

¿CUÁL ES EL IMPACTO DE NUEVA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN TÉRMINOS DE ACCESIBILIDAD? UN ENFOQUE BASADO EN LA PLATAFORMA WEB COAXS, APLICADO A SANTIAGO DE CHILE

Jaime Soza-Parra, Pontificia Universidad Católica de Chile, jaime.soza@uc.cl

Ignacio Tiznado-Aitken, Pontificia Universidad Católica de Chile, iatiznad@uc.cl

Tomás Cox, Pontificia Universidad Católica de Chile, tcox2@uc.cl

Ricardo Sánchez Lang, Massachusetts Institute of Technology, rslang@mit.edu

Cristián Navas Duk, Massachusetts Institute of Technology, cnavasd@mit.edu

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en analizar el impacto que puede generar la plataforma web *Collaborative Accessibility-Based Stakeholder Engagement* (CoAXs). Por un lado, se expone un caso de estudio en la comuna de Cerrillos de Santiago, Chile, donde se analiza el impacto de la línea 6 de Metro en términos de acceso. Por otro lado, se analiza el alcance de la plataforma en términos prácticos, con el objetivo de fomentar un cambio de paradigma hacia la planificación participativa. Se concluye que la visualización de estos impactos puede ser útil para la toma de decisiones relacionada a infraestructura de transporte y el emplazamiento de oportunidades.

Palabras clave: accesibilidad, transporte público, plataforma web

The aim of this paper is to analyze the impact of the Collaborative Accessibility-Based Stakeholder Engagement (CoAXs) web platform. On the one hand, a case study is presented in the commune of Cerrillos in Santiago, Chile, where the impact of Metro line 6 in terms of access is analyzed. On the other hand, the scope of the platform is analyzed in practical terms, with the aim of encouraging a paradigm shift towards participatory planning. We concluded that the visualization of these impacts can be useful for decision-making related to transport infrastructure and opportunity location.

Keywords: accessibility, public transport, web-based platform

1. INTRODUCCIÓN

Chile es un país con un alto nivel de desigualdad. Si se analiza la distribución del ingreso, Chile posee el coeficiente de Gini más alto de los países de la OCDE (0,465) y el ingreso promedio del 20% más rico es 10,6 veces más alto que el 20% más pobre (OCDE, 2014). En Santiago, la capital de Chile, estas desigualdades se extienden más allá del ingreso, generando una importante segregación socio-espacial. Este fenómeno se ha manifestado, por ejemplo, en la extensión del centro la ciudad hacia el sector oriente, donde se ha concentrado la construcción de nuevos servicios, la localización de puestos de trabajo y donde se ubican los grupos socioeconómicos más acomodados (Suazo & Muñoz, 2016).

Este patrón coincide con la estructura urbana propuesta por Griffin & Ford (1980) para las ciudades latinoamericanas, donde se muestra que el centro de actividades se extiende hacia el cono de mayor ingreso dentro de la ciudad. Esto genera desigualdades evidentes respecto al acceso a servicios de transporte (Shirahige & Correa, 2015) y oportunidades básicas como empleo y educación (Asahi, 2014) entre diferentes grupos socioeconómicos. Producto de esto, aquellos grupos de población más vulnerables, que tienden a localizarse en la periferia de la ciudad como consecuencia de las políticas de vivienda, pueden verse enfrentados al fenómeno de exclusión social (Lucas, 2006).

En esta línea, hasta el año 1980, Santiago tenía diversos barrios informales y marginales convenientemente ubicados en el centro de la ciudad. Como estrategia para eliminar estos barrios, entre 1980 y 2002 se ofreció a sus habitantes viviendas sociales, ubicadas mayoritariamente en la periferia de Santiago (Tapia, 2011). Gran parte de la población de bajos ingresos continúa viviendo en estas áreas, exigiendo largos desplazamientos a los centros de negocios (Sabatini et al., 2001; Rodríguez, 2008) donde la bicicleta y la caminata no son siempre opciones válidas. Si se agrega a esto que el 60% de los hogares en Santiago no posee un automóvil (SECTRA, 2015), un número importante de personas son cautivas del transporte público para satisfacer sus necesidades.

Bajo este contexto, donde además existe una escasa coordinación e integración de la planificación de transporte y uso de suelo, la planificación de transporte ha comprendido que el principal objetivo de los sistemas de transporte debe ser la provisión de acceso a todas las personas a las oportunidades distribuidas en la ciudad (Martens, 2016). Esto implica analizar el fenómeno mediante diversos modos de transporte y velar por una equidad territorial en términos de acceso, donde la nueva infraestructura o la prioridad de la inversión se focalice en aquellos grupos de población más desventajados.

Para estudiar la accesibilidad, además de las diversas medidas propuestas y aplicaciones a casos de estudio (Bhat et al., 2000; Geurs & van Wee, 2004), se han propuesto numerosas plataformas web que permiten visualizar la accesibilidad mediante distintos modos de transporte. Algunas de estas plataformas son de dominio público, como *WalkScore* (Duncan et al., 2011) que permite analizar la accesibilidad mediante diversos modos de transporte, el *Environmental Justice and Transportation Toolkit* (Robinson, 2008), enfocado en San Francisco, considerando el cálculo de accesibilidad mediante automóvil y transporte público y otras plataformas enfocadas solo en la caminata, como *Walkonomics* o *Walkshed*¹.

¹ <http://www.walkonomics.com/> y <http://walkshed.org>

Por su parte, existen plataformas similares a las ya mencionadas de acceso o dominio privado. Por ejemplo, MOSART para el caso de Lyon en Francia (Crozet et al., 2012), SNAMUTS diseñado para consultoría en Australia (Curtis & Scheurer, 2010), *Cyclevancouver* con un planificador de rutas en bicicleta (Su et al., 2010), *A-score* que permite el cálculo de accesibilidad para personas mayores en Vancouver (Moniruzzaman et al., 2015) y por último, una calculadora de accesibilidad para el Gran Montreal (Páez et al., 2013). Así, se puede observar que existen diversas plataformas para calcular accesibilidad con distintas formulaciones y modos de transporte (para un review de las medidas usadas para la planificación urbana y de transporte, ver Papa et al., 2016).

En este trabajo, la accesibilidad (Hansen, 1959) se aborda a través de la plataforma *Collaborative Accessibility-Based Stakeholder Engagement* (CoAXs) para el caso particular de Santiago de Chile y desde el enfoque de las medidas isócronas, empleadas en diversos trabajos (por ejemplo, O'Sullivan et al. (2000) y Dovey et al. (2017)). Estas medidas definen ciertos umbrales (por ejemplo, 15, 30, 45 y 60 minutos) para alcanzar determinadas oportunidades en un modo de transporte específico o una combinación de estos, que para efectos de esta investigación corresponde a la caminata y el transporte público. Esta es la medida de acceso que resulta más intuitiva para la población en términos de interpretación y comunicación, por lo que es especialmente útil pensando en su transición hacia políticas públicas (Geurs & van Wee, 2004).

