

Informe final

Red Ciclista Inteligente

Consultor: Tomás Cox O.

Equipo:

Araceli Arrué

Silvana Cuevas

Matías Durán

31 de octubre de 2023

Producto 3

Proyecto: Proyecto Ciclovías Inteligentes y Transporte Sostenible para la RMS.

Mandante: Gobierno Regional RM..

Índice

1. Introducción y Objetivos	3
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivos específicos	3
2. Sobre los factores que influyen en el uso de la bicicleta	4
3. Sobre el uso de Big Data y modo bicicleta	5
4. Casos de Uso Internacional	7
5. Aplicaciones de Movilidad que integran modo bicicleta	12
6. Actores relevantes	18
6.1. Actores institucionales	18
6.2. Academia	20
6.3. Mundo Privado	21
6.4. Sociedad Civil	21
7. Identificación de Datos, Modelos y Plataformas	22
7.1. Eje 1: Seguimiento y evaluación de infraestructura de ciclovías	22
7.1.1 Visor de Ciclovías	22
7.1.2 Mapa Colaborativo de ciclovías	23
7.1.3 Capa ciclovías OCUC	24
7.1.4 Medición de calidad superficie con acelerómetros	24
7.1.5 Medición de calidad de la cobertura de red	24
7.1.6 Información de pavimentaciones SERVIU	25
7.2. Eje 2: Medición de demanda actual y potencial de ciclovías	29
7.2.1 Datos de Telefonía Móvil	29
7.2.2 GPS BikeSantiago/tembici	31
7.2.3 Strava	32
7.2.4 EOD Santiago 2012	33
7.2.5 Conteos Estudios SECTRA e IMIV	33
7.2.6 Ciclo-p	36
7.2.7 Cámaras Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT)	38
7.2.8 Contadores UOCT	39
7.2.9 RUBI	40
7.2.10 Conteo con espiras inductivas	41
7.2.11 Conteo con Cámaras	43
7.2.12 Visor de ciclovías y contadores MINVU	45
7.3. Eje 3: Comportamiento y seguridad	47
7.3.1 Accidentes	47
7.3.2 Encuestas Conflictos entre ciclos y otros modos	48
7.3.3 Mediciones en Intersecciones	48
7.4. Eje 4: Experiencia del ciclista	49
7.4.1 Movilidad como Servicio (MaaS: Mobility as a Service): Ualabee	49

7.4.2 Tecnología en torno a la Internet de las Cosas (Internet of Things, IOT)	50
8. Análisis de las ciclovías existentes y proyectadas	51
8.1 Información contenida en los catastros	51
8.2 Distribución de las ciclovías	52
8.3 Sensibilización respecto a la calidad declarada de las ciclovías.	56
8.4 Indicador de Conectividad de ciclovías	61
9. Mapeo de Procesos para aprobación de Ciclovías en GORE	64
9.1. Decreto 102 MTT	64
9.2. Metodología MIDESO para evaluación social de proyectos de ciclovías.	65
10. Criterios generales para Smart Data	69
11. Diagnóstico de Brechas	71
11.1. Información de infraestructura.	71
11.2. Información de uso actual	72
11.3. Modelamiento de demanda potencial	72
11.4. Aplicaciones de información ciclista.	73
11.5. Institucionalidad	73
12. Hoja de Ruta de Desarrollos tentativos	74
12.1. Módulo de Infraestructura y Demanda Ciclista en CEGIR	74
12.1.1. Datos potenciales de integrar	74
12.1.2 Aspectos tecnológicos y de infraestructura de datos	75
12.2. Aplicación de información ciudadana	82
12.2.1. Administración y Acciones institucionales	83
12.2.2. Lineamientos de definición de características específicas y diseño	84
12.2.3. Lineamientos técnicos	85
12.3. Input desde Sensorizaciones (cámaras)	86
12.4. Biblioteca de Conteos MTT	87
12.5. Integración Información SERVIU (Pavel, Topografías, Visor geo de pavimentaciones)	87
12.6. Validación y Disponibilización de Información de demanda a partir de datos de telefonía	88
12.7. Modelo de demanda ciclista	89
13. Estimación preliminar de Recursos Necesarios	89
14. Estándares de uso de datos (normativa aplicable)	90
15. Bibliografía	91
16. Anexos	94
16.1. Anexo 1: Cuadro Resumen de Datos, Modelos y Plataformas	94
16.2. Anexo 2: Detalle de Actividades por Objetivo	94

