la distancia de caminata y requiere de un mayor esfuerzo para subir y bajar escaleras o rampas.

Para efectos del diseño experimental, se presentaron situaciones en las que los encuestados debían elegir entre cruzar una vía expresa a nivel, o a través de una pasarela peatonal. Las variables consideradas en el diseño corresponden a las que se indica a continuación y fueron descritas de la siguiente manera:

- **Caminata total.** Variable continua, medida en cuadras. Esta variable permite expresar la distancia de caminata en las dos alternativas en juego. Se consideraron tres niveles de variación, definidos en términos de la diferencia entre las cuadras caminadas cruzando en forma directa y a través de la pasarela.
- **Nivel de flujo por la vía.** Variable dicotómica. Esta variable tiene implícitas otras dos variables: el riesgo de accidentes y la demora por cruzar una vía. Se consideran tres niveles de variación.
- **Altura de la pasarela.** Variable continua, medida en metros. Se debe notar que una altura menor de la pasarela involucraría hundir la vía principal, en

este caso se ha supuesto, para efectos de presentación, que este hecho no afectará considerablemente las distancias de caminata. Esta variable se incorpora al diseño con tres niveles de variación.

- **Nivel de equipamiento de la pasarela.** Variable dicotómica. Se define como el estándar o calidad de la pasarela. Pretende medir el efecto sobre la elección de distintos tipos de pasarela en términos de la provisión de equipamiento. Se consideran tres niveles de variación.

c. Experimentos genéricos de elección de ruta peatonal

A través de una serie de experimentos de elección de ruta, se espera determinar la valoración subjetiva, por parte de los peatones, de distintos atributos que caracterizan una ruta peatonal. En este caso, se realizaron tres experimentos genéricos distintos de elección de ruta.

Con este diseño experimental, el estudio busca determinar la valoración subjetiva de los atributos o características que definen o caracterizan un tramo genérico de vereda. Para este efecto, en el diseño de los experimentos se buscó incluir en forma directa o indirecta aquellas variables que, de acuerdo a los resultados del estudio exploratorio del comportamiento de los peatones, inciden en la elección y calidad de la caminata. Los diseños experimentales fueron presentados de manera que el encuestado se viera enfrentado a elegir entre dos rutas, cada una con características diferentes, para realizar un viaje a pie. Las rutas fueron definidas en términos de las siguientes características:

- **Distancia total de caminata.** Variable continua, medida en cuadras. Pretende medir el rechazo a caminar una cuadra adicional. Se consideró tres niveles de variación.
- **Entorno:** Variable dicotómica. Se refiere a la calidad del entorno urbano por donde se desarrolla el viaje a pie. Incluye aspectos como belleza escénica, grado y tipo de actividad comercial. Se consideraron tres niveles de variación.
- **Vigilancia:** Variable dicotómica. Esta variable se definió a través del grado de vigilancia policial percibido por el peatón. Se consideraron dos niveles de variación, los cuales se describieron textualmente en la encuesta. En el experimento esta variable fue planteada en términos de diferencia entre alternativas.
- **Iluminación:** Variable dicotómica. Se refiere a la calidad de la iluminación existente durante la caminata. Se consideró incorporar esta variable con tres niveles de variación.

- **Ancho de vereda:** Variable continua, medida en metros. Pretende medir la influencia del ancho de la vereda sobre la elección de ruta peatonal. Fue incorporada al diseño en términos de la diferencia de ancho entre las veredas de ambas rutas.
- **Franja de segregación:** Variable dicotómica. Busca medir la valoración, por parte de los peatones, de la mayor o menor proximidad con el flujo vehicular. Se consideró incorporarla a través de dos niveles de variación.
- **Estado de la vereda:** Variable dicotómica. Pretende medir la influencia del estado de la carpeta sobre la cual se realiza la caminata. Se incorporó al diseño con tres niveles de variación.
- **Congestión peatonal:** Variable dicotómica. Pretende medir la desutilidad producida por caminar en diversas condiciones de hacinamiento peatonal. Se incorporó al diseño a través de tres niveles.
- **Demora en intersecciones:** Variable continua, medida en minutos. Busca medir el efecto del tiempo de espera en cruces peatonales sobre la elección de ruta peatonal. Se incorporó al diseño experimental a través de tres niveles de variación.
- **Nivel de ruido:** Variable dicotómica. Pretende medir el efecto que produce el nivel de ruido sobre la elección de ruta peatonal. Se incorporó al diseño experimental a través de tres niveles de variación.

Con el fin de incorporar los diez atributos identificadas como relevantes, se construyeron tres diseños experimentales, cada uno de los cuales contiene la distancia total de caminata junto a otras tres variables, según se indica en la Tabla 6.

Tabla 6

VARIABLES CONSIDERADAS EN LOS DISEÑOS DE TRAMO LINEAL

Diseño	Variables consideradas
Experimento genérico 1	- Distancia total de caminata - Características del entorno - Demora en intersecciones - Nivel de ruido ambiental
Experimento genérico 2	- Distancia total de caminata - Estado de la vereda - Ancho de vereda - Segregación del flujo vehicular
Experimento genérico 3	- Distancia total de caminata - Vigilancia policial - Iluminación - Congestión peatonal

Fuente: Elaboración propia

A través de la aplicación de los cinco diseños experimentales, se obtuvo un total de 2.469 encuestas válidas, las que permitieron generar una base de datos con la cual se calibraron modelos logit multinomial para la elección de ruta peatonal. Para la estimación de los modelos, en todos los casos se especificó para la función de utilidad una forma funcional lineal del tipo:

$$V_{iq} = \sum_{K=1}^K \theta_{ik} x_{ikq} \quad (2.1)$$

Donde los X_{ikq} corresponde a la magnitud del k-ésimo atributo de la alternativa i del individuo q, y los θ_{ik} corresponden a los parámetros calibrados a partir de las observaciones, y representan la valoración dada por los usuarios a cada atributo k.

2.2 TRATAMIENTO DE LA CAMINATA EN EVALUACIÓN DE PROYECTOS, SEGÚN LAS METODOLOGÍAS APLICADAS EM CHILE

Los proyectos de transporte son clasificados, dependiendo de la magnitud de sus impactos, en dos niveles básicos (Fernández, 1995 y 2008), según se indica a continuación:

- Proyectos de nivel estratégicos, son aquellos proyectos de gran envergadura, que por definición inducen un cambio importante a nivel de la demanda, pudiendo producir cambios relevantes en la localización, generación, distribución, partición modal y/o en la asignación de los viajes.
- Proyectos de nivel Tácticos, son proyectos de una envergadura menor que los estratégicos, que no producen cambios significativos en la localización, generación, distribución y partición modal de los viajes. Su efecto fundamental es a nivel de asignación sobre las redes de servicios de transporte (redes de transporte privado y de transporte público).

Por otra parte, el Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (Sectra,1988), clasifica los proyectos según el impacto que producen en la demanda, en la estructura de flujos y según el aspecto dominante de la intervención, en las categorías que se indica a continuación:

- Clasificación de proyectos según impacto en la demanda, en este caso se identifican los **proyectos estructurales** cuya característica principal es que impactan la

demanda a nivel de generación, distribución o partición modal de los viajes. Y los proyectos **no estructurales** que corresponden a aquellos que no producen cambios estratégicos y relevantes en la demanda y sólo determinan cambios en la operación del sistema analizado.

- Clasificación de proyectos según impacto en la estructura de flujos, en este caso se identifican los **proyectos con reasignación de flujos** que implican un cambio en las rutas utilizadas por los usuarios del sistema de transporte. Finalmente, los proyectos **sin reasignación de flujos**.

Por definición, los proyectos estructurales implican reasignaciones de flujos, en cambio los no estructurales, pueden ser de los dos tipos.

- Clasificación de proyectos según aspecto dominante de la intervención, en este caso se identifican los **proyectos de infraestructura** y los **proyectos de gestión**

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, resulta conveniente estudiar el tratamiento de la caminata en proyectos de nivel estratégicos (o estructurales) y en proyectos de nivel táctico (no estructurales).

En caso de proyectos de nivel táctico, se deberá tener especial atención en discernir si se trata de proyectos con o sin reasignación de flujos peatonales, por las implicancias que esto tiene en la definición de una red peatonal adecuada.

2.2.1 Tratamiento de la caminata en evaluación de proyectos de nivel estratégico

A nivel estratégico, la metodología de análisis de sistema de transporte sugiere el uso del modelo clásico de cuatro etapas o modelo secuencial para el caso de ciudades pequeñas y de tamaño medio, y del modelo de equilibrio simultáneo para las ciudades de gran tamaño donde existe niveles de congestión significativo.

La formulación del modelo secuencial, contempla las etapas de generación, distribución, partición modal y asignación a la red.