Considerando lo anterior, en la Sección 2 se presenta el objetivo central de esta investigación y en la Sección 3 la estructura que permite el funcionamiento de la plataforma web CoAXs. Luego en la Sección 4 se presenta una aplicación de esta herramienta a un caso de estudio en la comuna de Cerrillos, comparando dos escenarios diferentes de infraestructura de transporte centrado en el proyecto urbano-inmobiliario “Portal Bicentenario”. A partir de esto, se expone un análisis complementario en la Sección 5 que se enfoca en una aplicación práctica de esta plataforma y su aporte para la planificación participativa de transporte. Para finalizar, en las Secciones 6 y 7 se exponen algunas conclusiones, discusiones a tener en cuenta y trabajo futuro con esta herramienta para el caso de Santiago de Chile.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo posee dos objetivos principales. El primero consiste en evaluar el desempeño de la plataforma de cálculo y visualización de accesibilidad CoAXs mediante la comparación de dos escenarios de infraestructura de transporte en la ciudad de Santiago: una situación base actual y un escenario futuro hacia fines de 2017. El proyecto más relevante evaluado en el escenario futuro corresponde a la línea 6 de Metro de Santiago, la cual proveerá acceso, entre otras, a la comuna de Cerrillos. En esta comuna se toma como caso de estudio el impacto que puede generar esta línea sobre el proyecto urbano-inmobiliario “Portal Bicentenario”, que fue anunciado el año 2001 pero no ha sido concretado.

Considerando que el “Portal Bicentenario” está planificado para diversos grupos socioeconómicos, el objetivo consiste en poder visualizar intuitivamente la mejora en el acceso a oportunidades para grupos normalmente relegados a espacios periféricos mediante la herramienta escogida. En base a los resultados obtenidos se pretende mostrar cómo la construcción de la línea 6 mejora el acceso de este sector, el cual antes era deficitario. Además, este escenario hace más atractivos estos

terrenos para los agentes privados, llamados a participar de la construcción de viviendas, lo que será analizado en las siguientes secciones.

El segundo objetivo consiste en ver observar el impacto de la plataforma en términos prácticos. Para esto, se muestra una experiencia de dos talleres participativos realizados en la ciudad de Santiago para observar la forma en que los tomadores de decisiones en ámbitos de ciudad y transporte interactuaban con la plataforma. Así, la experiencia de Santiago tratará de responder preguntas sobre el potencial de CoAXs para mejorar el proceso de involucramiento y su desempeño para fomentar conversaciones (metropolitanas) de mayor escala entre los tomadores de decisiones y las partes interesadas.

3. FUNCIONAMIENTO INTERNO DE LA PLATAFORMA

La plataforma escogida para hacer este análisis es CoAXs, la cual es abierta, online, basada en datos libres y elaborada por el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que ayuda a los usuarios a visualizar, modificar y evaluar el rendimiento de los sistemas de transporte público (Stewart & Zegras, 2016). CoAXs se centra en la accesibilidad, o conectividad potencial a oportunidades, el cual es un concepto importante para comprender los impactos sociales y espaciales que tienen los sistemas de transporte. Esta plataforma ha sido probada en diferentes ciudades de Estados Unidos (Zegras et al., 2016) y Londres, pero a la fecha no ha sido utilizada en otros contextos, como el Latinoamericano.

La elección de esta plataforma se basa en el proyecto de colaboración MISTI² entre MIT y la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) que tiene por nombre “*Explore whether the use of a visualization tool can encourage improvements in the urban transportation planning process in Santiago, Chile*” del cual los autores de este trabajo conforman el equipo de trabajo. El objetivo principal de este proyecto es probar CoAXs en el contexto de Chile y visualizar indicadores que podrían servir de base para la formulación de políticas de transporte urbano. Por este motivo, el objetivo de este trabajo se desprende directamente como una primera aplicación del proyecto mencionado.

Para entender el funcionamiento de esta herramienta, en esta sección se detalla en líneas generales la relación existente entre los 3 principales módulos, los cuales se denominan *back-end*, *analyst* y *front-end* (Figura 1).

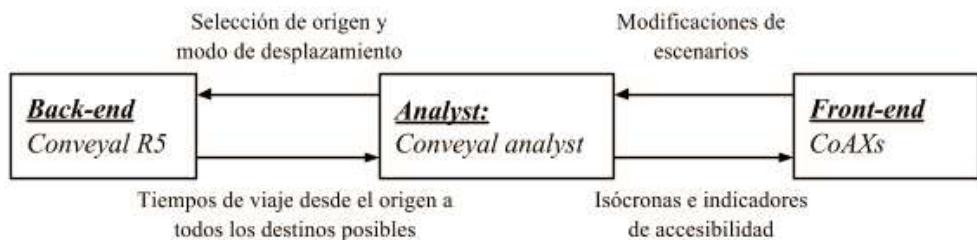


Figura 1 Interacción entre los distintos módulos de la plataforma.
Fuente: Elaboración propia basada en Stewart & Zegras (2016).

² Fondos para investigación con el objetivo de promover la colaboración entre universidades (<http://misti.mit.edu/chile-seed-funds>)

En primer lugar, se encuentra el *front-end*, que corresponde al módulo encargado de todas las relaciones con el usuario. Estas interacciones van desde el manejo de mapas, *shapefiles* y visualización de resultados. Desde la perspectiva de la interacción, el principal atributo de este módulo corresponde a la creación de escenarios de análisis, en el cuál es posible decidir qué proyectos (o grupos de proyectos) comparar. Además, es posible generar mejoras a los servicios ya existentes, como por ejemplo mejoras en velocidad de buses, aumentos de frecuencia o reducciones en tiempos de detención. Sin embargo, actualmente estas últimas modificaciones no están consideradas para el caso de Santiago y solo es posible modificar la presencia de proyectos específicos.

Cada consulta de accesibilidad que se realiza en este módulo es enviada al módulo de análisis denominado *analyst*. Este módulo actualmente corresponde al desarrollado por la compañía *Conveyal*. El escenario seleccionado, sumado a la información de uso de suelo (coberturas georeferenciadas con destinos a considerar, como también oportunidades en el espacio, tales como centros de salud, escuelas, etc.) información de transporte público (archivos del plan actualizado de operación del sistema de transporte público, en formato General Transit Feed Specification (GTFS), que incluye principalmente las rutas georeferenciadas, paradas, tiempos de detención, calendarios, frecuencias) y red de transporte (en base a *Open Street Map*) se envía a una solicitud de origen y a una ruta del *back-end* de la plataforma.

Este último módulo, denominado *back-end*, corresponde a la herramienta *R5*, desarrollado también por *Conveyal*, y que significa *Rapid Realistic Routing on Real-world and Reimagined networks*. *R5* es un motor de ruteo para redes multimodales, el cual está diseñado para proveer de información a aplicaciones de análisis. Esta herramienta es capaz de generar indicadores confiables de accesibilidad desde cualquier origen a elección a todo el resto de la ciudad, con un algoritmo más realista que la simple simulación de un viaje a una hora determinada, ya que utiliza un conjunto de viajes que varían su hora de partida en una ventana de tiempo. Esto permite acoger la variabilidad natural en este aspecto, que incide en los tiempos de espera en paraderos.