1. Introducción y Objetivos

El presente informe se enmarca dentro de la iniciativa llamada “Cooperación Sur-Sur y Triangular entre Ciudades Marítimas Continentales de la Ruta de la Seda para el Desarrollo Sostenible” (en resumen, “Proyecto de Ciudades”), Oficina de las Naciones Unidas para la Cooperación Sur-Sur (UNOSSC) – financiada por el Gobierno de China a través del China International Center for Economic and Technical Exchanges (CICETE)–, que tiene por objetivo facilitar la Cooperación Sur-Sur y Triangular a nivel de ciudades, aprovechando la experiencia temática de las agencias especializadas de la ONU y las oportunidades estratégicas asociadas. A partir de lo anterior, la UNOSSC entregó recursos a la oficina del PNUD en Chile para apoyar al Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (en adelante GORE RM), con el principal objetivo de generar vínculos e intercambiar conocimientos y buenas prácticas con la ciudad de Hangzhou en China, contribuyendo así a los objetivos del Proyecto de Ciudades de fomentar alianzas de Cooperación Sur-Sur a nivel de ciudades.

Dentro de esta iniciativa, la presente propuesta aborda el producto 3 (de 4 productos), que está orientado a desarrollar un diseño de una estrategia de análisis de datos y Big Data para apoyar, al GORE RM, en la transformación de la actual red de ciclovías en una Red Ciclista Inteligente. Para ello, se ha considerado necesario contar con apoyo profesional para proveer asistencia técnica especializada de mediciones y análisis de flujos en las ciclovías.

1.1. Objetivo General

El objetivo principal es desarrollar una hoja de ruta para la implementación de una estrategia de uso de datos y analítica para la gestión y planificación del Plan Maestro de Ciclovías en el gran Santiago. Además, la presente consultoría busca apoyar al GORE RMS en la transformación de la actual red de ciclovías en una Red de ciclovías Inteligente. Se espera que se presente una propuesta técnico-metodológica que establezca las principales líneas de acción para poder diseñar e implementar una estrategia de Big Data del Plan Maestro de ciclovías del gran Santiago (GORE, 2022) que permita entender la movilidad como un servicio (o MAAS, por sus siglas en inglés) y establecer acciones clave para coordinar a los diferentes actores involucrados en su materialización.

1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Desarrollar un levantamiento inicial de información, tanto en el estado de la discusión sobre esta temática, de casos de éxito (y fracaso), datos existentes, y mapeo de actores relevantes.
2. Identificar características de los datos existentes, análisis de la red de ciclovías, capacidades y uso de datos de los actores relevantes, modelos de análisis y uso de los datos, y plataformas de disponibilización de los datos.
3. Desarrollar una síntesis en base a un análisis FODA de la situación existente, una propuesta general, de modelos y tecnologías asociadas, y su relación con elementos institucionales, y finalmente una hoja de ruta que responda a estos elementos.

El detalle de las actividades que corresponden a cada uno de estos objetivos se detalla en los anexos.

Para esto se plantea la primera pregunta: ¿qué factores atraen a las personas al uso de la bicicleta? Una vez identificados estos factores (ya explorados en la literatura) se responde a: ¿qué tipo de tecnologías, datos y modelos analíticos ayudan a fidelizar a las personas en el uso de la bicicleta como medio de transporte?

Considerando lo anterior se presenta, en primer lugar, una discusión teórica sobre los factores que inciden en el uso de bicicleta; y luego, sobre el uso de big data en el apoyo de este modo de transporte. Posteriormente, en la sección 4, se presentan algunos casos de uso internacionales. En la sección 5 se presentan algunos de los actores relevantes que han sido contactados para este estudio; en la sección 6 se presenta una descripción de las principales fuentes de datos, modelos analíticos y plataformas en torno a este tema, divididos en cuatro ejes principales (en los anexos se presenta un cuadro sistematizado con estas fuentes y sus características). La sección 7 contiene un análisis de las ciclovías tanto actuales como proyectadas, mientras que la sección 8 aborda los procesos llevados a cabo para la aprobación de ejes de ciclovías por parte del GORE RM. La sección 9 contempla un diagnóstico de brechas y finalmente, la sección 10, los criterios tecnológicos asociados a herramientas de big data en el diseño y puesta en marcha de Ciclovías Inteligentes para Santiago.

