

## ACCESOBARRIO - MEDICIÓN DE LA ACCESIBILIDAD URBANA USANDO PERFILES DEMOGRÁFICOS Y OPENSTREETMAP

Stefan Steiniger, Pont. Univ. Catolica de Chile & CEDEUS, ssteiniger@uc.cl  
Cristian Fuentes, Pont. Univ. Catolica de Chile, fuentescri@gmail.com  
Rodrigo Villegas, CEDEUS, rdgo.villegas@gmail.com  
Ricardo Ardiles, CEDEUS, ricardo.ardilesg@gmail.com  
Carolina Rojas, Universidad de Concepcion & CEDEUS, crojasq@udec.cl  
Ebrahim Poorazizi, University of Calgary, mepooraz@ucalgary.ca

### RESUMEN

Presentamos una herramienta web que permite la cuantificación de la accesibilidad focalizada en el ciudadano y en el urbanista como usuario. La plataforma AccesoBarrio toma la localización y el tiempo de viaje especificados por un usuario, y evalúa el área accesible en tiempo real. Se calcula un puntaje de accesibilidad a partir de un conjunto de destinos frecuentemente asociados a la “Calidad de Vida”, incluyendo instancias tales como tiendas de comestibles, zonas recreativas, y escuelas, entre otros. La plataforma permite analizar la accesibilidad para distintos perfiles demográficos. Usando perfiles demográficos creados por Frank y Ulmer (2003) mostramos que niños, adultos y mayores tienen diferentes niveles de accesibilidad en Gran Santiago, Chile. Por ejemplo los valores de grupo de adultos y niños muestran una diferencia de hasta 22 (de 100 puntos) para el mismo barrio. En general, el modelo muestra que los niños poseen la mejor accesibilidad para atender sus necesidades, mientras que los adolescentes poseen la peor accesibilidad.

*Palabras claves:* accesibilidad urbana, plataforma web, grupos demográficos

### ABSTRACT

We present a web-based tool that allows the measurement of accessibility focused on the citizen and urban planner as a user. If the user provides a location and travel time then the AccesoBarrio platform evaluates the accessible area in real time. This area is analyzed with destinations that are frequently associated to “Quality of life”, including for instance near by grocery stores, recreational areas, schools, among others, and an accessibility score is calculated. The platform allows to analyze accessibility for different demographic profiles. Using demographic profiles developed by Frank and Ulmer (2003) we show that children, adults and seniors have different levels of accessibility in the greater Santiago area, Chile. For instance, we observed a difference of up to 22 points (out of 100 points) in accessibility for the same neighborhood between children and adults. In general, the best accessibility was measures for children and the worst for teenagers.

*Keywords:* urban accessibility, web platform, demographic groups

## 1. MOTIVACIÓN

El mejorar la accesibilidad urbana, en particular la caminabilidad, es un tema emergente en la planificación e investigación urbana tal como se puede ver en las publicaciones relacionadas con el tema (ver Talen y Koschinsky; 2013), y en la conferencia internacional de caminabilidad Walk21. El interés en aumentar la accesibilidad de las ciudades está enfocado en dos particulares modos: caminar o andar en bicicleta. Ambos modos constituyen una medida importante para abordar el aumento de la obesidad infantil y adulta (Saelens *et al*, 2003). Sin embargo, el interés en investigar sobre la facilidad de caminar y la accesibilidad aumentó también debido a los nuevos programas de sustentabilidad urbana (por ejemplo Los Angeles' Sustainable City pLAn, Croft, 2015), programas de viviendas asequibles de EE.UU. que promueven los barrios caminables (Talen y Koschinsky, 2013), y otras directrices de planificación nacional que favorecen, en la evaluación de proyectos, el aumento de la accesibilidad en contraste con la simple reducción de los tiempos de viaje para grandes proyectos de infraestructura (Department of Transport, 2007).

Para cuantificar y analizar los cambios de accesibilidad en las ciudades de Chile se desarrolla una plataforma web llamada AccesoBarrio, la cual permite evaluar información de servicios cercanos a un lugar especificado por un usuario. El objetivo particular del trabajo que se presentará aquí es discutir la implementación y evaluación de la accesibilidad para diferentes grupos demográficos. En la próxima sección, resumiendo el estado de arte, se define caminabilidad y se discute sobre plataformas que permiten medir la accesibilidad. Después se presenta la metodología de trabajo en conjunto con el software utilizado, y como los datos son solicitados y procesados. Posterior a eso definimos cuales son los grupos demográficos considerados y cómo influyen para obtener el puntaje de accesibilidad. Finalmente, realizamos el experimento y discutimos sobre los resultados obtenidos.

## 2. CAMINABILIDAD Y PLATAFORMAS PARA SU EVALUACION

De acuerdo a Talen *et al* (2013), un “barrio caminable” se define como aquel barrio en donde se obtiene una experiencia positiva al caminar por calles seguras y de buena calidad. Siguiendo la misma línea, “caminabilidad” se considera como un factor clave en la promoción de la salud, las metas ambientales, las finanzas y la comunidad. De esta forma un entorno se considera “caminable” si los servicios de rutinas diarias y semanales, tales como llevar niños a la escuela, ir de compras, servicios bancarios (ej. Cajero automático), así como lugares de deporte y entretenimiento (ej. Cafetería, bar, cine) pueden fácilmente ser caminables entre 5 a 15 minutos de forma segura (Moudon *et al*, 2016). En este sentido, la “Caminabilidad” puede ser vista como una forma particular de “accesibilidad”. Y de este modo, la Caminabilidad tienen un fuerte enfoque local o de barrio mientras la accesibilidad en general representa el acceso a las diferentes actividades económicas y oportunidades en todas las escalas geográficas, desde el barrio de la ciudad a la región.

Existen diversos tipos de metodologías para cuantificar la accesibilidad en función de los diferentes objetivos que es posible encontrar en diferentes disciplinas tales como la planificación urbana, la geografía, la economía, la ingeniería de transporte, etc. Mientras Tillema *et al* (2011) distinguen solamente en términos generales entre dos clases de medidas, como las medidas de accesibilidad geográficas y medidas de evaluación económica, Curtis y Scheurer (2010) presenten 7 categorías de medidas, tales como medidas de separación espacial, medidas de nivel, medidas de utilidad, etc.