De esta forma, *back-end* entrega a *analyst* el tiempo de viaje en el modo y origen solicitado desde un punto de partida a todos los destinos posibles en la ciudad. Con esta información, *analyst* procesa estos datos para generar indicadores de accesibilidad e isócronas. Finalmente, el *front-end* recibe estos resultados y los despliega para que el usuario pueda observarlos y manejarlos de manera intuitiva. Así, a través de esta plataforma se puede realizar aplicaciones al caso de Santiago, comparando diversas configuraciones en términos de infraestructura de transporte.

4. CASO DE ESTUDIO: CERRILLOS, SANTIAGO DE CHILE

Como se mencionó previamente, para probar el comportamiento de la plataforma en un caso de estudio específico, se evaluó el impacto que tendrá en accesibilidad la línea 6 de metro para el proyecto urbano-inmobiliario denominado “Portal Bicentenario”.

Este proyecto cuenta con una superficie de 250 hectáreas, donde previamente funcionó el Aeropuerto de Cerrillos y contempla el emplazamiento de un parque, viviendas para todos los estratos socio-económicos y diversos servicios públicos y privados. A 16 años de este anuncio, solo se ha materializado un parque de 50 hectáreas y, luego de dos licitaciones fallidas por falta de constructoras oferentes, el anuncio de construcción de 2300 viviendas. El proyecto fue trabado por

razones legales (una demanda interpuesta por la Federación Aérea de Chile), pero también por las dificultades financieras de las constructoras que podrían ofertar en las licitaciones³.

La materialización de este proyecto, ofreciendo viviendas para diversos niveles de ingresos en un sector pericentral, además del equipamiento comprometido, tendría un efecto positivo sobre la ciudad, ayudando a acortar los viajes de hogares que normalmente tenderían a localizarse en la periferia. La hipótesis de esta aplicación es que, pese a una localización pericentral, la comuna de Cerrillos no cuenta con una accesibilidad que haga atractiva la construcción de viviendas como se había planteado en las licitaciones. Pero, esto puede cambiar con la construcción de la línea 6, toda vez que el terreno del proyecto se vuelve más accesible y más competitivo para el mercado inmobiliario.

Para realizar el análisis de acceso, se estudian dos formas alternativas: la primera considera como origen el Portal Bicentenario, y la segunda considera la accesibilidad inversa desde una centralidad. La primera permite identificar, calculando isócronas desde 10 hasta 70 minutos, las oportunidades que se pueden alcanzar en cada una, considerando los escenarios con y sin proyecto. Esta primera aproximación permite identificar el aporte de la línea 6 de forma cualitativa. Por su parte, la accesibilidad inversa se basa en calcular isócronas desde un lugar de interés (en este caso, la esquina de Providencia con Pedro de Valdivia, lugar que concentra un amplio número de actividades y servicios), e identificar qué áreas de la ciudad quedan cubiertas o son accesibles mediante diferentes isócronas.

Esta última aproximación permite no solo identificar el tiempo de viaje desde esta centralidad hasta el Portal Bicentenario en ambos escenarios, sino que también todas las áreas que comparten el mismo tiempo de viaje hacia Providencia que este proyecto, en ambos escenarios. Lo relevante de esta información, es que permite realizar comparaciones de mercado para la elección residencial. Si un desarrollador inmobiliario desea determinar el precio al cual vender las viviendas de su proyecto (y con esto estimar sus ganancias), tiene que visualizar cuáles son los proyectos con los que compite, los cuales deben tener características comparables al proyecto a desarrollar. En este sentido, la selección de estos proyectos pueden estar basados en un similar nivel de accesibilidad a lugares de interés (es decir, están en la misma isócrona), y con esto determinar precios y por lo tanto la rentabilidad de su proyecto.

Para el cálculo de los tiempos de viaje, se utilizaron los GTFS de Transantiago (DTPM, 2017). Estos archivos se modificaron para incluir el proyecto de línea 6 de Metro de Santiago, considerando su trazado, ubicación de estaciones y velocidades comerciales similares a las líneas preexistentes. Además, para ambos escenarios se utilizaron como parámetros de entrada una velocidad de 5 km/hr para la caminata y un horario de viaje entre 7 y 9 am.

5. APlicación Práctica: Talleres Participativos

Tradicionalmente, la planificación de transporte ha estado centrada en una visión *top-down*, donde el gobierno o autoridad controla las instancias de participación desde un punto de vista meramente

³ Plataforma Urbana (2015). Recuperado el 10 de junio de 2017, disponible en: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/12/24/a-fines-de-2016-se-inician-obras-de-16-800-viviendas-en-el-ex-aeropuerto-de-cerrillos/>

informativo denominado paternalismo o enfoque DAD (decisión, anuncio y defensa), impidiendo que los stakeholders se involucren desde la concepción hasta la implementación (Cascetta & Pagliara, 2013). Esta forma de planificar ha generado diversos problemas y resistencia de grupos ciudadanos, lo que usualmente provoca conflicto en el proceso mismo. Esto ha dado pie a diversos cuestionamientos sobre la forma de planificar en la ciudad, lo que se ha traducido en una promoción de procesos de planificación horizontal donde diversos actores, ciudadanos y gobierno se involucren en la co-producción de la ciudad (Susskind & Elliott, 1983).

Por esto, Stewart & Zegras (2016) mencionan la importancia de que los operadores de transporte público y servicios asociados a este promuevan un paradigma de co-creación que permita generar valor para sus usuarios. En esta línea, Gebauer et al. (2010), basados en experiencias de un operador de trenes Suizo, recomiendan que los operadores de transporte público faciliten la participación activa de los usuarios para diseñar e implementar procesos. Un involucramiento efectivo puede mejorar políticas públicas, mejorar servicios locales, nuevos planes, mejor compresión de expertos y comunidades (Innes & Boher, 2004).

Este involucramiento de diversos stakeholders en el proceso se puede dar a través de tecnologías geoespaciales utilizadas de manera grupal y colaborativa (CGIS) para una deliberación más productiva (Elwood, 2011), sistemas de apoyo a la planificación (PSS) para grupos pequeños y proactivos (Brömmelstroet and Schrijnen, 2010) y participación ciudadana con SIG (PGIS) para un rango más amplio de participantes, focalizándose en quienes están presentes e interactúan con la herramienta (Dunn, 2007). Dentro de este contexto, CoAXs muestra un valor importante como sistema de apoyo a la planificación para lograr que los stakeholders se involucren a un nivel más bien local, al menos en la experiencia de talleres realizados en USA (Stewart, 2017).