En términos simplificados, la metodología de modelación contempla los siguientes pasos:

1. Discretización del espacio urbano o área de estudio, definiendo zonas y centroides que corresponden a los lugares donde se generan y atraen los viajes (origen y destino de viajes).
2. Definición de una red básica de modelación, utilizada para la asignación del transporte privado. La que es representada por un grafo $G(N,A)$, donde N es el conjunto de nodos y A el conjunto de arcos. Los nodos representan las intersecciones y los centroides de las zonas y los arcos representa las calles de la ciudad.
3. Definición de redes de transporte público, que representan los servicios ofrecidos a los usuarios.
4. Calibración de modelos de generación y atracción de viajes.
5. Calibración de modelos de distribución de viajes
6. Calibración del modelo de partición modal
7. Asignación a la red.

En esta metodología de modelación, la caminata sólo es tratada a nivel de partición modal, a través de modelos de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria, utilizando la red básica para estimar la distancia mínima de caminata entre zonas.

Para este efecto, los arcos de la red básica se consideran bidireccionales. En caso de ser necesario, es posible incorporar a la red básica arcos adicionales que den cuenta de la existencia de rutas peatonales exclusivas, como por ejemplo puentes peatonales sobre un río o escaleras peatonales en sectores de cerros.

Tanto la Metodología de Análisis de Sistemas de Transporte de Ciudades de Gran Tamaño y Tamaño Medio son categóricas al señalar que la función de costo de la caminata debe estar asociada a factores constantes como el largo del arco o su pendiente.

Por otra parte, para los viajes realizados en modos motorizados, la caminata es una componente fundamental del nivel de servicio percibido por los usuarios, y está presente en el acceso/egreso al modo y para los viajes multietapas, la caminata está presente en el trasbordo necesario para completar el viaje total. Para estos casos, el modelo contempla arcos de acceso/egreso y arcos de transbordo.

En los últimos años, esta metodología se ha utilizado ampliamente en Chile, para desarrollar un conjunto de estudios aplicados a ciudades de tamaño intermedio. Del total de ciudades estudiadas, se revisaron las que se mencionan en Tabla 7, donde se indica el criterio tenido en cuenta para definir la disponibilidad de caminata como modo puro. Se puede apreciar que en todos los casos se consideró que la caminata estaba disponible como modo puro. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se aplicaron algunas restricciones en términos de la distancia y/o tiempo de caminata que un individuo estaría dispuesto a realizar.

Tabla 7

DISPONIBILIDAD DE LA CAMINATA COMO MODO PURO EN ESTUDIOS DE CIUDADES INTERMEDIAS REALIZADOS EN CHILE

Nº	Ciudad	Disponibilidad de la Caminata como modo puro	Velocidad (Km/h)
1	Arica	Para Distancia de Viaje < 2 Km	5
2	Iquique	Siempre Disponible	3,6
3	Antofagasta	Para todos los Viajes	3,6
4	Calama	Tiempo de Caminata < 75 min	3,6
5	Copiapo	Para Distancia de Viaje < 3,6 Km	3,6
6	Coquimbo - La Serena	Para Distancia de Viaje < 4 Km	3,6
7	Rancagua	Para Distancia de Viaje < 2,7 Km	3,6
8	Linares	Tiempo de Caminata < 45 min	4
9	Puerto Montt	Siempre Disponible	5
10	Punta Arenas	Para Distancia de Viaje < 1.200 m	3,6

Fuente: Elaboración propia.

Como se indicó anteriormente, en la totalidad de los casos la caminata sólo fue modelada a nivel de partición modal, siguiendo los criterios generales que se indican a continuación:

1. La totalidad de estudios consideró la caminata como disponible para realizar viajes interzonales.
2. Sólo en dos estudios de los diez revisados, la caminata siempre estuvo disponible. Mientras que en los otros ocho estudios, se limitó su disponibilidad para viajes que no superaran una distancia máxima o un tiempo máximo de viaje.
3. La velocidad de caminata considerada en la mayoría de los estudios es de 3,6 km/h. Sólo en 3 estudios se utiliza una velocidad mayor, siendo de 4 o 5 km/h. El argumento para considerar 3,6 km/h, tiene relación con que en el caso de caminatas urbanas, los peatones experimentan demoras en las intersecciones, lo que reduce la velocidad media de caminata desde los usuales 5 km/h.

4. A partir de la base gráfica de la ciudad disponible en el SIG de cada estudio, se calcula la distancia de viaje mínima entre manzanas usando toda la vialidad disponible en dicha base (calles, pasajes, etc.). Posteriormente, según el valor supuesto para la velocidad de caminata, se calcula el tiempo de viaje asociado al viaje.

Revisados los estudios de modelación de las ciudades intermedias señaladas en la Tabla 7, podemos señalar que la caminata sólo fue considerada hasta los modelos de partición modal, posteriormente, no fue contemplada en los análisis de las etapas siguientes de los estudios.

2.2.2 Tratamiento de la caminata en evaluación de proyectos de nivel táctico

En general, no se encuentra una metodología específica para el tratamiento de la caminata en proyectos de nivel táctico, y las metodologías específicas existentes para otros fines abordan de forma insuficiente los viajes peatonales.

En este contexto, la metodología de evaluación de proyectos viales urbanos, reconoce que los proyectos de vialidad urbana pueden afectar los tiempos de viajes de los peatones debido a diferencias en las distancias recorridas o a diferencias en las demoras en los cruces con flujos vehiculares (MESPIVU, SECTRA 1988).

En caso de existir presencia importante de peatones en áreas afectadas por proyectos de vialidad urbana, esta metodología recomienda cuantificar el impacto económico que significa para los peatones estas variaciones en los tiempos de viaje e incorporar estos beneficios (o desbeneficios) en la evaluación social de los proyectos, entregando algunos criterios para la modelación peatonal y para la valoración social de estos impactos.

De esta forma, la metodología de evaluación reconoce impactos provenientes de variaciones en el tiempo de viaje de los peatones, los que una vez cuantificados, deben ser valorados económicamente a través del precio social del tiempo de los usuarios.

Analizada la metodología de evaluación de proyectos de vialidad urbana, es posible concluir que la caminata es tratada sólo a través de los tiempos involucrados en la actividad, ignorando atributos relevantes como el esfuerzo físico que debe realizar el peatón al caminar o la calidad y seguridad de la infraestructura peatonal a través de la cual realiza su viaje.

En general, los viajes peatonales y los proyectos orientados a mejorar las condiciones de la caminata son vistos como apéndice o derivados de proyectos orientados a otros propósitos, principalmente de proyectos de infraestructura vial para vehículos motorizados.

3 CATEGORIZACION DE ARCOS PEATONALES

Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal de esta Memoria consiste en la categorización de arcos peatonales teniendo en cuenta los atributos de los arcos y la percepción que de ellos tienen los propios peatones.

En este contexto, resulta natural utilizar las valoraciones subjetivas de los atributos incorporados en los experimentos de elección de ruta desarrollados en el estudio de Citra Ltda. (1999) para proponer una categorización de arcos. Por lo que en este capítulo, junto con proponer un método para categorizar arcos peatonales se discute la conveniencia de utilizar directamente dichos modelos o estimar nuevos modelos utilizando las base de datos construidas con los experimentos de preferencia declaradas.

Finalmente, se propone una medida del costo generalizado o utilidad de caminar por un arco según su categoría, la que basada en el concepto de distancia virtual o equivalente, permita la modelación peatonal y su eventual incorporación en la modelación estratégica del sistema de transporte urbano y en la evaluación de proyectos tácticos de inversión en infraestructura urbana.

3.1 MÉTODO PARA LA CATEGORIZACIÓN DE ARCOS PEATONALES

Se propone un método para categorizar arcos peatonales, basado en el uso de percepciones subjetivas de atributos específicos de la vías peatonales que resulten significativos para los peatones al momento de realizar sus caminatas.

El procedimiento para categorizar arcos peatonales corresponde al que se resume en los siguientes pasos:

1. Se debe contar con un modelo de elección discreta de ruta peatonal que incorpore en la función de utilidad un conjunto de atributos que representen adecuadamente el arco peatonal por el que se realiza la caminata.

2. Cada una de las combinaciones posibles de los niveles de los distintos atributos presentes en el modelo, representa las condiciones específicas de un arco peatonal en particular.
3. Utilizando el modelo de elección de ruta peatonal, se calcula la utilidad (u_i) para cada uno de los arcos según las combinaciones posibles de los distintos niveles de los atributos especificados en el modelo.
4. Cada una de estas utilidades u_i , representa la utilidad de cada uno de los arcos peatonales modelados, según los valores tomados por los atributos considerados en el modelo.
5. El conjunto de arcos se ordena descendientemente según el valor de su función de utilidad u_i .
6. El conjunto de arcos se divide en grupos, según rangos del valor tomado por la función de utilidad u_i calculada en el paso 3. Para encontrar los límites entre los grupos de arco, se propone dividir el rango entre el valor de la utilidad máxima y mínima en tramos constantes. En caso de considerar 3 grupos, los límites entre grupos estarán dados por las expresiones indicadas abajo:

$$\text{Límite 1} = \text{Min}(u_i) + \frac{\text{Max}(u_i) - \text{Min}(u_i)}{3} \quad (3.1)$$

$$\text{Límite 2} = \text{Límite 1} + \frac{\text{Max}(u_i) - \text{Min}(u_i)}{3} \quad (3.2)$$

7. Los grupos se ordenan de forma descendente. Al grupo con los mayores valores de utilidad u_i se le asigna el nombre "Grupo 1", al grupo siguiente se le asigna el nombre "Grupo 2" y así sucesivamente hasta nombrar todos los grupos
8. A los arcos del Grupo 1, los de mayor utilidad, se les asigna la denominación de "Arco Tipo 1", este tipo de arcos representará las mejores condiciones de la infraestructura peatonal. A los arcos del grupo 2, se les asigna la denominación "Arco Tipo 2". Y así sucesivamente hasta asignar a todos los Grupos un Tipo de Arco, el último Grupo estará formado por los arcos con las peores condiciones para caminar.
9. A cada uno de los grupos o Tipos de Arco, se le asigna como utilidad representativa U_j el promedio de las utilidades (u_i) de todos los arcos pertenecientes a ese grupo.