Una visión general de las diferentes medidas se da en las obras de Talen y Anselin (1998), Geurs y Van Wee (2004), Curtis y Scheurer (2010).

Un ejemplo de una medida basada en la accesibilidad de un entorno en particular es "WalkScore" (WalkScore, 2011): Dada una posición, el método de WalkScore genera un área caminable, en donde se asignan pesos a diferentes puntos de interés, ej. escuelas, tiendas, bancos, cafés, teatros, etc. Observamos que en la aplicación "*walkscore.com*" ("Street Smart"), el área caminable es obtenida a partir de un tiempo de caminata predeterminado, el cual corresponde a un valor fijo de 20 minutos, lo que resulta en un área circular con un radio de 1 milla (1609 [m]). El método WalkScore retorna una puntuación que puede variar entre 0: baja accesibilidad con alta dependencia al automóvil, y 100: alta accesibilidad, o Paraíso del Caminante. Sin embargo, Walkscore.com, que fue integrado y comprado por una página web inmobiliaria, no permite personalizar preferencias para distintos tipos de lugares de interés, ni permite considerar las preferencias de distintos grupos demográficos.

Es importante señalar que Walkscore.com no es la única plataforma que permite evaluar caminabilidad y accesibilidad para otros modos de transporte. En Tabla 1 se presenta un resumen de las distintas plataformas existentes, donde se evalúa la consideración de: (i) cálculo de puntajes (score), (ii) distintos modos de viaje, y (iii) grupos demográficos.

Tabla 1 – Herramientas disponibles para el cálculo de índices de accesibilidad para ciudades y barrios.

Nombre	Acceso (Enfoque)	Puntajes de uso de suelo	Modos de viaje	Grupos demográficos	Fuente de datos
WalkScore.com (Duncan <i>et al</i> , 2012)	Público – página web (EE.UU., Canadá)	Sí: walkscore, bikescore, transit score	Caminata, bicicleta, transporte público	No	Google, OpenStreetMap, etc.
Walkonomics.com	Público – página web (algunas ciudades en EE.UU., Canadá, UK)	Sí: puntajes de caminata, recomendaciones de usuarios	Caminata	No	Información no liberada por el propietario
Walkshed.org	Público – página web (New York, Philadelphia, EE.UU.)	Sí – con pesos ajustables	Caminata	Possible	Información no liberada por el propietario
Mapnificent.net	Público – página web (ciudades en Europa, EE.UU., CAN, AUS)	No	Transporte público	No	Google, GTFS Data Exchange
IsoScope <a href="http://flaviogortana.com/isoscope">flaviogortana.com/isoscope</a>	Público – página web	No	Caminata, automóvil	No	Here.com (Nokia)

MOSART (Crozet <i>et al</i> , 2012)	Sin acceso público, existe sólo para Lyon, Francia	Puntaje para acceso a lugares de trabajo	bicicleta, transporte público, automóvil	No	NAVTEQ
SNAMUTS (Curtis and Scheurer, 2010)	No tiene acceso público	Sí	Transporte público, automóvil	No	Información no liberada por el propietario
OpenTripPlanner.org Analyst Extension <sup>1</sup>	Requiere instalación	Sin puntajes	caminata, bicicleta, transporte público, automóvil	No	OpenStreetMap
Environmental Justice and Transportation Toolkit <sup>2</sup> (IJTT, Golub <i>et al</i> , 2013)	Público – existe solo para San Francisco en el área de la bahía	Sí – Cantidad de lugares de trabajo y comodidades dentro del tiempo de viaje	automóvil, transporte público	No	Gubernamental (ver Golub <i>et al.</i> )

Fuente: Elaboración propia.

<sup>1</sup> El 18 de agosto de 2017, la consultora Conveyal publicó un sucesor de OpenTripPlanner Analyst llamado "Conveyal Analysis", la cual tiene funcionalidades adicionales como la creación de escenarios. Sin embargo, dicha herramienta aún no ha sido evaluada por los autores.

<sup>2</sup> Nota: el Environmental Justice and Transportation Toolkit de Golub *et al.* (2013) es la única aplicación que no muestra un puntaje de accesibilidad o un área accesible a través de una interfaz.

Lo que podemos extraer de la Tabla 1 es que existen varias herramientas de evaluación de accesibilidad, siendo la mayoría accesibles vía página web. Sin embargo, no todos ellos crean puntajes basados en el uso de suelo para la evaluación de la accesibilidad. Además, solo una de estas herramientas, OpenTripPlanner Analyst, mide la accesibilidad para los cuatro principales modos de viaje: caminata, bicicleta, transporte público y automóvil. Sin embargo, OpenTripPlanner no calcula puntajes. De las herramientas estudiadas, sólo Walkshed.org permite personalizar el cálculo de puntaje de accesibilidad.

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA WEB ACCESOBARrio

Basado en la metodología básica de WalkScore.com (WalkScore, 2011), la plataforma "AcesoBarrio" está diseñada y desarrollada usando un modelo de arquitectura orientada a ser utilizada en un ambiente web el cual comunica varios servidores para obtener resultados. La plataforma está construida de forma tal que, tomando el lugar de análisis y el modo de viaje (Cliente), extrae el área accesible (i.e. la isócrona) y sus puntos de interés (Point-Of-Interest, POI). Con esta información se calcula un puntaje de accesibilidad basado en los tipos de POI, la cantidad y la distancia de éstos. Los valores de accesibilidad resultantes varían entre 0, para lugares cuya accesibilidad requiere de un automóvil, y 100, para lugares en donde se puede acceder a pie. En las sub-secciones siguientes se presentan detalles del sistema y su implementación.