Dado que CoAXs busca mostrar los impactos de nuevos proyectos de infraestructura de transporte en términos de acceso a oportunidades de modo con el objetivo de acercar la planificación a aquellos agentes de interés, uno de los mayores desafíos de la plataforma consiste en analizar la percepción de diversos stakeholders en torno a la utilidad de esta plataforma luego de involucrarse con la misma. A continuación se muestran los resultados del caso de estudio en Cerrillos y la ejecución de los talleres en Santiago, con algunas conclusiones respecto de la plataforma para fomentar y potenciar la planificación participativa en Santiago utilizando la plataforma CoAXs.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados para los dos enfoques de análisis propuestos en la sección anterior. Así, por un lado se muestra una comparación de las isócronas obtenidas para los dos escenarios propuestos: la situación actual y aquella con proyecto, consistente en la operación de la línea 6 del Metro de Santiago. En ambos casos, el tiempo de cálculo de la plataforma fue de aproximadamente un minuto. Por otro lado, se muestra el diseño de los talleres prácticos y los principales resultados y aprendizajes de la instancia.

5.1 Oportunidades alcanzables desde Portal Bicentenario

En la Figura 2, se muestra la visualización de las isócronas obtenidas en la plataforma CoAXs para tiempos entre 10 y 70 minutos desde el Portal Bicentenario. En color morado se muestra la situación actual de Santiago y en color amarillo el escenario con proyecto que considera la operación de la

línea 6 de Metro. Si bien en el futuro se espera que la plataforma asocie a cada isócrona un conjunto de oportunidades alcanzables, extraídas de fuentes de información georreferenciada, para esta etapa se analiza el alcance de las isócronas de forma cualitativa, indicando los sectores de la ciudad que son accesibles desde un determinado origen.

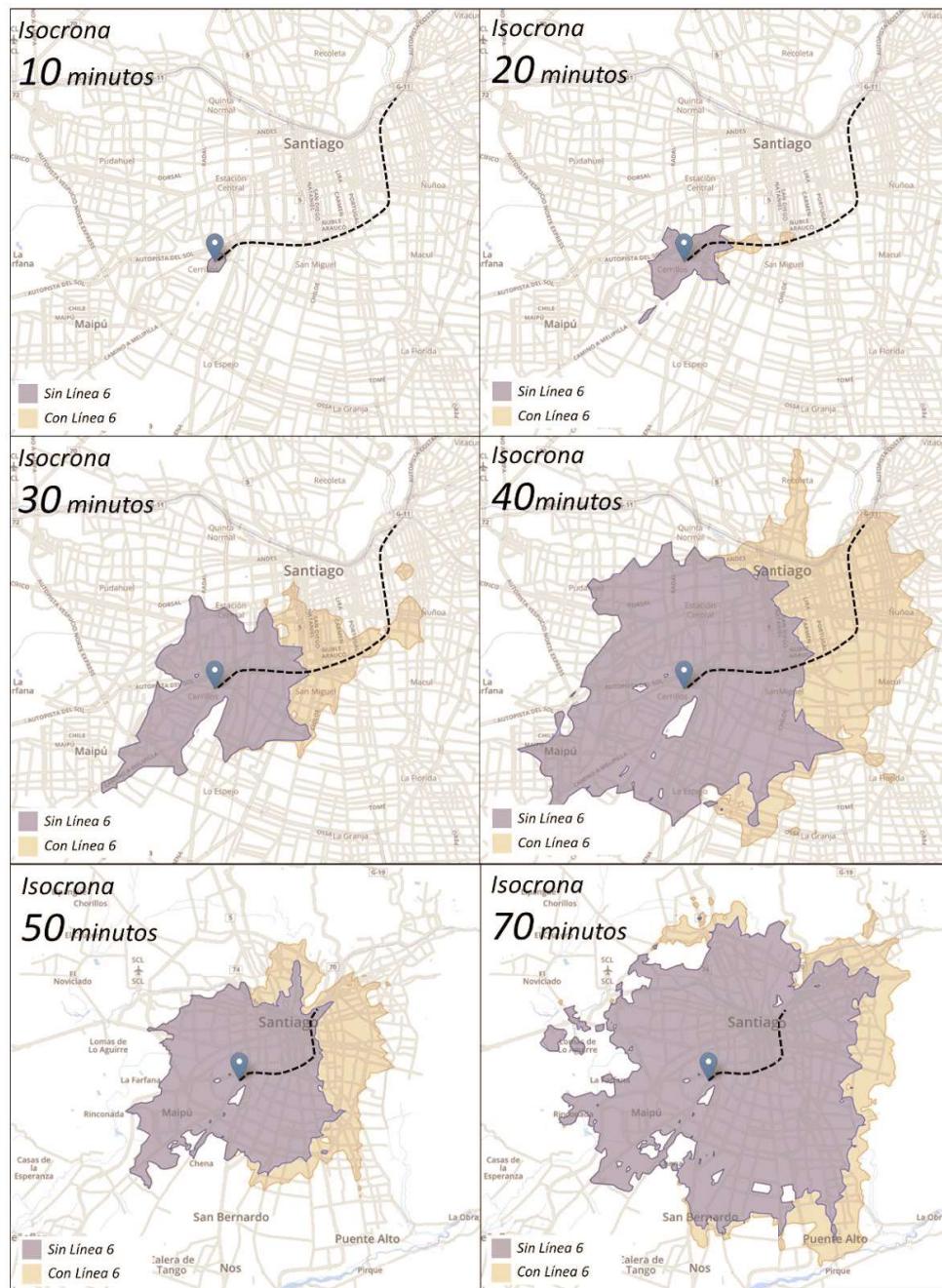


Figura 2. Isócronas desde el Portal Bicentenario para escenarios con y sin Línea 6 de Metro

En primer lugar, se obtiene que para la isócrona de 10 minutos no hay variaciones en ambos escenarios, ya que el origen considerado implica un tiempo de caminata hacia la estación que anula

el posible efecto del metro (en 10 minutos no se alcanza a abordar y avanzar una estación). La isócrona abarca una distancia máxima de unos 500 m. Sin embargo, dentro de los 20 minutos de viaje ya existe un efecto, pudiendo llegar con la línea 6 hasta el sector comercial de Franklin (recorriendo 3 estaciones, a unos 5 km. de distancia), mientras que sin línea nueva la isócrona abarca un radio de solo 1.5 km.

A partir de los 30 minutos se observa un cambio sustancial en la accesibilidad, pudiendo alcanzar sectores más lejanos como Ñuñoa y el sector sur de Providencia. A los 40 minutos ya se puede alcanzar el Centro de Santiago, lo cual sin proyecto se alcanza en la isócrona de los 50 minutos. El total de la ciudad se puede alcanzar viajando 1 hora y 20 minutos.

Algunas observaciones generales que se pueden hacer tienen relación con el área cubierta por las isócronas en cada corte temporal. Se observa que el cambio no es tan sustantivo en las primeras isócronas (10 a 20 minutos). Sin embargo, entre los 30 a 50 minutos, la diferencia entre las áreas cubiertas con y sin proyecto es sustantiva. Luego, para las últimas isócronas, el cambio es más bien marginal. Esto tiene relación con el tiempo en el que impacta el uso del metro. Para viajes de pocos minutos, el costo fijo de caminata y espera hace que el beneficio de la nueva línea sea bajo. Por otro lado, para viajes largos, de más de 50 minutos, el beneficio de la línea 6 es valorable en términos absolutos, pero su aporte es menor si se compara con la gran distancia viajada.