10. Finalmente se calcula el Factor de Distancia Virtual (FDV_j) para cada Tipo de Arco. Valor que se obtiene determinando la distancia equivalente que se debe caminar en cada Tipo de Arco para obtener un valor de utilidad igual a la utilidad representativa U_j de cada uno de los Tipos de Arco definidos. Para esta conversión, se utiliza el valor subjetivo de la distancia caminada determinado en el modelo de elección de ruta.

3.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DE MODELOS DE ELECCIÓN Y ATRIBUTOS DE ARCOS PEATONALES

Como se ha discutido en capítulos anteriores, los peatones cuando realizan sus viajes, además de la distancia y tiempo de caminata, perciben una gran variedad de atributos del lugar por donde caminan, algunos de los cuales corresponden a la infraestructura peatonal propiamente tal y otros que están relacionados con el entorno urbano por donde se realiza el viaje.

En este sentido, y dado que la categorización de arcos peatonales que se propone establecer como resultado de esta Memoria, tiene como principal objetivo generar una herramienta útil para los analistas y planificadores del sistema de Transporte Urbano en la toma de decisiones y evaluación de proyectos peatonales, ya sea a nivel estratégico o táctico, es fundamental que los atributos involucrados en la categorización de arcos peatonales sean cuantificables y de fácil medición en la situación base, así como en la situación con proyecto.

A continuación se entregan los criterios que se han tenido en cuenta en la selección de los atributos de las vías peatonales que fueron considerados en el proceso de categorización de arcos peatonales.

1. Los atributos deben constituir un aspecto significativo en la elección de ruta de los peatones.
2. Los atributos deben ser comparables entre la situación base y la situación con proyecto
3. Los atributos deben ser factibles de modificar por el planificador, diseñador y/o proyectista.
4. Que el número total de atributos que caracterizan el arco peatonal, faciliten el diagnóstico y caracterización de arcos en un trabajo de campo convencional.

Como se mencionó al comienzo de este capítulo, parecía natural y conveniente utilizar los modelos estimados en el estudio de Citra Ltda. (1999) para implementar el

procedimiento de categorización de arcos peatonales. Sin embargo, al considerar los criterios de selección de atributos mencionados anteriormente, y después de implementar el procedimiento descrito en el punto 3.1, se descartó utilizar directamente los modelos estimados en este estudio.

En este contexto, y con el objeto de contar con modelos de elección discreta que nos permitan conocer valoraciones subjetivas de atributos de arcos peatonales, se estimaron nuevos modelos de elección de ruta peatonal, utilizando para este propósito las bases de datos construidas con los experimentos genéricos de elección de ruta del estudio mencionado.

En las Tablas 8 y 9 se presentan los nuevos modelos de elección de ruta estimados con las bases de datos provenientes de la aplicación de los experimentos de preferencias declaradas reportados en el estudio de Citra.Ltda.

Tabla 8
Modelo Genérico de Elección de Ruta Peatonal
Modelo Experimento Genérico 1

Parámetro		Estimador	T-Estadístico
Distancia Caminando [Cuadra]		0,2225	6,7
Entorno Base: Agradable	Descuidado	-0,4489	-23,0
	Normal	-0,1207	-10,3
Demora en Intersecciones [Min]		-0,0580	-20,7
Nivel de Ruido Base: Bajo	Medio	-0,0022	-0,1
	Alto	-0,1540	-11,8
Rho ² (0)		0,2056	
Rho ² (c)		0,2036	

Los parámetros estimados para el modelo de elección de ruta denominado Genérico 1 presentan resultados contraintuitivos, pues el parámetro de la distancia caminada resulta ser positivo. Aunque para este modelo, se observa que los parámetros estimados para todas las otras variables explicativas presentan signo correcto, el hecho que la distancia de caminata no sea percibida como un desbeneficio por los peatones hace descartar este modelo para utilizarlo en la categorización de vías peatonales.

Los parámetros estimados para el modelo de elección de ruta denominado Genérico 2, se muestran en la Tabla 9. Se puede apreciar que los parámetros presentan los signos y tendencias esperadas. El índice de ajuste se encuentra dentro del rango razonable para este tipo de modelos (Rho² = 0,177).

El parámetro asociado a la caminata resulta negativo y estadísticamente significativo. A mayor distancia caminada, menor utilidad percibe el usuario.

Los parámetros asociados al estado de la vereda por donde se camina son significativos y tienen los signos esperados de acuerdo al valor base adoptado (vereda excelente), negativo para el caso de vereda deteriorada y normal. El valor absoluto del parámetro de vereda deteriorada es mayor al valor absoluto del parámetro de vereda normal, lo que resulta compatible con el hecho que los usuarios prefieren caminar por mejores veredas.

El parámetro del ancho de vereda muestra signo positivo y es estadísticamente significativo. Es decir los peatones prefieren caminar por veredas más anchas.

El parámetro asociado a la existencia de franja de segregación entre el flujo vehicular y peatonal presenta signo positivo y es significativo estadísticamente. Resultado correcto, pues los peatones prefieren caminar por lugares que presenten un menor riesgo de accidentes.

Tabla 9

Modelo Genérico de Elección de Ruta Peatonal
Modelo Experimento Genérico 2

Parámetro		Estimador	T-Estadístico
Distancia Caminando [Cuadra]		-0,3807	-7,4
Vereda Base: Excelentel	Deteriorada	-0,3795	-20,1
	Normal	-0,1241	-14,8
Ancho de Vereda [Mts]		0,0380	11,0
Franja de Segregación Base:Existe	No Existe	-0,1465	-15,7
Rho ² (0)		0,1807	
Rho ² (c)		0,1766	

El modelo Genérico 3 presentado en la Tabla 10, presenta la misma situación que el modelo Genérico 1, el parámetro de la distancia de caminata es positivo. Este resultado resulta contra intuitivo, ya que su interpretación es que a mayor distancia de caminata, mayor beneficio percibe el peatón, este resultado lleva a descartar este modelo para utilizarlo en la categorización de vías peatonales.

Tabla 10

Modelo Genérico de Elección de Ruta Peatonal
Modelo Experimento Genérico 3

Parámetro		Estimador	T-Estadístico
Distancia Caminando [Cuadra]		0,2380	7,9
Vigilancia Base: Existe	No Existe	-0,2120	-12,7
Iluminación Base: Excelente	Débil	-0,2376	-20,0
	Normal	-0,0267	-1,8
Congestión Peatonal Base: Inexistente	Media	0,0009	0,1
	Alta	-0,0759	-7,9
Rho ² (0)		0,1715	
Rho ² (c)		0,1672	

En virtud de lo anterior, se optó por utilizar sólo el modelo genérico 2 para aplicar el método de categorización de arcos peatonales. Básicamente, por incompatibilidad de signos de los modelos genérico 1 y genérico 3.

3.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CATEGORIZACIÓN DE VÍAS PEATONALES

Para establecer categorías de vías peatonales, a través de la aplicación del método propuesto en el punto 3.1, se ha considerado utilizar las valoraciones subjetivas provenientes del modelo de elección de ruta denominado genérico 2. En base a este modelo se estableció un total de 42 tipos de arcos, según se indica en la Tabla 11; estos resultan de realizar todas las combinaciones posibles entre variables (o atributos) y los niveles considerados, según se indica a continuación:

Para la variable Estado de la Vereda se contemplaron los tres niveles considerados en diseño experimental: vereda excelente, vereda normal y vereda deteriorada.

Para la variable Franja de Segregación que da cuenta de la existencia de segregación entre el flujo peatonal y el flujo vehicular, se utilizaron los dos niveles considerados en el diseño experimental, existe franja y no existe franja.

Para la variable Distancia de Caminata se consideró una cuadra para todos los casos, ya que éste distancia da cuenta de la longitud de un arco peatonal.

Para definir los niveles a tomar por la variable ancho de vereda, se consideraron cuatro aspectos que resultan fundamentales en este proceso y que corresponden a los niveles incorporados en el diseño experimental, la normativa vigente, los requerimientos de espacio que permite a los peatones desplazarse con un nivel de servicio aceptable y las condiciones que se observan habitualmente en las calles.

El diseño experimental de elección de ruta aplicado en el estudio de Citra Ltda. consideró tres niveles para esta variable, incorporando situaciones en que se presentaron veredas de dos metros, de cuatro metros y de seis metros.