#### 3.1 Framework Web Utilizado

La construcción de un software controlado por una página web debe estar implementado bajo un lenguaje de programación que sea capaz de procesar los requerimientos del proyecto. Para este caso se escogió Django (véase [www.djangoproject.com](http://www.djangoproject.com)), un framework web escrito en Python que genera el esqueleto del proyecto y que permite usar todas las ventajas que este lenguaje posee, tanto como sus funciones de comunicación entre servidor y cliente, así como los cálculos que permiten evaluar la accesibilidad. Django está estructurado en un modelo MVC (Model-View-Control), es decir, su patrón de arquitectura de software permite separar los datos de las vistas, de las funciones de gestión y comunicación.

Para recolectar y mostrar los datos en forma de mapas interactivos, se utiliza Leaflet (véase <http://leafletjs.com/>) un software de código abierto escrito en JavaScript. En la Figura 1 se muestra la interfaz de usuario de la plataforma AccesoBarrio en un navegador. Leaflet permite seleccionar una posición geográfica que se desea evaluar. Posterior a eso, cuando ya se encuentran los resultados, Leaflet permite recibir datos geográficos en formato GeoJson y representarlos en su posición geográfica correspondiente. Éstos resultados pueden ser polígonos (para las zonas accesibles) y puntos (para los POI encontrados).

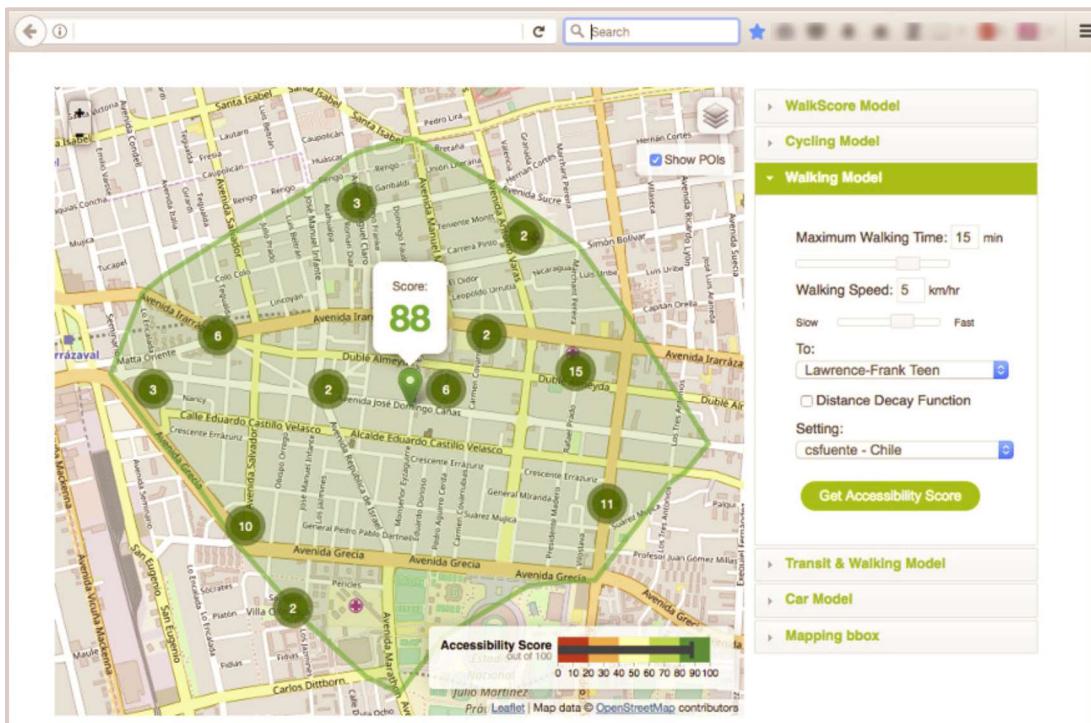


Figura 1: Interfaz de usuario de AccesoBarrio para evaluar accesibilidad para un punto seleccionado.

### 3.2 Cálculo de Puntaje de Acceso Urbano

La forma con la cual se recopila la información y se calcula el puntaje de accesibilidad de un lugar dado se puede separar en las siguientes etapas (Figura 2):