2. Sobre los factores que influyen en el uso de la bicicleta

En esta sección se presenta la discusión teórica sobre los factores que atraen y repelen a las personas en el uso de ciclovías y bicicletas, en función de referentes bibliográficos.

Uno de los principales referentes en este aspecto es el artículo de Wardman et al. (2007), en el cual, a través de encuestas de preferencias reveladas, se identificaron diversos factores que aumentan la propensión de usar la bicicleta como medio de transporte para ir al trabajo. Estos corresponden a: la disponibilidad de instalaciones para bicicletas en la ruta y en el destino del viaje; medidas financieras para fomentar el ciclismo; variables socioeconómicas y demográficas; tiempos y costos asociados con cada modo de transporte; evaluaciones del viaje real al trabajo en bicicleta en términos de pendiente; tendencias temporales; disponibilidad de un automóvil de la empresa y su uso durante el trabajo; así como las actitudes de los encuestados hacia la imagen, la presión social, la conciencia de los conductores de automóviles y la percepción de la atractividad del ciclismo. De lo anterior se desprende que, los factores que influyen en el uso de la bicicleta -y por ende las ciclovías-, trascienden a la infraestructura disponible para esta, ya que también influyen factores demográficos, socioeconómicos y percepciones, entre otros.

El estudio de Winters et al (2010), a través de encuestas a ciclistas en Vancouver, le da mucha importancia a la infraestructura, indicando que los principales motivadores son las rutas alejadas del ruido y la contaminación del tráfico; rutas con paisajes atractivos; y rutas separadas del tráfico. Los principales disuasivos fueron: hielo y nieve; calles con mucho tráfico; calles con vidrios/escombros; calles con tráfico de alta velocidad; y el riesgo de los automovilistas. Los factores relacionados con el entorno construido para el ciclismo (separación de vehículos motorizados, facilidad de ciclismo y condiciones de ruta agradable) fueron los motivadores más fuertemente percibidos y, por lo tanto, los más propensos a tener un mayor impacto en la partición modal.

Barberan et al. (2017) identifica, a través de un modelo de variables latentes para Vitoria-Gasteiz, ciertas características personales que influyen a la hora de optar por la bicicleta como medio de transporte. Estas tienen relación con personas que estudian y trabajan a la vez, que realizan viajes más bien cortos, y no tendría mucha relación con el género. De acuerdo a este autor, las percepciones del ciclismo como algo eficiente, agradable y adecuado para el estilo de vida de cada persona, son factores que también influyen dentro de la decisión.

El estudio de Akar & Clifton (2009) se centra en participantes que viven cerca de un campus universitario. El estudio concluye que muchos viajes al campus para trabajar o estudiar se encuentran dentro de un rango adecuado para el ciclismo en términos de distancia, pero las personas conducen sus autos incluso para distancias cortas debido a que, la infraestructura de

transporte, está orientada hacia el automóvil tanto dentro como fuera del campus. Las necesidades de los ciclistas identificadas en el estudio incluye carriles para bicicletas dedicados, senderos y rutas, estacionamiento seguro o cubierto para bicicletas, un espacio conveniente para cambiarse de ropa y ducharse, y un mapa del campus que muestre las rutas para bicicletas