Por otra parte, en términos normativo, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), establece en 1,2 metros el ancho mínimo de veredas, para el caso de vías locales. Sin embargo, el REDEVU recomienda anchos mínimos de 2 metros para veredas peatonales, que corresponde al espacio necesario para que se crucen dos personas que lleven paquetes, coches de niños o circulen en silla de ruedas.

Teniendo en cuenta lo expuesto en los párrafos precedentes, se consideraron siete niveles para el ancho de vereda (1,2 m – 1,5 m – 2,0 m – 2,5 m – 3,0 m – 3,5 m – 4,0 m), rango que recoge adecuadamente la variedad de situaciones que se observan en terreno. Cabe señalar que en este caso se trata de anchos efectivo, es decir, corresponden al ancho de la faja de circulación peatonal despejada y libre de obstáculos.

Con estos atributos y las variaciones indicadas, se definió el conjunto de 42 arcos que se indica en la Tabla 11.

Tabla 11

Definición de Arcos en base a Experimento Genérico 2

Nº Arco	Distancia [Cuadra]	Estado de la Vereda	Franja de Segregación	Ancho de Vereda [Mts]
1	1	Deteriorada	Segregada	1,2
2	1	Deteriorada	No Segregada	1,2
3	1	Normal	Segregada	1,2
4	1	Normal	No Segregada	1,2
5	1	Excelente	Segregada	1,2
6	1	Excelente	No Segregada	1,2
7	1	Deteriorada	Segregada	1,5
8	1	Deteriorada	No Segregada	1,5
9	1	Normal	Segregada	1,5
10	1	Normal	No Segregada	1,5
11	1	Excelente	Segregada	1,5
12	1	Excelente	No Segregada	1,5
13	1	Deteriorada	Segregada	2
14	1	Deteriorada	No Segregada	2
15	1	Normal	Segregada	2
16	1	Normal	No Segregada	2
17	1	Excelente	Segregada	2
18	1	Excelente	No Segregada	2
19	1	Deteriorada	Segregada	2,5
20	1	Deteriorada	No Segregada	2,5
21	1	Normal	Segregada	2,5
22	1	Normal	No Segregada	2,5
23	1	Excelente	Segregada	2,5
24	1	Excelente	No Segregada	2,5
25	1	Deteriorada	Segregada	3
26	1	Deteriorada	No Segregada	3
27	1	Normal	Segregada	3
28	1	Normal	No Segregada	3
29	1	Excelente	Segregada	3
30	1	Excelente	No Segregada	3
31	1	Deteriorada	Segregada	3,5
32	1	Deteriorada	No Segregada	3,5
33	1	Normal	Segregada	3,5
34	1	Normal	No Segregada	3,5
35	1	Excelente	Segregada	3,5
36	1	Excelente	No Segregada	3,5
37	1	Deteriorada	Segregada	4
38	1	Deteriorada	No Segregada	4
39	1	Normal	Segregada	4
40	1	Normal	No Segregada	4
41	1	Excelente	Segregada	4
42	1	Excelente	No Segregada	4

Aplicando los parámetros estimados para el modelo genérico 2, según se detalla en Tabla 9, a los 42 arcos peatonales indicados en la Tabla 11, se obtiene los valores de utilidad que se reporta en la Tabla 12.

Tabla 12

Calculo de Utilidad para Arcos en base a parámetros de Experimento Genérico 2

Arco Nº	Distancia [Cuadra]	Estado de la Vereda	Franja Peatonal	Ancho de Vereda [Mts]	Valor Parámetro				Utilidad
					Distancia	Estado de la Vereda	Franja Peatonal	Ancho de Vereda	
1	1	Deteriorada	Segregada	1,2	-0,3807	-0,3795	0	0,038	-0,7146
2	1	Deteriorada	No Segregada	1,2	-0,3807	-0,3795	-0,1465	0,038	-0,8611
3	1	Normal	Segregada	1,2	-0,3807	-0,1241	0	0,038	-0,4592
4	1	Normal	No Segregada	1,2	-0,3807	-0,1241	-0,1465	0,038	-0,6057
5	1	Excelente	Segregada	1,2	-0,3807	0	0	0,038	-0,3351
6	1	Excelente	No Segregada	1,2	-0,3807	0	-0,1465	0,038	-0,4816
7	1	Deteriorada	Segregada	1,5	-0,3807	-0,3795	0	0,038	-0,7032
8	1	Deteriorada	No Segregada	1,5	-0,3807	-0,3795	-0,1465	0,038	-0,8497
9	1	Normal	Segregada	1,5	-0,3807	-0,1241	0	0,038	-0,4478
10	1	Normal	No Segregada	1,5	-0,3807	-0,1241	-0,1465	0,038	-0,5943
11	1	Excelente	Segregada	1,5	-0,3807	0	0	0,038	-0,3237
12	1	Excelente	No Segregada	1,5	-0,3807	0	-0,1465	0,038	-0,4702
13	1	Deteriorada	Segregada	2	-0,3807	-0,3795	0	0,038	-0,6842
14	1	Deteriorada	No Segregada	2	-0,3807	-0,3795	-0,1465	0,038	-0,8307
15	1	Normal	Segregada	2	-0,3807	-0,1241	0	0,038	-0,4288
16	1	Normal	No Segregada	2	-0,3807	-0,1241	-0,1465	0,038	-0,5753
17	1	Excelente	Segregada	2	-0,3807	0	0	0,038	-0,3047
18	1	Excelente	No Segregada	2	-0,3807	0	-0,1465	0,038	-0,4512
19	1	Deteriorada	Segregada	2,5	-0,3807	-0,3795	0	0,038	-0,6652
20	1	Deteriorada	No Segregada	2,5	-0,3807	-0,3795	-0,1465	0,038	-0,8117
21	1	Normal	Segregada	2,5	-0,3807	-0,1241	0	0,038	-0,4098
22	1	Normal	No Segregada	2,5	-0,3807	-0,1241	-0,1465	0,038	-0,5563
23	1	Excelente	Segregada	2,5	-0,3807	0	0	0,038	-0,2857
24	1	Excelente	No Segregada	2,5	-0,3807	0	-0,1465	0,038	-0,4322
25	1	Deteriorada	Segregada	3	-0,3807	-0,3795	0	0,038	-0,6462
26	1	Deteriorada	No Segregada	3	-0,3807	-0,3795	-0,1465	0,038	-0,7927
27	1	Normal	Segregada	3	-0,3807	-0,1241	0	0,038	-0,3908
28	1	Normal	No Segregada	3	-0,3807	-0,1241	-0,1465	0,038	-0,5373
29	1	Excelente	Segregada	3	-0,3807	0	0	0,038	-0,2667
30	1	Excelente	No Segregada	3	-0,3807	0	-0,1465	0,038	-0,4132
31	1	Deteriorada	Segregada	3,5	-0,3807	-0,3795	0	0,038	-0,6272
32	1	Deteriorada	No Segregada	3,5	-0,3807	-0,3795	-0,1465	0,038	-0,7737
33	1	Normal	Segregada	3,5	-0,3807	-0,1241	0	0,038	-0,3718
34	1	Normal	No Segregada	3,5	-0,3807	-0,1241	-0,1465	0,038	-0,5183
35	1	Excelente	Segregada	3,5	-0,3807	0	0	0,038	-0,2477
36	1	Excelente	No Segregada	3,5	-0,3807	0	-0,1465	0,038	-0,3942
37	1	Deteriorada	Segregada	4	-0,3807	-0,3795	0	0,038	-0,6082
38	1	Deteriorada	No Segregada	4	-0,3807	-0,3795	-0,1465	0,038	-0,7547
39	1	Normal	Segregada	4	-0,3807	-0,1241	0	0,038	-0,3528
40	1	Normal	No Segregada	4	-0,3807	-0,1241	-0,1465	0,038	-0,4993
41	1	Excelente	Segregada	4	-0,3807	0	0	0,038	-0,2287
42	1	Excelente	No Segregada	4	-0,3807	0	-0,1465	0,038	-0,3752

Los valores de utilidad obtenidos para los 42 arcos son consistentes y coherentes, ya que a mejores condiciones de las veredas peatonales, mayor es la utilidad percibida por el peatón.

El máximo valor de utilidad corresponde al arco N°41 que presenta las mejores condiciones para la caminata, contando con franja de segregación, vereda en excelente estado y de un ancho de 4,0 m. Mientras que el menor valor de utilidad corresponde al arco N°2 que presenta las peores condiciones para la caminata, con una vereda deteriorada de sólo 1,2 m de ancho, y que no cuenta con franja de segregación.

Tomando estos valores extremos, se estableció como límites entre las siete categorías de arcos los valores indicados en Tabla 13, que resultan de dividir la diferencia entre el valor máximo y mínimo de utilidad en siete tramos iguales.

Tabla 13

Rango de Utilidad para Categorizar Arcos

Utilidad	Tipo Arco
$-0,229 < U$	1
$-0,319 < U < -0,229$	2
$-0,490 < U < -0,319$	3
$-0,500 < U < -0,409$	4
$-0,590 < U < -0,500$	5
$-0,680 < U < -0,590$	6
$U < -0,680$	7

Con los valores anteriores, se determina la pertenencia de cada uno de los 42 arcos a uno de los siete Tipo de Arco, según se reporta en la Tabla 14.