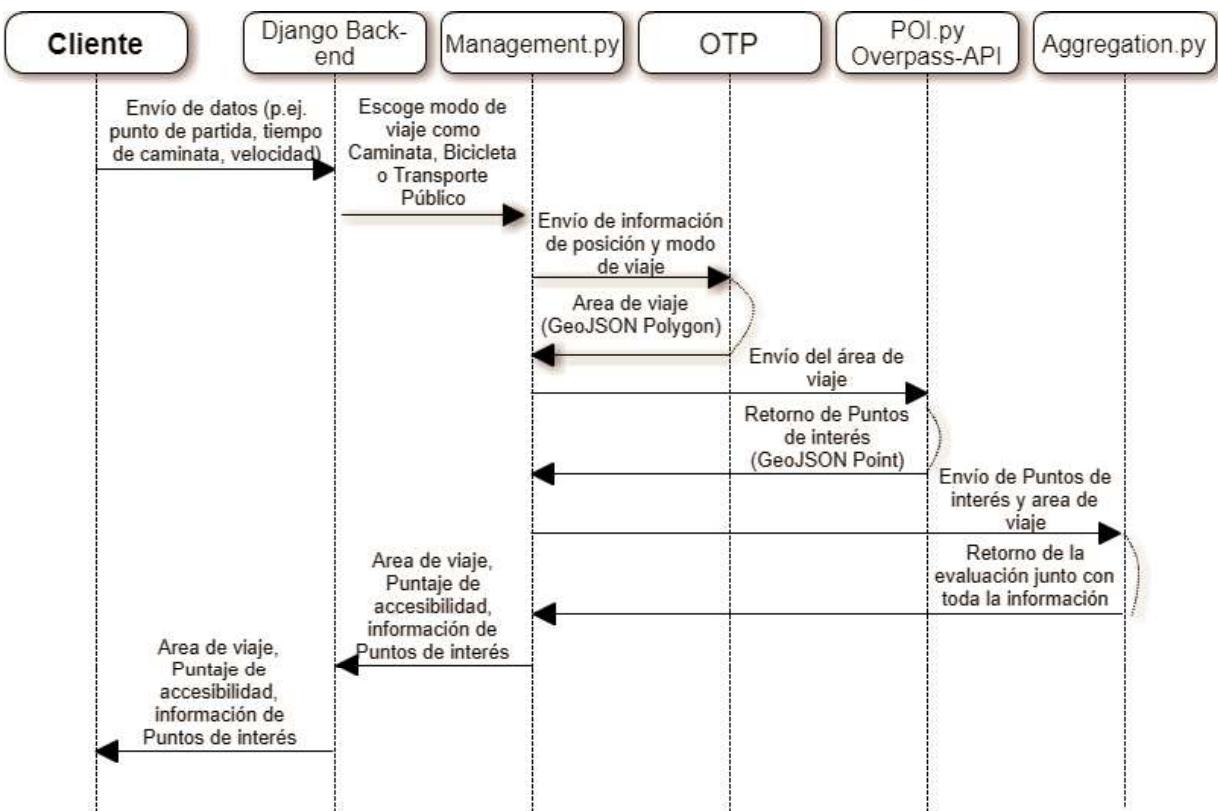


Figura 2: Diagrama de secuencia para el cálculo de puntaje de accesibilidad para el modo caminata y un lugar seleccionado con la plataforma AccesoBarrio. Los módulos Django y OTP constituyen el software que corre en el servidor. Management.py, POI.py y Aggregation.py hacen referencia a scripts de computación.

1. Cálculo de área alcanzable: El usuario ingresa los datos necesarios relacionados con los modos de viaje, ubicación geográfica, tiempos, velocidad, entre otros más que puedan ser necesarios para el cálculo. Estos datos son enviados a un servidor de OpenTripPlanner (OTP) que retorna el polígono geográfico (walkshed) que corresponde al área posible de abarcar según las especificaciones ingresadas por el usuario.
2. Obtención de puntos de interés: Con el polígono geográfico obtenido, necesitamos saber cuáles son los POI que son accesibles. Para ello enviamos este dato a un servidor con el software Overpass-API y una base de datos topográficos el cual nos retorna los puntos de interés.
3. Procesamiento de los datos: Finalmente, se recopilan estos puntos de interés y se comparan en cantidad y distancia desde el punto geográfico inicial según las preferencias, es decir: el grupo demográfico escogido por el usuario, para posteriormente retornar un resultado. El cálculo de puntaje/score se hace según la siguiente ecuación:

$$s = \frac{\sum_1^n (w_i \cdot x_i) \cdot 100}{\sum_1^n w_i}, x = \begin{cases} 0 & \text{si el punto de interés } i \text{ no está presente} \\ 1 & \text{si el punto de interés } i \text{ está presente} \end{cases}$$

En donde  $w$  son los pesos según el tipo de punto de interés (para los tipos  $i = 1..n$ ), y  $x$  es la observación de un punto de interés del tipo  $i$ . Cabe destacar que esta ecuación es una versión

simplificada, usado en el experimento en la Sección 5 en donde no se considera la existencia de múltiples puntos del mismo tipo con pesos distintos, ni la opción de calcular el peso de un punto de interés según su distancia.

OpenTripPlanner cuenta con un completo sistema de cálculo de ruteos de viaje. Para esta investigación se utilizó su módulo Isochrone. Por otro lado, Overpass-API (Olbricht, 2015) es un servicio web para acceder datos de OpenStreetMap.org, el cual utilizamos para obtener información sobre calles y POIs que hay en la zona.

### 3.3 Parámetros y Datos requeridos

**Parámetros** - AccesoBarrio cuenta con 4+1 modos de viaje a elegir: caminata, bicicleta, automóvil, transporte público, así como una modalidad comparativa al sistema de WalkScore (1 milla de radio desde el punto geográfico inicial) - cual es similar a un modo "vuelo". Cada uno de estos modos solicitan individualmente un polígono a OTP de forma única. Para caminata se necesita especificar el tiempo de viaje y velocidad de caminata en km/h. Para bicicleta sólo se necesita especificar tiempo de viaje, ya que se encuentra configurado para viajes de 10 km/h teniendo en cuenta infraestructura para bicicleta. En los casos de automóviles sucede lo mismo: sólo se solicita el tiempo de viaje, ya que la velocidad de transporte se basa en los límites de velocidad designados a cada calle, dependiendo de su tipo (calle residencial, principal, autopista, etcétera) o de valores guardados explícitamente en la base de datos.

Para los viajes que utilizan transporte público es necesario ingresar hora de inicio, tiempo de viaje total (caminando y utilizando el transporte público) y velocidad de caminata. Todos ellos necesitan de un punto geográfico, expresado en longitud/latitud, por donde comenzar los cálculos, así como una opción demográfica para diferenciar los puntajes.

**Datos** - Como fuente principal se utilizan los datos de calles y puntos de interés de OpenStreetMap.org los cuales son de libre acceso.

### 3.4 Implementación de Evaluación de los Datos y Cálculo de Puntaje

En el código del proyecto hay tres archivos vitales los cuales se pueden observar en el diagrama de secuencias de la Figura 2. Primero tenemos a *Manage.py*, que se encarga de recibir los parámetros según el modo de viaje y solicita el polígono a OTP. Esta respuesta es enviada a *POI.py*, el cual recibe el polígono de *Manage.py*, crea la solicitud y realiza la consulta a Overpass-API. Posterior a la consulta, *POI.py* procesa el resultado categorizándolo por su tipo (por ejemplo, tienda, restaurante, colegio, etcétera) y le agrega los íconos que se verán en el mapa final. Por último, en *Aggregation.py* se recopila todo lo que se ha conseguido por medio de *Manage.py* y *POI.py*, es decir, el polígono y los puntos de interés, además de agregar la opción demográfica escogida para el cálculo. *Aggregation.py* calcula la superficie abarcada, para luego categorizar los puntos de interés y relacionarlos con los pesos otorgados por la opción demográfica para así obtener un puntaje según la ecuación en Sección 3.2.