Es interesante observar que en el rango de los 70 minutos, la línea 6 tiene un impacto en viajes a sectores que se ubican en direcciones que, intuitivamente, no parecieran requerir de la línea nueva para acceder a ellos, como son el sector sur de San Bernardo y Quilicura. Claramente, esta línea tiene utilidad para salir rápidamente de Cerrillos y poder luego cambiar de dirección para tomar otras líneas que llevan a estos sectores, los cuales no tienen una conexión más directa con Cerrillos.

A modo de resumen, en la Tabla 1 se muestran, para cada isócrona, algunos de los sectores que se pueden alcanzar en cada escenario.

Tabla 1. Oportunidades alcanzables para cada isócrona desde el Portal Bicentenario

Isocrona	Sin Línea 6			Con Línea 6		
	Dist.	Oportunidades	Dist.	Oportunidades	Sector Cercano	
10 min.	500 m.	Sector Cercano	500 m.			
20 min.		Sector de Lo Valledor	5 km.	+ Sectores de Club Hípico y Franklin		
30 min.	3.5 km.	Club Hípico, Pajaritos, Estación Central	9.5 km.	+ San Miguel, Ñuñoa, Barrio República		
40 min.	5 km.	San Miguel, Ñuñoa, Quinta Normal	12 km.	+ Centro de Santiago, Macul, Plaza Vespucio, Recoleta, Tobalaba		
50 min.	12 km.	Centro de Santiago, Macul, La Granja, Recoleta, Tobalaba	15 km.	+ Escuela Militar, La Reina, Peñalolén, Ciudad Empresarial, El Bosque		
70 min.	18 km.	Plaza Puente Alto, La Reina, Peñalolén, Los Dominicos, El Cortijo,	20 km.	+ San Carlos de Apoquindo, La Dehesa poniente, La Reina Alta, Barrios de Puente Alto, San Bernardo sur, Quilicura		

5.2 Accesibilidad inversa desde centralidades

En cuanto al potencial inmobiliario del Portal Bicentenario, la primera observación que se debe hacer es que no tiene relación directa con esta herramienta de medición, sino más bien con el efecto que tiene el Metro sobre los lugares que conecta. Su efecto de red hace que inmediatamente un sector se perciba como integrado a la ciudad, ya que desde cualquier estación es posible acceder sin salir del sistema.

De acuerdo a lo explicado en la aplicación al caso de estudio, la obtención de isócronas desde un punto de interés (Providencia con Pedro de Valdivia en este caso), permite establecer comparaciones entre la localización del Portal Bicentenario y otras localizaciones de similar accesibilidad.

Cuando se visualizan las isócronas cuando no hay línea 6, el Portal Bicentenario cae dentro de la isócrana de 45 minutos desde Providencia, sin embargo, cuando se aplican las isócronas con línea 6, el Portal Bicentenario queda inscrito en la isócrana de los 35 minutos. En la Figura 3, se observan los sectores “comparables” con el proyecto, cuando no hay línea 6 (izquierda), y cuando sí existe (derecha).

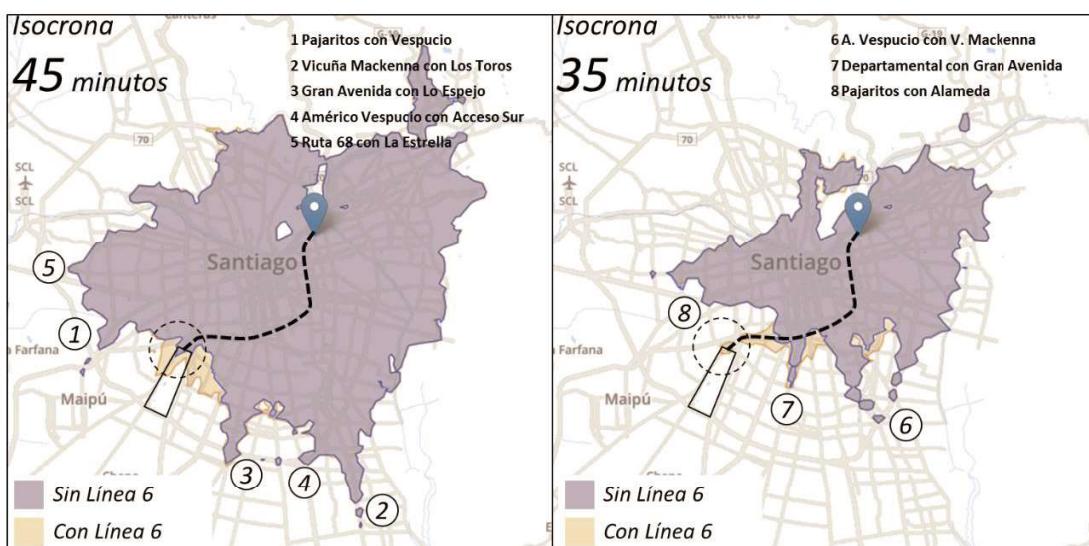


Figura 3. Accesibilidad inversa desde Providencia.

A la izquierda, se observa la isócrana sin línea 6 que permite alcanzar el Portal Bicentenario. A la derecha, se observa la isócrana con línea 6 que permite alcanzar el Portal Bicentenario. Para ambos casos se muestran algunos sectores que comparten la misma isócrana que el proyecto estudiado.

En el primer caso (sin línea 6, Figura 3 a la izquierda), se puede ver que el comprador de una vivienda en el Portal Bicentenario sería indiferente (si sólo evaluara su decisión de localización en términos de accesibilidad en transporte público hacia Providencia) entre elegir una vivienda en ese proyecto o en un proyecto inmobiliario en alguno de los sectores que están en el borde de la isócrana. Como ejemplo, se marcan cinco sectores (todos en el sector Sur o Sur Poniente, para una mejor comparación). Estos sectores tienen un claro perfil suburbano, de tipo residencial, en los cuales el desarrollo es en extensión, con niveles de equipamiento menores a sectores más céntricos.

En cambio, en el segundo caso (con línea 6, Figura 3 a la derecha), las viviendas a desarrollar en el Portal Bicentenario se pueden comparar con sectores como los tres que se exemplifican, los cuales tienen un perfil más consolidado, pertenecientes al anillo pericentral de la ciudad. Por ejemplo, con la construcción de la línea 6, el sector del Portal Bicentenario tendría similar accesibilidad al que tiene actualmente la intersección de Américo Vespucio con Vicuña Mackenna (paradero 14, Plaza Vespucio), la cual tiene un amplio desarrollo comercial y recientemente de

oficinas. Los otros ejemplos de Gran Avenida y Pajaritos también tienen un uso de suelo tendiente al comercio, de mayor intensidad (con la presencia de edificios de departamentos).