Tabla 14

Categorización de Arcos según valor de la Utilidad

Arco Nº	Distancia [Cuadra]	Estado de la Vereda	Franja Peatonal	Ancho de Vereda [Mts]	Utilidad	Tipo de Arco
41	1	Excelente	Segregada	4	-0,2287	1
35	1	Excelente	Segregada	3,5	-0,2477	1
29	1	Excelente	Segregada	3	-0,2667	1
23	1	Excelente	Segregada	2,5	-0,2857	1
17	1	Excelente	Segregada	2	-0,3047	1
11	1	Excelente	Segregada	1,5	-0,3237	2
5	1	Excelente	Segregada	1,2	-0,3351	2
39	1	Normal	Segregada	4	-0,3528	2
33	1	Normal	Segregada	3,5	-0,3718	2
42	1	Excelente	No Segregada	4	-0,3752	2
27	1	Normal	Segregada	3	-0,3908	2
36	1	Excelente	No Segregada	3,5	-0,3942	2
21	1	Normal	Segregada	2,5	-0,4098	3
30	1	Excelente	No Segregada	3	-0,4132	3
15	1	Normal	Segregada	2	-0,4288	3
24	1	Excelente	No Segregada	2,5	-0,4322	3
9	1	Normal	Segregada	1,5	-0,4478	3
18	1	Excelente	No Segregada	2	-0,4512	3
3	1	Normal	Segregada	1,2	-0,4592	3
12	1	Excelente	No Segregada	1,5	-0,4702	3
6	1	Excelente	No Segregada	1,2	-0,4816	3
40	1	Normal	No Segregada	4	-0,4993	3
34	1	Normal	No Segregada	3,5	-0,5183	4
28	1	Normal	No Segregada	3	-0,5373	4
22	1	Normal	No Segregada	2,5	-0,5563	4
16	1	Normal	No Segregada	2	-0,5753	4
10	1	Normal	No Segregada	1,5	-0,5943	5
4	1	Normal	No Segregada	1,2	-0,6057	5
37	1	Deteriorada	Segregada	4	-0,6082	5
31	1	Deteriorada	Segregada	3,5	-0,6272	5
25	1	Deteriorada	Segregada	3	-0,6462	5
19	1	Deteriorada	Segregada	2,5	-0,6652	5
13	1	Deteriorada	Segregada	2	-0,6842	6
7	1	Deteriorada	Segregada	1,5	-0,7032	6
1	1	Deteriorada	Segregada	1,2	-0,7146	6
38	1	Deteriorada	No Segregada	4	-0,7547	6
32	1	Deteriorada	No Segregada	3,5	-0,7737	7
26	1	Deteriorada	No Segregada	3	-0,7927	7
20	1	Deteriorada	No Segregada	2,5	-0,8117	7
14	1	Deteriorada	No Segregada	2	-0,8307	7
8	1	Deteriorada	No Segregada	1,5	-0,8497	7
2	1	Deteriorada	No Segregada	1,2	-0,8611	7

Con los valores de utilidad de cada arco peatonal y conocida su categoría, según lo indicado en la Tabla 14, es posible estimar la utilidad representativa del Tipo de Arco y con ella estimar los Factor de Distancia Virtual para cada uno de los Tipos de Arco, valores que se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15

Factor de Distancia Virtual por Tipo o Categoría de Arco

Tipo de Arco	Utilidad Representativa	Factor Distancia Virtual [Cuadras]	Escala Semántica
1	-0,267	0,488	Excelente
2	-0,363	0,665	Muy Bueno
3	-0,449	0,822	Bueno
4	-0,547	1,000	Normal
5	-0,624	1,142	Regular
6	-0,714	1,306	Malo
7	-0,820	1,500	Muy Malo

Los Factores de Distancia Virtual constituyen un resultado fundamental de la categorización de vías peatonales, pues como veremos en el capítulo 4, ellos nos permitirán construir redes peatonales incorporando las percepciones subjetivas de los peatones, respecto de las condiciones de las veredas por donde realizan sus caminatas.

4 USO DEL MODELO DE CATEGORIZACIÓN DE VÍAS EN ANÁLISIS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

En este capítulo se discute la incorporación de las categorías de arcos peatonales establecidas en el capítulo 3 en la modelación estratégica del sistema de transporte, así como en el análisis de proyectos tácticos de inversión en infraestructura de transporte urbano. Con este propósito, teniendo presente la definición de Proyecto Estratégico y Proyecto Táctico vistas en el punto 2.2, se propone una metodología que, incorporando

las categorías de arcos, permita medir los beneficios producidos a los peatones por proyectos que afecten el Sistema de Transporte Urbano.

En virtud de los efectos esperados en el sistema de transporte debidos a la ejecución de proyectos de nivel estratégico y táctico que afecten rutas peatonales, se puede sostener que contar con una red sobre la cual se asignen los viajes peatonales, resulta la manera natural y más conveniente para cuantificar los beneficios derivados de la ejecución de estos tipo de proyectos. En virtud de lo anterior, se propone una metodología que contempla la construcción de una red peatonal considerando las categorías de arcos, de manera de garantizar en la modelación la inclusión de las percepciones subjetivas de los peatones de las condiciones de las veredas por donde realizan sus viajes.

4.1 CONSTRUCCIÓN DE UNA RED PEATONAL GENÉRICA EN BASE A CATEGORÍAS DE VÍAS PEATONALES

Como se indicó anteriormente, en base a las categorías de arcos peatonales definidas en el punto 3.3 se construye una red peatonal que, considerando las distintas calidades y características de las veredas, permita representar adecuadamente la red peatonal existente, para lo cual, cada una de las veredas será caracterizada a través de su longitud y de los atributos considerados en el modelo de categorización de arcos, esto es, ancho de la vereda, estado de la vereda y existencia de franja de segregación entre flujo vehicular y vereda peatonal.

Considerando que el propósito de la metodología de categorización de vías desarrollada en la presente Memoria de Título busca incorporar a los peatones en las metodologías tradicionales de evaluación de proyectos de transporte, se propone un esquema de trabajo basado en un procedimiento sencillo que no represente aumentos significativos de la información de base requerida para incorporar los beneficios a los peatones en la evaluación de proyectos. Para este efecto, se contempla que al momento de realizar el catastro operativo requerido para construir las redes vehiculares tradicionales, se incorpore en el trabajo de campo un formulario que permita catastrar y registrar las características de las veredas peatonales contempladas en el modelo de caracterización de vías.

Los antecedentes recogidos en terreno, correspondientes a las características de las veredas peatonales, alimentarán una base de datos en base a la cual se podrá asignar a cada una de las veredas catastradas la categoría de arco correspondiente. Una vez conocida la categoría de cada vereda peatonal, se podrá construir una red peatonal en base a arcos virtuales o equivalentes y nodos.

Para construir la red peatonal, se propone un procedimiento en dos etapas. La primera etapa contempla desde el levantamiento de información de terreno hasta el cálculo de arcos virtuales o equivalentes. Mientras que la segunda etapa consiste en la construcción de la red peatonal propiamente tal, según se indica a continuación.

Primera etapa de la construcción de la red peatonal: clasificación de arcos peatonales según categoría y cálculo de arcos virtuales o equivalentes.

1. Se debe levantar información de base, a través de catastros de arcos peatonales (veredas) en los cuales se especifique la longitud del tramo de vereda y las características de éste, según el modelo de categorización de vías peatonales (existencia de franja de segregación, ancho y estado de la vereda)
2. Se construye una base de datos que contenga para cada arco peatonal, toda la información de base contenida en los catastros de veredas peatonales.
3. Con esta información y en base al modelo de categorización de arcos desarrollado en esta Memoria de Título, se asigna a cada arco peatonal una categoría.
4. Una vez establecidas las categorías de cada arco, usando los factores de distancia virtual o equivalente indicados en la Tabla 15, se estima la longitud equivalente de todos los arcos que se incluirán en la red peatonal. A estos arcos los llamaremos arcos virtuales o equivalentes, y se calculan según la siguiente ecuación.

$$LV_i = LR_{ij} * FDV_j \quad (4.1)$$

En que,

LV_i = Longitud o distancia virtual del arco i, medida en metros
 LR_{ij} = Longitud Real del arco i categoría j, medida en metros
 FDV_j = Factor de distancia virtual o equivalente del arco categoría j

El concepto de longitud virtual aplicado a los arcos peatonales, permitirá contar con una red de arcos homogéneos, cuya longitud virtual incorpora la percepción subjetiva de los peatones de aquellos atributos de las veredas incorporados al modelo de categorización de arcos.

Segunda etapa de la construcción de la red peatonal: Criterios y recomendaciones para la construcción de una red peatonal, utilizando las categorías de arcos tipo.