Los resultados son entregados a Django para que se muestren en el mapa de Leaflet. El puntaje obtenido es visualizado en la posición en donde se escogió el punto geográfico inicial, y desde ahí

se construye el polígono obtenido de OTP. Adicionalmente, se habilita la opción para ver cuáles son los puntos de interés que se tomaron en cuenta.

Para realizar un análisis de múltiples puntos, se habilitó una opción la cual permite enviar los puntos a evaluar en un archivo de tipo \*.csv. A diferencia de lo anterior los tiempos de respuesta bastante menores.

Al momento de ingresar los datos demográficos que se necesitan para este estudio, se debió agregar el acceso a los parques. El sistema considera que tiene acceso a un parque si el polígono del área accesible toma una porción o su totalidad de la superficie de éste.

#### 4. GRUPOS DEMOGRAFICOS PARA ACCESIBILIDAD

Haugen (2011) y Páez *et al.* (2013) han destacado y mostrado la importancia de considerar distintos grupos demográficos. Por ejemplo, Haugen (2011) analizó una encuesta de preferencias hecho en Suecia donde encontró que personas jóvenes muestran preferencias en vivir cerca de jardines infantiles, amigos, gimnasios y restaurantes, mientras que personas de mayor edad prefieren vivir cerca de centros de salud, farmacias o teatros. Por otra parte, para modelar la accesibilidad, Páez *et al.* (2013) analizaron la encuesta origen-destino de Montreal, Canadá, y determinaron que, entre otros, la edad, sexo, e ingreso son variables importantes para estimar el tiempo de viaje diario (inglés: trip length).

Tabla 2: Pesos para grupos demográficos para la plataforma WalkScore.com elaborados por Frank y Ulmer (2013).

Componente de Walkscore	Adulto	Senior/ Tercera Edad	Niño	Adolescente
Banco/ATM	0.04	0.12	0	0.09
Comida (Supermercado, Minimarket)	0.04	0.08	0	0.08
Restaurante	0.3	0.27	0	0.27
Shopping	0.05	0.08	0.09	0.08
Entretención	0.1	0.11	0.12	0.13
Biblioteca	0.18	0.04	0	0.1
Parque	0.18	0.24	0.16	0.08
Proporción Arco:Nodo <sup>1</sup>	0.10	0.6	0	0.17
Largo promedio de cuadra <sup>2</sup>	0	0	0.63	0

<sup>1</sup> La proporción Arco:Nodo hace referencia a la proporción entre el número de intersecciones versus el número de calles, representando la conectividad en la red vial.

<sup>2</sup> El largo promedio de cuadra (ingles: block length) es una variable geométrica y mide la distancia entre los dos extremos de una cuadra.

Para este artículo queremos considerar cuatro grupos demográficos: niños, adolescentes, adultos y personas de tercera edad. Frank y Ulmer (2013) presentaron pesos para estos cuatro grupos demográficos para el uso con la plataforma WalkScore.com (Tabla 2). Adoptamos estos valores para nuestra plataforma AccesoBarrio, puesto que esta implementa el modelo simple de Walkscore.com (es decir el modelo que usa el radio de una milla) y los puntajes resultantes son similares (vea Steiniger *et al.*, 2013). Los pesos reportados en Frank y Ulmer constituyen el resultado de una calibración de algoritmo que mide la accesibilidad en Walkscore.com. La calibración fue hecha con la base de datos de “Neighbourhood Quality of Life Studies” del Inst. Nacional de Salud (NIH, EE.UU.) para predecir mejor la actividad física (moderada y vigorosa) para los cuatro grupos de edad.

## 5. EXPERIMENTO Y RESULTADOS

Tomando los grupos demográficos elaborados por Frank y Ulmer (2013), se analizaron aproximadamente 52.000 puntos que abarcan toda la zona de la ciudad del Gran Santiago. Se calculó el área para una caminata de 15 minutos de duración para todos los grupos demográficos. La distancia entre dos puntos es de 0.002 grados (aprox. 200m). La velocidad de caminata fue de 1.38 m/s (aprox. 5 km/h). La información de las calles de la ciudad del Gran Santiago se obtuvo de OpenStreetMap con fecha de diciembre del año 2016.

Tabla 3: Pesos para las opciones demográficas de AccesoBarrio usando las de Frank y Ulmer (2013).

Componente	Adulto	Senior/ Tercera Edad	Niño	Adolescente
Bancos/Cajero	0.04	0.12	0	0.09
Comida (Supermercado, Minimarket)	0.04	0.08	0	0.08
Restaurante	0.3	0.27	0	0.27
Shopping	0.05	0.08	0.09	0.08
Entretención	0.1	0.11	0.12	0.13
Educación (Colegios, Jardines)	0	0	0	0
Biblioteca	0.18	0.04	0	0.1
Establ. de Salud	0	0	0	0
Parque	0.18	0.24	0.16	0.08

Para poder tener las mismas preferencias demográficas que Frank y Ulmer (2013), se especificaron los pesos para distintos destinos en la plataforma de AccesoBarrio, como se muestra en la Tabla 3. Se puede ver que AccesoBarrio considera más tipos de destinos que las especificadas por Frank y Ulmer (2013), incluyendo también establecimientos de salud. Para estos, que no son incluidos por Frank y Ulmer (2013), se les asigna un peso de valor cero en lo que respecta a los cálculos. Es decir que en el experimento no se considera establecimientos de salud y educación en el modelo demográfico sugerido por Ulmer y Frank. Los establecimientos de educación fueron excluidos por Ulmer y Frank en base de resultados de su calibración del modelo de WalkScore. Sin embargo, de acuerdo a una encuesta de aprox. 150 personas, hecho por el proyecto, se debe considerar incluir

establecimientos de salud y educación en la plataforma AccesoBarrio. Por otra parte, AccesoBarrio no mide “Proporción Arco vs. Nodo” ni “Tamaño promedio de cuadra”.