5.3 Diseño de talleres

La experiencia práctica constó de dos talleres. El primero de ellos se organizó pensando reclutar tomadores de decisiones de alto nivel en el área de transporte, movilidad y desarrollo urbano. El segundo de ellos se organizó con el objetivo de reclutar stakeholders y miembros de grupos ciudadanos interesados en temas de movilidad, transporte justo, uso de la bicicleta y transporte público. En total, entre ambos talleres, se logró reunir a 15 personas de diversa índole, los que tuvieron la oportunidad de conocer la plataforma y dar retroalimentación para su mejora.

Además de los participantes, los talleres requirieron de tres facilitadores. El papel de estas personas era promover la participación de los asistentes y ayudar en el proceso de clarificación y explicación de dudas teóricas y prácticas de la plataforma. Por otro lado, se requirió de 4 personas del equipo organizador: una de ellas encargada de dar la bienvenida a los participantes y entregar el material necesario, otra persona a cargo de los aspectos técnicos del taller, otra de los espacios y tiempos del taller y un coordinador.

Los talleres tuvieron una duración de 2 horas y constaban de 4 partes principales. La primera de ellas era una presentación del taller y de la plataforma en sí, la segunda una breve encuesta antes del taller (Figura 4), luego la parte práctica donde los participantes interactuaban con una situación base (proyectos actuales de Santiago) y una situación con proyectos (Líneas 3 y 6 de Metro, Nos Alameda e ideas de proyecto de Tranvía Las Condes, Teleférico Bicentenario y Línea 7). Por último, se realizaba una breve encuesta luego del taller, donde también se recibían comentarios y reflexiones finales de parte de los participantes.



Figura 4. Comienzo del taller. A la izquierda, breve presentación del coordinador y gestionador del taller sobre el funcionamiento general de la plataforma y el concepto de accesibilidad. A la derecha, encuesta inicial que se realiza a los participantes para conocer sus percepciones previo al taller y uso de la plataforma (Fuente: Elaboración propia)

Respecto de los elementos físicos necesarios, los talleres se realizaron en una sala de tamaño medio de modo de promover un ambiente de confianza pero cómodo a la vez para la interacción con la plataforma. CoAXs se proyectó en una pantalla de 75 pulgadas con soporte que permite la

interacción de los participantes al tener un panel con tecnología touch. La interfaz que observaron los participantes durante la instancia se puede ver en la Figura 5.

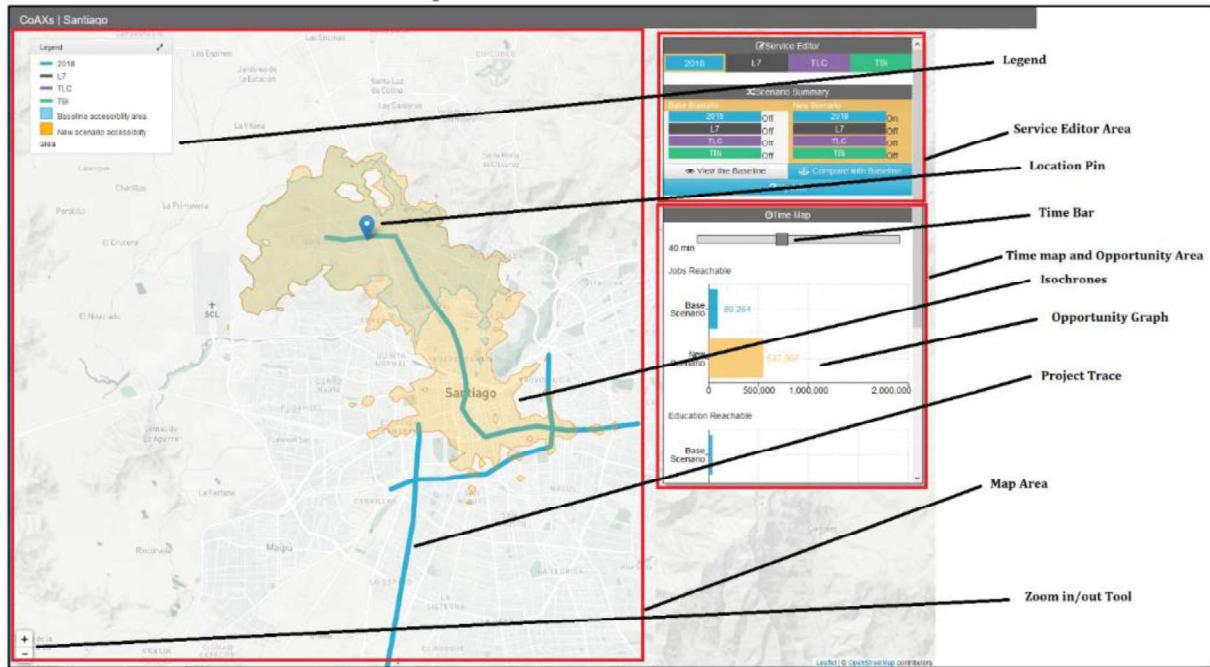


Figura 5. Visualización de CoAXs para los participantes de los talleres. Se puede observar a la izquierda la leyenda de los distintos proyectos, las isócronas de accesibilidad para situación con y sin proyecto, el punto de origen y la infraestructura de transporte. A la derecha, se observa un área para determinar los proyectos que se analizarán, la barra de tiempo de viaje y las oportunidades que se alcanzan en ese tiempo (Fuente: Navas, 2017).

5.4 Principales resultados de los talleres

Durante el desarrollo de los talleres, se pudo observar una mayor interacción del grupo de stakeholders (aproximadamente una interacción más por minuto, que implica mover pin que representa el punto de origen, tocar pantalla, señalar elementos de la barra de herramientas, mover barra del tiempo de viaje, hacer zoom, entre otros). Esto resulta clave al momento de generar un involucramiento real del participante, como puede observarse en la Figura 6.

Los resultados pre y post taller muestran un efecto importante de aprendizaje de los participantes sobre los proyectos a través del uso de la herramienta, valorando cómo esta plataforma permite observar impactos en diferentes grupos y a diferentes escalas. En ese sentido, CoAXs parecerá ser capaz de dar una imagen global de la ciudad a escala metropolitana y a usuarios de transporte público, logrando un efecto de empatía respecto de personas que viven en otros lugares de la ciudad (Navas, 2017).