1. Con el conjunto de arcos equivalentes, se construye la red peatonal.
2. Se considera un arco único cuando las características (existencia de franja de segregación, ancho y estado de la vereda) de la vereda peatonal entre dos cruces sean homogéneas o aproximadamente constantes.
3. Se consideran dos o más arcos sucesivos cuando es necesario representar cambios relevantes en las características o atributos de la acera.
4. Además de los arcos, la red peatonal está formada por un conjunto de nodos, que se usan para unir dos o más arcos. Además se incorporan nodos intermedios donde se conecten los centroides representativos de las zonas.

La red peatonal en la modelación de proyectos estratégicos

Para la inclusión de una red peatonal en la modelación estratégica del sistema de transporte, se utiliza la misma red construida con los criterios señalados anteriormente, pero con algunas particularidades que se indican a continuación.

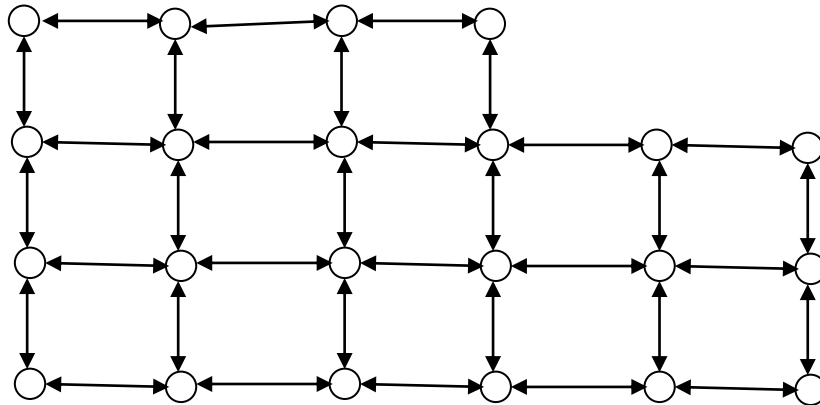
Se considera una zonificación a nivel estratégico, utilizando la matriz de viajes peatonales resultante del modelo de partición modal.

Se utilizan los mismos arcos que constituyen la red estratégica que se utiliza para el transporte motorizado, sin distinguir entre las distintas veredas que generalmente presentan las vías urbanas. Para efectos de la categorización de arcos, se le asigna la categoría correspondiente a aquella vereda que presente las mejores condiciones para la caminata. Esto porque se asume que a nivel estratégico, los peatones pueden elegir utilizar la vereda que se encuentra en mejor estado para transitar a través de un arco.

A nivel estratégico, las intersecciones estarán representadas sólo por nodos. En la Figura N° 2 se muestra un esquema de una red estratégica de modelación peatonal, en que los arcos corresponden a las vías peatonales y los nodos (círculos) a las intersecciones.

Figura N° 2

Esquema de Red Peatonal Estratégica



La red peatonal en la modelación de proyectos tácticos

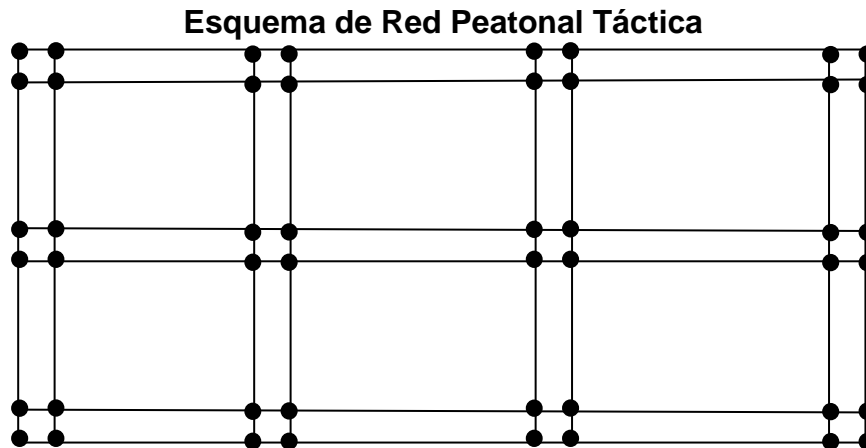
En el caso de proyectos tácticos, las intersecciones se deben modelar desagregándolas en arcos y nodos. Para el caso de los arcos constitutivos de la intersección, se seguirá el mismo procedimiento descrito en la primera etapa de construcción de la red peatonal; es decir, se asocia una categoría a cada uno de los arcos en que se desagrega la intersección y posteriormente se aplica el factor de distancia virtual. Adicionalmente, se debe incorporar en la modelación de las intersecciones el tiempo relativo a la espera asociado a la brecha o verde que permite realizar la caminata para cruzar la intersección.

Para modelar un tramo de calle, se utiliza un número de arcos que permita distinguir entre las distintas veredas que generalmente presentan las vías urbanas, asignando una categoría a cada uno de ellos, según el procedimiento indicado en la primera etapa de la construcción de la red peatonal.

Para la modelación de proyectos a nivel táctico, el analista debe decidir, dependiendo del tipo de proyecto a estudiar, entre la construcción de una matriz origen destino de peatones o la utilización de niveles de flujos en arcos. Esto dependerá si producto de la ejecución del proyecto en estudio se espera que existan reasignaciones de flujo o sólo implique un mejoramiento en las condiciones del arco peatonal.

En la Figura N° 3 se muestra un esquema de red táctica, en que las intersecciones están desagregadas en arcos y nodos. Además, cada calle es representada por dos arcos, uno por cada vereda (en caso que corresponda).

Figura N° 3



En caso de existir cruces formales a mitad de cuadra, se deberá incorporar los nodos y arcos respectivos.

4.2 CUANTIFICACION DE BENEFICIOS Y EVALUACION DE PROYECTOS PEATONALES

Según lo señalado en la revisión bibliográfica, la metodología de evaluación vigente en Chile sólo considera aquellos beneficios que provienen del ahorro de recursos. En virtud de lo cual, aquellos proyectos de inversión que implican sólo mejoras en la calidad de la superficie de veredas peatonales, no presentarían beneficios cuantificables, salvo que su ejecución conlleve aumentos en las velocidades de caminata, reduciendo de esta manera los tiempos involucrados en los desplazamientos. Sin embargo, aquellos beneficios derivados de caminatas más confortables y agradables para el peatón no son incorporados como beneficios del proyecto.

Para resolver esta falencia, se propone utilizar redes peatonales construidas según los criterios indicados en el punto anterior, de tal manera que en los propios arcos que conforman la red queden incorporadas las valoraciones subjetivas de aquellos atributos considerados en el modelo de categorización de vías, a través de la utilización de los factores de distancia virtual.

De esta forma, para efectos de la evaluación de proyectos de transporte, sean estos de nivel estratégico o táctico, se propone cuantificar los beneficios producidos por proyectos que intervienen la infraestructura peatonal, a través de la asignación de viajes peatonales a redes de modelación de la situación base como la situación con proyecto, según el procedimiento que se indica a continuación:

1. Se debe construir la matriz de viajes peatonales, o alternativamente definir los niveles de flujo peatonal por arcos, según los cortes temporales contemplados en el horizonte de evaluación.
2. Teniendo en cuenta los criterios señalados en el punto anterior, se debe construir la red peatonal de modelación de la situación base, utilizando la distancia virtual como atributo de los arcos.
3. Se debe asignar los viajes peatonales a la red de modelación de la situación base, determinando la distancia virtual total caminada en la situación base.
4. Teniendo en cuenta los criterios señalados en el punto anterior, se debe construir la red peatonal de modelación de la situación con proyecto.
5. Se debe asignar los viajes peatonales a la red de modelación de la situación con proyecto, determinando la distancia virtual total caminada en la situación con proyecto.
6. Se debe calcular el diferencial de distancia virtual total caminada entre la situación base y la situación con proyecto.
7. El diferencial de distancia virtual total caminada entre situación base y situación con proyecto, se transformará a su equivalente en tiempo. Para esto se asumirá una velocidad de caminata de 1,4 m/seg, que es consistente con la velocidad utilizada en los estudios de ciudades intermedias reportado en la Tabla 7 y con el valor promedio de las velocidades de caminata para distintas categorías de peatones, según los datos reportadas en la Tabla 16.

Tabla 16

Velocidades Medias Normales de Peatones de Distintos Grupos en Terreno Llano y para Densidades Bajas

Edad y Sexo	Velocidad (Km/h)	Velocidad (m/s)
Hombres de menos de 55 años	6,0	1,7
Hombres de más 55 años	5,5	1,5
Mujeres de menos de 50 años	5,0	1,4
Mujeres de más de 50 años	4,7	1,3
Mujeres con niños	2,5	0,7
Niños de 6 a 10 años	4,0	1,1
Adolescentes	6,5	1,8
Velocidad Promedio	4,9	1,4

Fuente: Research on Road Traffic (R.R.L.), Londres, 1965. Citado en REDEVU, 2009.

8. La valoración económica de los beneficios del proyecto se obtendrá multiplicando el diferencial de tiempo por el valor del tiempo, o alternativamente a través de la metodología desarrollada por Gálvez y Jara (1995).

Cabe señalar que, de adoptarse este método, para mantener la coherencia sería necesario, al menos, incorporar en el análisis y evaluación del transporte público, una valoración diferenciada para el tiempo de viaje, el tiempo de espera, el tiempo de trasbordo, entre otros.