Cabe señalar que, en comparación con experimentos reportados antes en Steiniger *et al* (2013), los pesos para cada tipo de destino/punto de interés se aplican sólo para la primera entidad o POI de un tipo determinado de destino. Otras entidades o POI adicionales del mismo tipo que se encuentran también en el área de viaje no se consideraron para los cálculos. Por ello, nuestro modelo no considera la diversidad dentro de los tipos de interés (ejemplo: diferentes tipos de restaurantes), sino la presencia de éstos (es decir: la existencia de restaurantes). Con esto dicho, se realizaron cuatro análisis (uno por grupo demográfico), los cuales demoraron cerca de 5 horas cada uno para obtener sus puntajes de accesibilidad, utilizando un equipo con dos núcleos de procesador y 4 GB de RAM.

Los resultados obtenidos se encuentran en las Figuras 3, 4, 5 y 6 en donde el puntaje máximo (100 puntos, muy accesible) es representado en azul oscuro y el puntaje mínimo (cerca a 0 puntos), es representado en azul-gris. Lugares que obtuvieron un puntaje igual a 0 fueron omitidos. En la Tabla 4 se muestran estadísticas relevantes para 6 barrios y sus alrededores en Gran Santiago. Al analizar las imágenes, así como la Tabla 4, es claramente observable que la accesibilidad varía dependiendo del grupo demográfico.

Tabla 4: Puntajes promedio obtenidos para los grupos demográficos en distintos barrios y comunas del Gran Santiago usando pesos por tipo de destino según Frank y Ulmer (2013).

Barrio (comuna)	Puntaje - Promedio				Promedio <sup>1</sup>
	Adulto	Senior	Niño	Adolescente	
Plaza de Maipú (Maipú)	58	60	65	52	58,75
Brasilia (San Miguel)	32	38	54	27	37,75
Chorrillos (Independencia)	46	51	68	41	51,50
El Mariscal (La Pintana)	7	11	16	7	10,25
Pucara de Lasana (Quilicura)	25	29	35	23	28,00
Unid. Vecinal 35 – José María Caro (Lo Espejo)	27	35	49	25	34,0
<b>Promedio</b>	<b>32,5</b>	<b>37,3</b>	<b>47,8</b>	<b>29,2</b>	

<sup>1</sup> Colores según categorías de WalkScore: amarillo 25-69 puntos - "Moderadamente caminable"; naranjo 25-49 puntos - "Dependiente de automóviles"; rojo 0-24 puntos - "Fuerte dependencia de automóviles".

## 6. DISCUSIÓN

Al analizar los resultados mostrados en la Tabla 4, se observa que la diferencia máxima en la accesibilidad entre dos grupos se encuentra en las categorías demográficas “niños” y “adolescentes” en el barrio “Brasilia” (Comuna de San Miguel) con una diferencia de 27 puntos. La diferencia en los valores absolutos de 54 puntos vs. 27 puntos para los dos grupos, y para el barrio “Brasilia”, es equivalente a la descripción de barrio como “moderadamente caminable” (50-69 puntos, amarillo) vs. “Dependiente de automóviles” (25-49 puntos, naranjo) de acuerdo a las clasificaciones de WalkScore. Una observación importante es que esta enorme diferencia (un cuarto

del rango total de valores) está basada solamente en las diferentes asignaciones de pesos para distintos destinos, y no considera diferentes velocidades de caminata.

Figura 3: Accesibilidad para Tercera Edad.

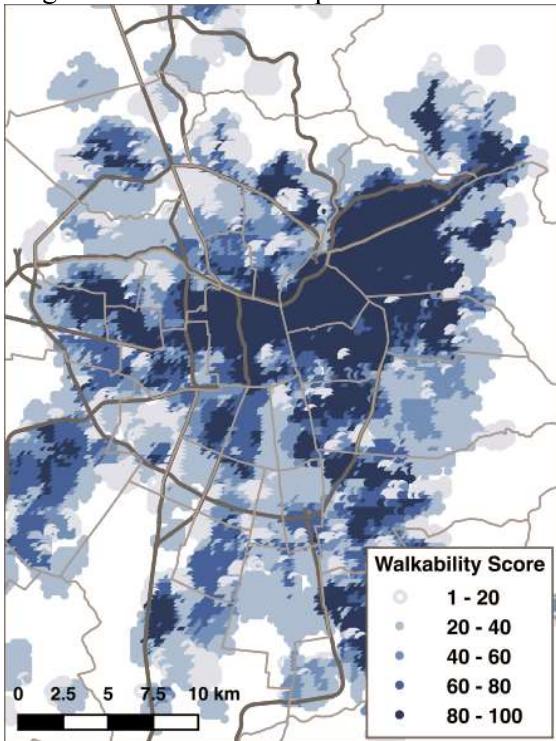


Figura 4: Accesibilidad para Adultos.

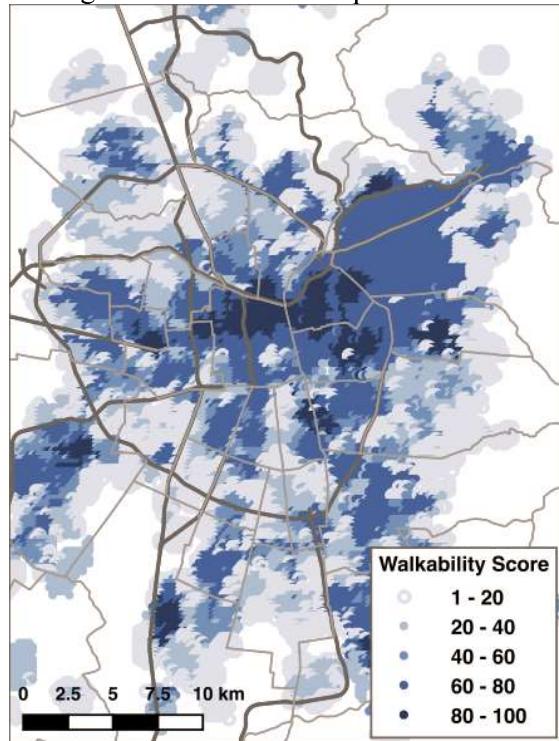


Figura 5: Accesibilidad para Niños.