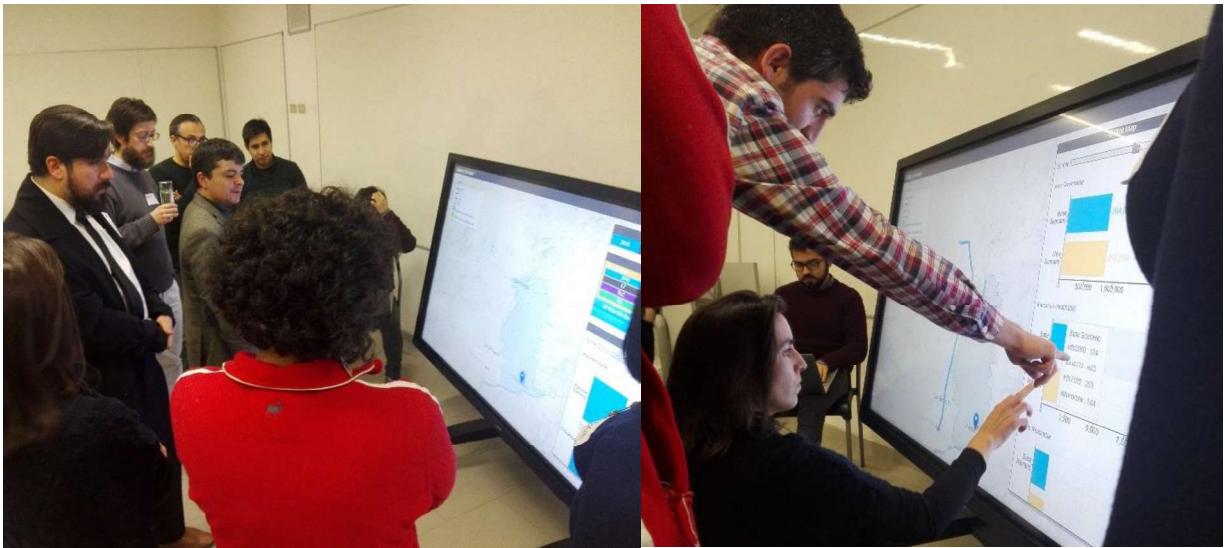


Figura 6. Etapa de desarrollo del taller. A la izquierda, los participantes conocen cómo utilizar la plataforma y realizan preguntas sobre su funcionamiento, cuestionando sus resultados e interfaz. A la derecha, los participantes hacen uso de la plataforma en el caso base y con proyectos de modo de ver la potencialidad de la herramienta y comprender impactos de los proyectos estudiados (Fuente: Elaboración propia).

La mayoría de los participantes estuvieron en desacuerdo con la idea de que CoAXs haya sido incómodo de utilizar o de la necesidad de capacitación técnica para ser parte del taller (más de 78% en ambos talleres). En esta misma línea, en términos de usabilidad, los participantes coincidieron en que las funcionalidades de CoAXs permiten una buena integración, donde algunos comentarios mencionan que las isócronas hacen mayor sentido que el análisis punto a punto (Navas, 2017).

En términos de la información desplegada, los participantes valoraron que existieran oportunidades de trabajo, salud y educación, ya que las consideran de las más relevantes dentro de la ciudad. Por otro lado, el ambiente generado por la herramienta es otro elemento a destacar, ya que los participantes valoraron que se promoviera la discusión abierta, la colaboración entre participantes y la creación de confianza, dando señales de elementos clave para la co-creación en la planificación de transporte.

Para terminar, surgieron diversas recomendaciones a partir de la experiencia práctica. Las sugerencias más relevantes tenían relación con la posibilidad de realizar cambios de rutas, adicionar los costos de proyectos, generar alternativas de proyecto, incorporar el nivel de servicio a los archivos GTFS, permitir analizar en distintos períodos del día para tomar en cuenta la congestión, adicionar atributos como la densidad de población e hitos dentro de la ciudad y por último, generar múltiples orígenes para el cálculo de accesibilidad con el objetivo de realizar un análisis regional donde el punto de partida fuese un polígono en lugar de un punto (Navas, 2017).

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Hoy en día, la disponibilidad de fuentes de información exhaustivas, tanto de localización de servicios, perfiles socio-económicos como planes operacionales y niveles de servicio de transporte público es mayor a la que existía décadas atrás. Además, la tecnología actual permite una constante

actualización y una fácil entrega de estos datos. Estas dos características generan un escenario propicio para la elaboración de nuevas herramientas que mejoren la forma en la que se planifican y evalúan los proyectos asociados a transporte y ciudad, sobre todo si se considera que la co-creación en el proceso de planificación es algo que aún está en deuda en el contexto chileno.

El caso de estudio presentado permitió observar que la herramienta CoAXs es capaz de arrojar resultados intuitivos, con una visualización rápida, para el análisis de un caso específico. La interpretación de las isócronas tiene aplicaciones en el análisis del atractivo de proyectos urbanos en base al impacto de proyectos de transporte en términos de accesibilidad y la estructura actual de la plataforma permite obtener los resultados mostrados en este trabajo de manera rápida e intuitiva.

Sin embargo, se deberán implementar nuevas funcionalidades desde cero para los próximos pasos, lo cual requiere un trabajo mayor al ya realizado a la fecha. Además, si se tiene en consideración escalar la plataforma para una posterior masificación, será necesario un desarrollo adicional que permita la fluidez actual de la herramienta a todos los usuarios. Para esto, será necesaria la migración tecnológica de la plataforma a servidores propios, para así tener una plataforma completamente autónoma, dado que esta versión aún depende del módulo back-end alojado en el servidor original del proyecto, ubicado en MIT.

En esta línea, el proyecto tiene dos versiones planificadas. La primera de ellas tiene por objetivo incorporar el nivel de servicio realmente ofrecido en una semana de análisis para el cálculo de los indicadores de accesibilidad. Para ello, será necesaria la construcción de planes operacionales corregidos por el desempeño real, el cual estará definido por los instantes reales de pasada de cada bus y tren en el sistema. Con esto, también será posible comparar visualmente la accesibilidad planificada a ofrecer, que corresponde al resultado actual de CoAXs utilizando GTFS, y la accesibilidad que realmente se entrega a los ciudadanos.

La segunda versión y final que está planificada corresponde a mejorar el cálculo de accesibilidad inversa. Actualmente esta modalidad no es capaz de visualizar rápidamente todos los orígenes desde los que es accesible un destino o conjunto de destinos específicos. El objetivo de esto es poder observar sectores de la ciudad que tienen baja accesibilidad a un conjunto de servicios de salud o educación, por ejemplo. Para ello, se calcularía esta accesibilidad inversa para un proyecto nuevo o bien, por ejemplo, para todos los establecimientos de salud o educación de la ciudad.

Sin embargo, la visión que se tiene de esta herramienta no está acotada a la versión final planificada en el proyecto. Para generar una herramienta que no solo colabore en la toma de decisiones, sino que tenga un rol aún más importante, es necesario que se permita una interacción más profunda con el usuario. Al analizar los resultados de la aplicación de los talleres, esta investigación sostiene que el uso de CoAXs en entornos públicos es capaz de promover la comprensión del impacto del proyecto y el aprendizaje de proyectos entre los participantes, lo que podría mejorar el proceso de participación en la planificación del transporte. Adicionalmente, la versión de CoAXs Santiago parece representar mejor los impactos de proyecto a gran escala (metropolitana), lo que proporciona una señal inicial de hacia dónde se debiera orientar el desarrollo de CoAXs.