4.3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS DE PROYECTOS PEATONALES

En esta sección se muestra la metodología de cuantificación de beneficios peatonales aplicada a la evaluación de un proyecto peatonal de nivel táctico, consistente en el mejoramiento de una vereda de dos metros de ancho y cien metros de longitud, que presenta un pavimento en avanzado estado de deterioro y que no cuenta con franja de segregación entre la vereda y la calzada. Para efectos de la evaluación, consideraremos que por esta vereda transitan 1.000 peatones por día, todos los días del año.

Se evaluarán dos proyectos alternativos, uno que consiste en pavimentar la vereda con hormigón y otro que consiste en colocar pavimento de baldosas. En el primer caso, después de ejecutado el proyecto, se tendrá una vereda en estado normal y mientras que en el segundo caso una vereda en excelente estado. Para realizar la evaluación económica de estas alternativas de proyecto, es necesario cuantificar los beneficios que reporta el mejoramiento del pavimento de la vereda a los peatones que utilizan esta vía peatonal.

Los beneficios del proyecto se estimarán utilizando los Factores de Distancia Virtual, para lo cual es necesario previamente identificar el Tipo o Categoría de Arco al que pertenece la vereda que se desea reparar y cuál sería el Tipo de Arco en que quedaría esta vereda una vez intervenida.

La situación base, corresponde a una vereda de dos metros de ancho y cien metros de longitud (equivalentes a una cuadra), que presenta un pavimento en avanzado estado de deterioro y que no cuenta con franja de segregación entre la vereda y la calzada. Con estas características, según la Tabla 14, esta vereda corresponde a un Arco Tipo 7

Si producto de la ejecución del proyecto, esta vereda es reparada llevando su pavimento a una condición normal o excelente, entonces según la Tabla 14, corresponderá a un Arco Tipo 4 o Arco Tipo 3 respectivamente.

Conociendo los Tipos de Arco correspondiente a las condiciones de la vereda, es posible encontrar en la Tabla 15 el Factor de Distancia Virtual que se debe considerar en cada caso. En este ejemplo corresponden a los indicados en la Tabla 17. Multiplicando estos factores por la longitud de la vereda, se obtiene la distancia virtual del arco, la que dividida por la velocidad de caminata nos entrega el tiempo de viaje necesario para que un peatón recorra la distancia virtual del arco. Multiplicando este tiempo por el flujo diario de peatones y por el total de días al año, se obtiene el tiempo total anual utilizado en recorrer la vereda. Realizando el ejercicio anterior para la situación base y para cada una de las alternativas de proyecto, se obtienen los tiempos totales anuales para cada caso. Finalmente se debe calcular la diferencia de tiempo total anual utilizado en recorrer la vereda en el caso base y en cada una de las alternativas de proyecto, obteniéndose el total de ahorro de tiempo debido al mejoramiento de la vereda. Multiplicando el ahorro de tiempo por el valor social del tiempo (valor entregado por el Ministerio de Desarrollo Social), se estiman los beneficios sociales anuales producidos por el mejoramiento de la vereda.

Es importante recordar que el ahorro de tiempo proviene de recorrer una distancia virtual menor, la que da cuenta del beneficio percibido por los peatones según las valoraciones subjetivas de caminar en una vereda con pavimentos de mejor calidad.

Tabla 17

Estimación de Beneficios producto de la Reparación del Pavimento de la Vereda

	Situación Base	Proyecto	
		Normal	Excelente
Estado de la Vereda	Deteriorada	Normal	Excelente
Longitud (m)	100	100	100
Ancho	2	2	2
Segregación	No	No	No
Tipo Arco	7	4	3
Factor Distancia Virtual	1,500	1,000	0,822
Distancia Virtual	150	100	82,2
Velocidad de Caminata (m/s)	1,4	1,4	1,4
Tiempo Caminata (s)	107,1	71,4	58,7
Flujo en Arco (Peatones/Día)	1.000	1.000	1.000
Tiempo total diario (h/día)	29,76	19,84	16,31
Tiempo total anual (h/año)	10863	7242	5953
Ahorro de Tiempo al año (h/año)	-----	3621,03	4910,12
Valor Social del Tiempo de Viaje Urbano (\$/h/Peatón)		1.056	1.056
Beneficios (\$/Año)		3.823.810	5.185.086

Como ya fue señalado, se evaluaron dos alternativas de proyecto, una que consiste en pavimentar la vereda con hormigón, cuyos costos unitarios se muestran en la Tabla 18 y la otra consiste en colocar pavimento de baldosas, cuyos costos unitarios se muestran

en la Tabla 19. En base a estos costos unitarios y al volumen del pavimento se estima el costo total de inversión para reparar la vereda, que en el caso de pavimento de hormigón es \$6.667.196 y en el caso de pavimento de baldosa asciende a \$9.647.143.

Tabla 18
Costo Unitario Pavimento de Hormigón

Ítem	Designación	Unid.	Cant.	P.U. (UF)	Total (UF)
1	DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.1	Demolición elementos de pav. Y transporte a botadero	m ³	0,5	1,786	0,893
1.2	Excavación y transporte a botadero	m ³	0,15	0,281	0,042
1.3	Preparación de terreno, escarificado y compactación	m ²	1	0,056	0,056
2	OBRAS DE PAVIMENTACIÓN (Vereda Hormigón)				
2.1	Veredas de hormigón cem. e= 0,07 m	m ²	1	0,426	0,426
2.2	Arena sin contenido de arcilla, e = 0,01	m ³	0,01	1,081	0,011
2.3	Base Estabilizada CBR ≥ 60%, e = 0,05	m ³	0,05	0,926	0,046
	Total Pavimento de Hormigón (UF)	m ²	1		1,474
	Valor UF al 16/7/2012 (\$/UF)				22612
	Total Pavimento de Hormigón (\$)	m ²	1		33.336

Tabla 19
Costo Unitario Pavimento de Baldosas

Ítem	Designación	Unid.	Cant.	P.U. (UF)	Total (UF)
1	DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.1	Demolición elementos de pav. y transporte a botadero	m ³	0,5	1,786	0,893
1.2	Excavación y transporte a botadero	m ³	0,15	0,281	0,042
1.3	Preparación de terreno, escarificado y compactación	m ²	1	0,056	0,056
3	OBRAS DE PAVIMENTACIÓN (Vereda Baldosas)				
3.1	Veredas de baldosas 0,40 x 0,40	m ²	1	0,869	0,869
3.2	Mortero de pega 330 kg cem/m ³ , e=0,04 m	m ³	0,04	4,511	0,180
3.3	Base Estabilizada CBR ≥ 60%, e= 0,10	m ³	0,1	0,926	0,093
	Total Pavimento de Baldosas (UF)	m ²	1		2,133
	Valor UF al 16/7/2012 (\$/UF)				22612
	Total Pavimento de Baldosas (\$)	m ²	1		48.236

Con los datos y antecedentes anteriores, se construyen los flujos para la evaluación de los proyectos, los que se presentan en las tablas siguientes.

Tabla 20**Evaluación Alternativa 1: Pavimento de Hormigón**

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 9	Año 10
Inversión Pavimento de Hormigón (\$)	6.667.196					
Beneficio (\$)		3.823.810	3.823.810		3.823.810	3.823.810
Flujo Neto Anual (\$)	-6.667.196	3.823.810	3.823.810		3.823.810	3.823.810

Vida Útil	4 años	5 años	10 años
Tasa de Descuento	6,0%	6,0%	6,0%
VAN (\$)	6.582.707	9.440.080	21.476.375
TIR	44%	50%	57%

En la Tabla 20 se presenta la evaluación económica de reemplazar el pavimento en mal estado por uno de hormigón, otorgándole a la vereda una condición de estado normal del pavimento. En éste caso se observa que los beneficios producidos por el mejoramiento de la vereda, superan con creces a los montos de inversión, presentando una alta rentabilidad aún en el caso conservador, en que se castiga la vida útil de la vereda a sólo cuatro años.

Tabla 21**Evaluación Alternativa 2: Pavimento de Baldosas**

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 9	Año 10
Inversión Baldosas (\$)	9.647.143					
Beneficio (\$)		5.185.086	5.185.086		5.185.086	5.185.086
Flujo Neto Anual(\$)	9.647.143	5.185.086	5.185.086		5.185.086	5.185.086

Vida Útil	4 años	5 años	10 años
Tasa de Descuento	6,0%	6,0%	6,0%
VAN (\$)	8.319.727	12.194.325	28.515.540
TIR	40%	46%	53%

En la Tabla 21 se presenta la evaluación económica de reemplazar el pavimento en mal estado por uno de baldosas, otorgándole a la vereda una condición de estado excelente del pavimento. Al igual que en el caso anterior, se observa que los beneficios producidos por el mejoramiento de la vereda hacen que el proyecto tenga una alta rentabilidad, incluso para una vida útil de la vereda de cuatro años.

Como podemos ver, con este ejemplo bastante sencillo, en que ambas alternativas de proyecto resultan rentables, se presenta una aplicación práctica del uso que las

categorías de vías peatonales pueden tener en el análisis de sistemas de transporte y evaluación de proyectos peatonales.