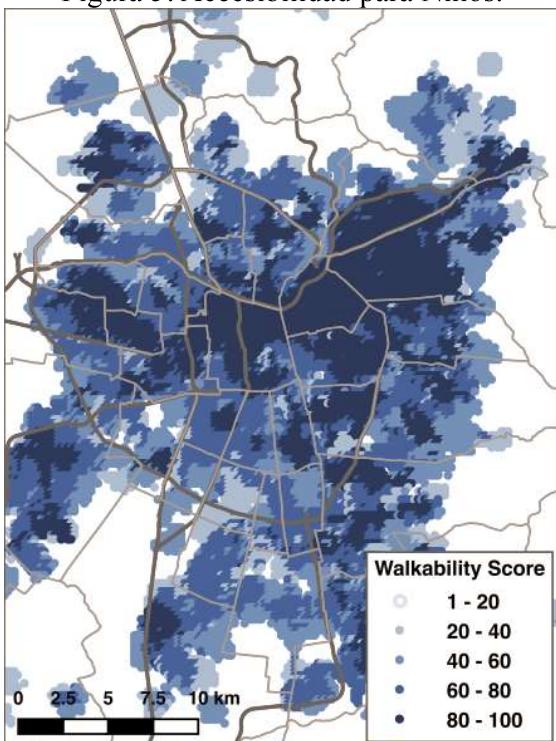
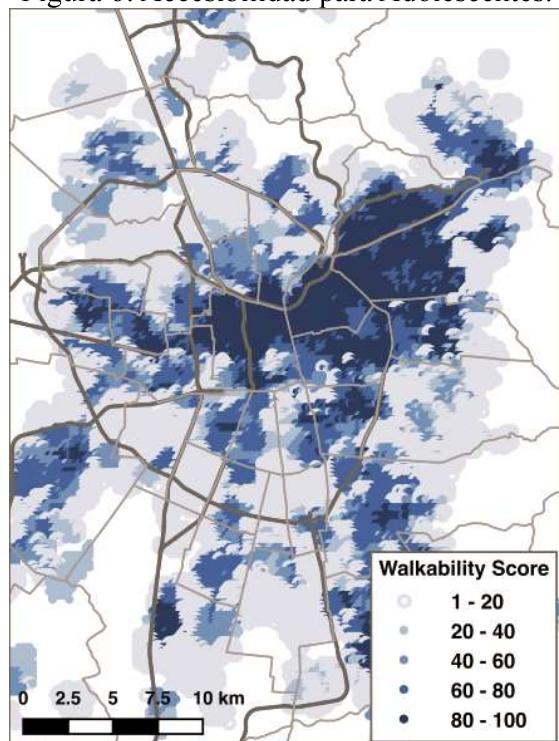


Figura 6: Accesibilidad para Adolescentes.



Del análisis de la Tabla 4 también se desprende que, primero, cuando ordenamos los puntajes de accesibilidad por grupo demográfico: los niños son quienes tienen la mejor accesibilidad, seguido por los adultos mayores, adultos, y finalmente adolescentes, quienes tienen la accesibilidad más baja; Y segundo, al observar los valores de los puntajes absolutos, la diferencia entre dos grupos puede variar fuertemente. Por ejemplo, entre niños y adultos observamos diferencias de 65 vs. 58 puntos respectivamente ( $d = 7$ ) para “Plaza de Maipú”, 54 vs. 32 ( $d = 22$ ) para “Brasilia”, y 68 vs. 46 ( $d = 22$ ) para “Chorillos”. Estos tres resultados del análisis de la Tabla 4 muestran que es importante considerar los diferentes grupos demográficos cuando se evalúa la accesibilidad.

Sin embargo, al considerar los puntajes absolutos de accesibilidad para cada barrio y grupo demográfico, es necesario discutir ciertas limitaciones. Por ejemplo, cuando queremos cualificar/categorizar y comparar los dos barrios localizados en la periferia, el barrio El Mariscal (puntaje adulto = 7) en la Comuna de La Pintana, y el barrio Pucara de Lasana (puntaje adulto = 25), en la Comuna de Quilicura. Con su puntaje, ambos barrios se encuentran en las categorías de “Dependiente de automóviles” de WalkScore.com. Si bien es posible inferir que ambos barrios son dependientes de automóviles en el mismo estilo que las áreas suburbanas de Canadá o Estados Unidos, una visita en terreno podría revelar una perspectiva muy diferente. Esta discrepancia proviene principalmente de dos problemas con el prototipo:

En primer lugar, la base de datos de OpenStreetMap es una iniciativa voluntaria y, por lo tanto, la “completitud” de los datos depende de contribuidores (Neis y Zielstra, 2014). Por ejemplo, es muy probable que haya pocos o ningún contribuidor familiarizado con el barrio. En Steiniger et al. (2016), evaluamos la completitud de los puntos de interés en la base de datos de OpenStreetMap y sus efectos en los puntajes de accesibilidad para diferentes lugares del Gran Santiago. Cerca de la mitad de las 11 áreas analizadas mostraron una completitud de la base de datos cercana o menor al 20%.

Segundo, el modelo de cálculo de puntajes de accesibilidad utilizado en este trabajo está basado en una perspectiva norteamericana. Al analizar las actividades de la población chilena, así como latinoamericanos, puede resultar en diferentes asignaciones de pesos por cada tipo de punto de interés/destino. También es importante considerar que algunos destinos que son elegidos en Chile para comprar comida y bebidas, tales como ferias, mini-markets y botillerías, son muy distintos de los lugares donde los norteamericanos suelen comprar tales bienes: los supermercados. Por lo tanto, es necesario adaptar el modelo norteamericano de WalkScore a las particularidades que caracterizan a Chile para representar de una mejor forma la accesibilidad urbana del país.