Además de las sugerencias obtenidas de los participantes de los talleres, actualmente la herramienta solo permite trabajar con escenarios prediseñados y no es posible generar nuevos escenarios directamente. Por lo mismo, se podría en la misma plataforma extender una línea actual de Metro,

construir una nueva línea, simular la implementación de un corredor segregado en algún sector de la ciudad, generar nuevos recintos de salud, comerciales, entre otros. Es de esperar que los resultados que se obtengan en cada etapa de este proceso permitan generar esta plataforma integral, para así facilitar la toma de decisiones en temas de ciudad, servicios públicos y movilidad.

8. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por el Centro de Desarrollo Urbano Sustantable, CEDEUS (Conicyt/Fondap 15110020), el centro de excelencia Bus Rapid Transit financiado por Volvo Research and Educational Foundations (VREF) y el proyecto de colaboración conjunta MISTI MIT-Chile - Pontificia Universidad Católica de Chile Seed Fund.

9. REFERENCIAS

- Asahi, K. (2014). The impact of better School accessibility on student outcomes. SERC Discussion Papers, SERCDP0156. The London School of Economics and Political Science, SERC, London, UK.
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., & Weston, L. (2000). Urban accessibility index: literature review. *Center of Transportation Research*, University of Texas at Austin, Springfield.
- Brömmelstroet, M. T., & Schrijnen, P. M. (2010). From planning support systems to mediated planning support: a structured dialogue to overcome the implementation gap. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(1), 3-20.
- Cascetta, E., & Pagliara, F. (2013). Public engagement for planning and designing transportation systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 87, 103-116.
- Crozet, Y., Mercier, A., & Ovtracht, N. (2012). Accessibility: a key indicator to assess the past and future of urban mobility. *Accessibility analysis and transport planning: Challenges for Europe and North America*, 263.
- Curtis, C., & Scheurer, J. (2010). Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in Planning*, 74(2), 53-106.
- Dovey, K., Woodcock, I., & Pike, L. (2017). Isochrone Mapping of Urban Transport: Car-dependency, Mode-choice and Design Research. *Planning Practice & Research*, 1-15.
- DTPM (2017). Programa de Operación Primer Semestre 2017. Descargado desde <https://www.dtpm.cl/index.php/plan-operacional-historico2/24-programas-de-operacion/842-programa-de-operacion-primer-semestre-2017>
- Duncan, D. T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S. J., & Gortmaker, S. L. (2011). Validation of Walk Score® for estimating neighborhood walkability: an analysis of four US metropolitan areas. *International journal of environmental research and public health*, 8(11), 4160-4179.
- Dunn, C. E. (2007). Participatory GIS—a people's GIS?. *Progress in human geography*, 31(5), 616-637.
- Elwood, S. (2011). Participatory approaches in GIS and society research: Foundations, practices, and future directions. *The SAGE handbook of GIS and society research*, 381-399.
- Gebauer, H., Johnson, M., & Enquist, B. (2010). Value Co-Creation as a determinant of success in public transport services: A study of the Swiss federal railway operator (SBB). *Managing Service Quality*, 20(6), 511-530
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2), 127-140.

- Griffin, E., & Ford, L. (1980). A model of Latin American city structure. *Geographical review*, 397-422.
- Hansen, W. G. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73-76.
- Innes, J. E., & Booher, D. E. (2004). Reframing public participation: strategies for the 21st century. *Planning Theory & Practice*, 5(4), 419–436. <https://doi.org/10.1080/1464935042000293170>
- Lucas, K. (2006). Providing transport for social inclusion within a framework for environmental justice in the UK. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(10), 801-809.
- Martens, K. (2016). Transport justice: Designing fair transportation systems. Routledge.
- Moniruzzaman, M., Chudyk, A., Paez, A., Winters, M., Sims-Gould, J., & McKay, H. (2015). Travel behavior of low income older adults and implementation of an accessibility calculator. *Journal of transport & health*, 2(2), 257-268.
- Navas, C. (2017). Testing collaborative accessibility-based engagement tools: Santiago de Chile Case. Master of Science Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- OECD (2014). OECD Income Distribution Database (IDD): Gini, poverty, income, Methods and Concepts. Retrieved, available at <http://www.oecd.org/social/income-distribution-database.htm>
- O'Sullivan, D., Morrison, A., & Shearer, J. (2000). Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: an isochrone approach. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(1), 85-104.
- Páez, A., Moniruzzaman, M., Bourbonnais, P. L., & Morency, C. (2013). Developing a web-based accessibility calculator prototype for the Greater Montreal Area. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 58, 103-115.
- Papa, E., Silva, C., te Brömmelstroet, M., & Hull, A. (2014). Accessibility instruments for planning practice: A review of European experiences. *Journal of Transport and Land Use*, 9(3), 1-20.
- Robinson, G. (2008). Environmental Justice and Transportation Toolkit, Volume 2. Baltimore, Baltimore Region Environmental Justice in Transportation Project. Website: <https://es.scribd.com/document/10102507/Environmental-Justice-Toolkit-Volume-2>
- Rodriguez, J. (2008). Movilidad cotidiana, desigualdad social y segregación residencial en cuatro metrópolis de América Latina. *EURE (Santiago)*, 34(103), 49-71.
- Sabatini, F., Cáceres, G., & Cerda, J. (2001). Segregación residencial en las principales ciudades chilenas: tendencias de las tres últimas décadas y posibles cursos de acción. *Revista EURE*, 27(82).
- SECTRA (2015). Encuesta Origen-Destino de 2012. Coordinación de Planificación y Desarrollo. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile.
- Shirahige, M., & Correa, J. (2015). La desigualdad en el acceso al transporte público en el área metropolitana de Santiago: Análisis mediante la aplicación del modelo PTAL en campamentos y villas de blocks. *Revista del Centro de Investigación Social*, 18, 55-89.
- Stewart, A. F. (2017). Mapping transit accessibility: Possibilities for public participation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Stewart, A. F., & Zegras, P. C. (2016). CoAXs: A Collaborative Accessibility-based Stakeholder Engagement System for communicating transport impacts. *Research in Transportation Economics*, 59, 423–433. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2016.07.016>

- Su, J. G., Winters, M., Nunes, M., & Brauer, M. (2010). Designing a route planner to facilitate and promote cycling in Metro Vancouver, Canada. *Transportation research part A: policy and practice*, 44(7), 495-505.
- Suazo, G. & Muñoz, J.C. (2016). Un nuevo problema de equidad: la expansión del centro de Santiago hacia el Oriente. Recuperado el 20 de diciembre de 2016, disponible en: <http://www.cedeus.cl/blog/un-nuevo-problema-de-equidad-la-expansion-del-centro-de-santiago-hacia-el-orient/>
- Susskind, L., & Elliott, M. (1983). Paternalism, conflict, and coproduction. In Paternalism, Conflict, and Coproduction (pp. 1-31). Springer US.
- Tapia, R. (2011). Vivienda social en Santiago de Chile: Análisis de su comportamiento locacional, período 1980-2002. *Revista INV*, 26(73), 105-131.
- Zegras, P. C., Chin, R., Noyman, A., Rosenblum, J., Stewart, A. F., Tinn, P., Blynn, K. (2016). Interactive community engagement tools for public transport. Boston, Massachusetts.