5 CONCLUSIONES

En base a valoraciones subjetivas de un conjunto de atributos de las veredas, se ha propuesto una metodología que resulta efectiva para establecer categorías de vías peatonales, las que pueden ser utilizadas para construir redes de modelación en las cuales asignar los viajes a pie, permitiendo la incorporación explícita del modo caminata en el análisis de sistemas de transporte, tanto a nivel estratégico como táctico.

A través de una metodología sencilla, que se enmarca dentro del alcance habitual del levantamiento de información de base para proyectos de infraestructura de transporte, se ha propuesto un procedimiento que constituye una herramienta concreta para cuantificar los beneficios producidos a los peatones debido a la ejecución de proyectos de infraestructura urbana, de manera que estos beneficios puedan ser incorporados en la evaluación económica del proyecto.

La metodología propuesta permite que aquellos proyectos de inversión que implican sólo mejoras en la calidad de las vías peatonales, ya sea aumentando el ancho de vereda, mejorando los pavimentos o incorporando franjas de segregación entre acera y calzada, y que habitualmente no presentan beneficios cuantificables desde la perspectiva de ahorro de recursos, puedan ser evaluados a través del uso de las categorías de arcos y de la construcción de redes peatonales según los criterios indicados en el Capítulo 4, de tal manera que en los propios arcos que conforman la red, a través de la utilización de los factores de distancia virtual, queden incorporadas las valoraciones subjetivas de estas mejoras que corresponden a atributos considerados en el modelo de categorización de vías.

Un aspecto relevante en la categorización de arcos peatonales, tiene relación con la selección de atributos. Lo primero es determinar el número de atributos a considerar en el modelo de elección, el que debe ser tal que facilite el diagnóstico y caracterización de arcos en un trabajo de campo sencillo y convencional. Luego, el desafío es escoger los atributos de forma que sean significativos en la elección de ruta, comparables entre la situación base y la situación con proyecto y factibles de modificar por el planificador. Durante el desarrollo de esta Memoria, inicialmente se tuvo la ambición de incorporar un gran número de atributos de la infraestructura peatonal, de manera de poder abarcar una gran variedad de situaciones. Sin embargo, se llegó a la convicción de que sólo deben incorporarse atributos relevantes, de manera que con un número reducido de ellos, pero que expliquen adecuadamente la elección peatonal, se facilite el trabajo de campo.

Si bien los valores encontrados para los factores de distancia virtual pueden ser objeto de discusión, esto no invalida el método de categorización de vías propuesto en esta Memoria, ni su utilización en la modelación estratégica del sistema de transporte, así como en el análisis de proyectos tácticos de inversión en infraestructura de transporte urbano. Por lo anterior, es completamente válido adoptar este método para evaluar proyectos de infraestructura peatonal; sin embargo, se deberán realizar nuevos experimentos que permitan confirmar o ajustar los valores aquí obtenidos.

Finalmente, y a la luz del trabajo desarrollado en esta Memoria, surgen muchas ideas y preguntas de investigación para ser abordadas en trabajos futuros. Aquí se enumeran las que podrían aportar elementos relevantes para mejorar la categorización de vías peatonales y su incorporación en metodologías de evaluación de proyectos de infraestructura vial urbana.

Una primera pregunta tiene relación con establecer si los atributos de las vías peatonales incorporados en el modelo de elección de ruta son efectivamente los que mejor explican las elecciones peatonales. Para lo cual es necesario confirmar su relevancia en la elección, eventualmente incorporar otros que los complementen o que resulten más significativos para los peatones.

Otra desafío que queda planteado es validar los valores encontrados para las valoraciones subjetivas, para lo cual se podrían realizar nuevos diseños de preferencias declaradas y/o calibrar modelos mixtos con datos de preferencias reveladas.

REFERENCIAS

Barriga D'all Orto S.A. (2000) Estudio Integral de Transporte del Area Metropolitana de Caracas, Estudio de Infraestructura Vial y Circulación. FONTUR, Venezuela.

Ben-Akiva, M., y S. Lerman (1985) **Discrete Choice Analysis, Theory and Aplications to travel Demand**. MIT Press, Cambrige.

CIS-CITRA (1993) Construcción de Planes Estrategicos de Desarrollo del Sistema de Transporte del Gran Valparaiso. Informe Final para SECTRA (Tomo 3, Cap. 9).

CITRA (1999) Análisis y Proposición de Politicas de Inversión para Favorecer a los Peatones. Informe Final para SECTRA, Santiago.

Dernellis A. y R. Ashworth (1994) Pedestrian subway in urban areas: some observations concerning their use. **Traffic Engineering and Control 38**, 14-18.

Fernández, R., R. Planzer y C. Palma (2001) Modelos para Estudiar la Accesibilidad y Acceso al Sistema Transporte Público. Actas del Décimo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, Universidad de Concepción, Concepción.

Fernández y De Cea Ingenieros Ltda. (1995) Metodología Simplificada de Análisis del Sistema de Transporte en Ciudades de Tamaño Intermedio. Informe para SECTRA.

Fernández y De Cea Ingenieros Ltda. (2008) Metodología de Análisis de Sistemas de Transporte de Ciudades de Gran Tamaño y Tamaño Medio (MESPE). Informe para SECTRA.

Gálvez, T. y Jara-Díaz, S. (1995) Valoración social de la disminución del tiempo de viaje. **Actas del Séptimo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, Sochitran – Transvial Chile S.A., Santiago, Chile.

Goffman, E. (1971) **Relations in Public**. Basic Books Inc. Publishers, New York.

Handy, S.L. (1996) Urban form and pedestrian choices: study of Austin neighborhoods. **Transportation Research Record 1552**, 135-143.

Hass-Klau, C., J. Douglas e Y. Nold (1993) Pedestrian routes in central Edinburgh. **Traffic Engineering and Control 34**, 252-256.

Loutzenheiser, D. R. (1997) Pedestrian access to transit: model of walk trips and their design and urban form determinants around Bay Area Rapid Transit stations. **Transportation Research Record 1604**, 40-49.

Moudon, A., P. Hess, M. Snyder y K. Stanilov (1997) Effects of site design on pedestrian travel in mixed-use, medium-density environments. **Transportation Research Record 1578**, 48-55.

Mori, M. y H. Tsukaguchi (1986) A new method for evaluation of level of service in pedestrian facilities. **Transportation Research 21A**, 223-234.

Ortúzar, J. de D. (1994) **Modelos de Demanda de Transporte**. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

Polus, A., J.L. Schofer y A. Ushpiz (1983) Pedestrian Flow and level of service. **Journal of Transportation Engineering 109**, pp 46-56.

Russell, J. y J. Hine (1996) The impact of traffic on pedestrian behaviour: measuring the traffic barrier. **Traffic Engineering and Control 37**, 16-18.

SECTRA (1984) Manual de Vialidad Urbana, Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU).

SECTRA (1987) Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Valparaíso. Realizada por Cade-Idepe Consultores en Ingeniería, por encargo de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte.

SECTRA (1988) Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU).

SECTRA (1990) Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Concepción. Realizada por el DICTUC de la Universidad Católica de Chile, por encargo de Sectra.

SECTRA (1992) Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Santiago, Realizada por el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile y CADE Consultores en Ingeniería, por encargo de Sectra.

SECTRA (1998) Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Valparaíso.

SECTRA (1999) Encuesta de Origen y Destino de Viajes del Gran Concepción.

SECTRA (2001) Planes de Desarrollo de los Sistemas de Transporte Urbano de Ciudades Intermedias de Chile.

SECTRA (2006) Encuesta Origen Destino de Viajes 2004 – 2006 de Santiago, Realizada por el DICTUC de la Universidad Católica de Chile, por encargo de Sectra.

SECTRA (2009) Manual de Vialidad Urbana, Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU).

Sarkar, S. (1995a) Evaluation of different types of pedestrian-vehicle separations. **Transportation Research record 1502**, 83-95.

Sarkar, S. (1995b) Evaluation of safety for pedestrian at macro and microlevels. **Transportation Research Record 1502**, 105-118.

Sarkar, S., J. Nederveen y A. Pols (1997) Renewed commitment to traffic calming for pedestrian safety. **Transportation Research Record 1578**, 11-19.

Seneviratne, P.N. y J.F. Morrall (1985a) Analysis of factors affecting the choice of route of pedestrians. **Transportation Planning and Technology 10**, 147-159,

Seneviratne, P.N. y J.F. Morrall (1985b) Level of service on pedestrian facilities. **Transportation Quarterly 39**, 109-123

Shriver, K. (1997) Influence of environmental design on pedestrian travel behavior in four Austin neighborhoods. **Transportation Research Record 1578**, 64-75.

Transportation Research Board (1994). **Highway Capacity Manual** (Tercera Edición). Washington DC.

Transportation Research Board (2000). **Highway Capacity Manual** (Quinta Edición). Washington DC.

Weatherall R. (1997) What we need to know about walking. **Traffic Engineering and Control 38**, 385-387.

Zein, S., E. Geddes, S. Hemsing y M. Johnson (1997) Safety benefits of traffic calming. **Transportation Research record 1578**, 3-10.