## 7. CONCLUSIÓN Y TRABAJO A FUTURO

La evaluación de la accesibilidad y, en particular, la caminabilidad urbana, ha ganado interés considerable en los últimos años como para generar un cambio en el interés público y en las subsecuentes políticas que consideran mejoras en la accesibilidad como un componente esencial en la evaluación de proyectos de infraestructura en transporte (ver Department of Transport, 2007), o subsidios habitacionales (Talen y Koschinsky, 2013). En este trabajo presentamos una herramienta web junto con un método, basados originalmente en la metodología implementada por WalkScore.com, que permite calcular puntajes de accesibilidad urbana para diferentes modos de viaje (caminata, bicicleta, transporte público y sus combinaciones). Si bien anteriormente

presentamos un prototipo de esta herramienta para Calgary, Canadá (Steiniger *et al.*, 2013), en el presente trabajo la hemos adaptado para trabajar con datos a escala mundial, y en particular para evaluar la accesibilidad en ciudades de Chile. Un componente completamente nuevo permite modelar la accesibilidad para grupos demográficos diferentes. Los resultados para los cuatro grupos demográficos son presentados para 6 barrios diferentes en el Gran Santiago, mostrando que el promedio de los puntajes de accesibilidad difiere entre grupos demográficos hasta 27 puntos en un barrio. Esto sugiere que es necesario medir la accesibilidad de forma diferenciada para distintos grupos etarios para evaluar equidad y sustentabilidad en un barrio y la ciudad.

Sin embargo, los puntajes absolutos obtenidos, así como las diferencias de los puntajes entre barrios, también apuntan a problemáticas que emergen producto de la incompletitud subyacente a la base de datos de destinos/puntos de interés. Creemos que para trabajos futuros es necesario, adaptar el modelo de WalkScore para incorporar los destinos de viaje de particular importancia para la vida de los chilenos, aun cuando estos destinos no existen en las actividades diarias de los norteamericanos. Por lo tanto, nuestro trabajo futuro se concentrará en mejorar el modelo para ser más realista, y en evaluar los efectos de la incompletitud de la base de datos de OpenStreetMap en los puntajes de accesibilidad.

## AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos a Conicyt por financiar el proyecto “AccesoBarrio” (Fondecyt 1150239) y al Centro de Desarrollo Urbano Sustentable – CEDEUS (Conicyt / Fondap / 15110020).

## BIBLIOGRAFÍA

- Croft, R. (2015) Garcetti Unveils “Sustainable City pLAn” Includes Transportation and Livability Goals. Retrieved from <https://transitscreen.com/blog/garcetti-unveils-sustainable-city-plan-includes-transportation-and-livability-goals/>
- Crozet, Y. y T. Villalba (2013). Appraisal Methodologies for Transport Investments: How to Introduce an Accessibility Index? Presented at the **NECTAR 2013**, Sao Miguel, Azores, Portugal.
- Curtis, C. y J. Scheurer (2010) Planning for Sustainable Accessibility: Developing Tools to Aid Discussion and Decision-Making. **Progress in Planning**, 74(2), 53–106.
- Department of Transport (2007) **Guidance on transport assessment**. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/guidance-on-transport-assessment>
- Duncan, D. T., J. Aldstadt, J. Whalen y S.J. Melly (2012) Validation of walk scores and transit scores for estimating neighborhood walkability and transit availability: a small-area analysis. **GeoJournal**, 78, 407–416.
- Frank, L. y J. Ulmer (2013) Enhancing Walk Score’s Ability to Predict Physical Activity and Active Transportation. Presented at the **2013 Active Living Research Annual Conference**, San Diego, CA. Retrieved from [http://activelivingresearch.org/sites/default/files/2013\\_Bike-WalkScore\\_Frank.pdf](http://activelivingresearch.org/sites/default/files/2013_Bike-WalkScore_Frank.pdf)

- Geurs, K.T. and B. van Wee (2004) Accessibility Evaluation of Land-Use and Transport Strategies: Review and Research Directions. **Journal of Transport Geography**, 12(2), 127-140.
- Golub, A., G. Robinson y B. Nee (2013) Making Accessibility Analyses Accessible: A Tool to Facilitate the Public Review of the Effects of Regional Transportation Plans on Accessibility. **Journal of Transport and Land Use**, 6(3), 17-28.
- Haugen, K. (2011). The Advantage of ‘Near’: Which Accessibilities Matter to Whom? **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, 11(4), 368–388.
- Moudon, A.V., C. Lee, A.D. Cheadle, C. Garvin, *et al.* (2006) Operational Definitions of Walkable Neighborhood: Theoretical and Empirical Insights. **Journal of Physical Activity & Health**, 3(Sup. 1), S99–117.
- Neis, P., y D. Zielstra (2014) Recent Developments and Future Trends in Volunteered Geographic Information Research: The Case of OpenStreetMap. **Future Internet**, 6(1), 76–106.
- Olbricht, R. M. (2015) Data Retrieval for Small Spatial Regions in OpenStreetMap. In J. J. Arsanjani, A. Zipf, P. Mooney, y M. Helbich (Eds.), **OpenStreetMap in GIScience**, 101–122. Springer International.
- Páez, A., M. Moniruzzaman, P.L. Bourbonnais y C. Morency (2013) Developing a web-based accessibility calculator prototype for the Greater Montreal Area. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 58, 103–115.
- Saelens, B. E., J.F. Sallis y L.D. Frank (2003) Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. **Annals of Behavioral Medicine**, 25(2), 80–91.
- Steiniger, S., M.E. Poorazizi y A.J.S. Hunter (2013) WalkYourPlace - evaluating neighbourhood accessibility at street level. In C. Ellul, S. Zlatanova, M. Rumor y R. Laurini (Eds.), **Proceedings of the 29th Urban Data Management Symposium** (Vol. XL-4/W1). London, UK: ISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Science.
- Talen, E. y L. Anselin (1998) Assessing Spatial Equity: An Evaluation of Measures of Accessibility to Public Playgrounds. **Environment and Planning A**, 30, 595–614.
- Talen, E. y J. Koschinsky (2013) The Walkable Neighborhood: A Literature Review. **International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning**, 1(1), 42-63.
- Tillema, T., E. Verhoef, B. van Wee y D. van Amelsfort (2011) Evaluating the Effects of Urban Congestion Pricing: Geographical Accessibility versus Social Surplus. **Transportation Planning and Technology**, 34(7), 669–89.
- WalkScore (2011). **Walk Score Methodology**. Seattle, Washinton: WalkScore. Retrieved from <http://pubs.cedeus.cl/omeka/document/82>