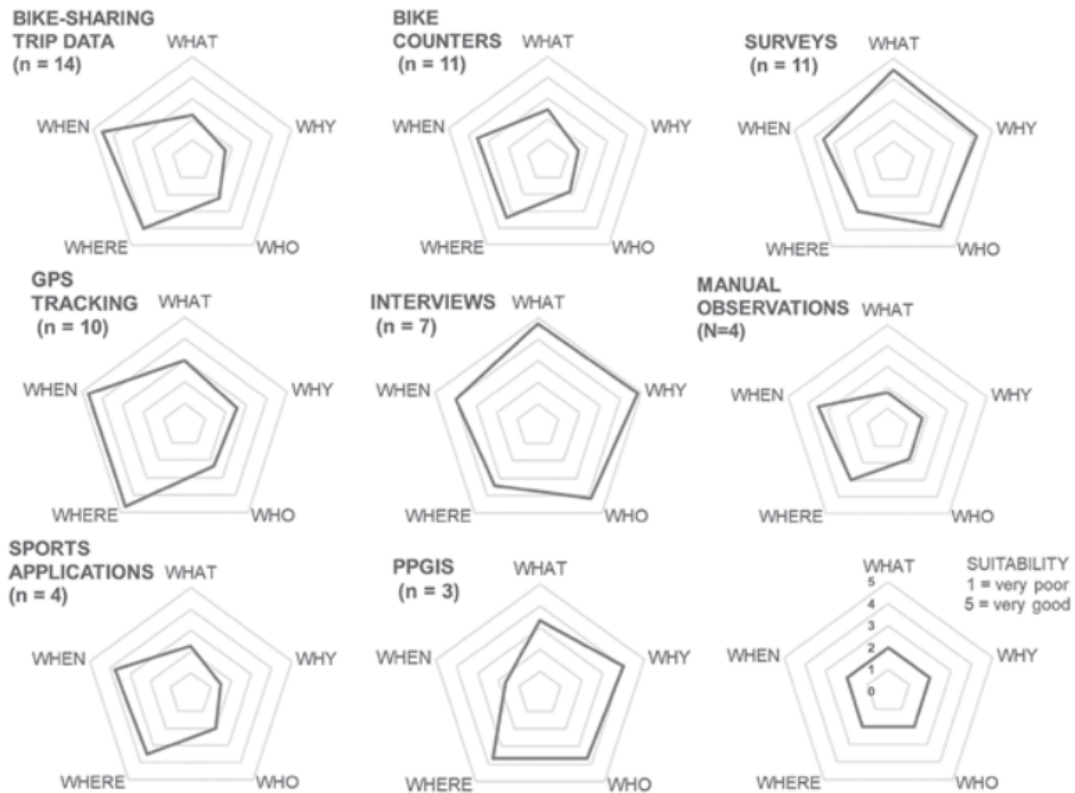
La promoción de la bicicleta como medio de transporte y políticas orientadas a cambiar las percepciones y actitudes hacia el ciclismo pueden ser efectivas para fomentar un mayor uso de la bicicleta en los desplazamientos al trabajo (Barberan et al, 2017), así como carriles exclusivos para bicicletas, senderos y rutas, estacionamiento para bicicletas más seguro o cubierto, y un mapa que muestre las rutas para bicicleta (Akar & Clifton, 2009). La posibilidad de separar físicamente las bicicletas de los vehículos motorizados, minimizar las pendientes, recorrer lugares estéticamente agradables y servir a destinos populares, incluyendo las líneas de transporte rápido también incentivan su uso (Winters et al, 2010).

De esta revisión, podemos concluir que hay principalmente tres tipos de variables que inciden en el uso de la bicicleta. La principal se refiere a la infraestructura dedicada a este medio de transporte (separar físicamente las bicicletas de los vehículos motorizados, generar rutas alejadas del tráfico y estéticamente agradables, prioridad de bicicletas en interacción con vehículos motorizados, y estacionamientos para bicicletas seguros, entre otras). En segundo lugar, las características de las personas (edad, percepción de la bicicleta, estudiantes). Por último, las características de los viajes y su contexto son muy relevantes (distancia corta de viaje, pendientes bajas y condiciones meteorológicas favorables, entre otras variables).

3. Sobre el uso de Big Data y modo bicicleta

De acuerdo al texto *Big Data and cycling* de Romanillos et al. (2016) -el cual hace una revisión de la literatura relacionada al tema del Big Data y el ciclismo-, existen tres tipos de fuentes principales: a) point data: referido a conteos que son más escasos, pero completos y con posibilidad de tiempo real; b) journey data: datos de trayectos, más detallados en sus características, completos pero más difíciles de obtener; y c) GPS data: conteos bien detallados, pero potencialmente muestras menores y con sesgo. No obstante, lo importante es poder combinar estas fuentes de información para tener una visión completa de las actividades de ciclismo urbano.

Recientemente, Willberg et al. (2021), hacen una revisión de las fuentes de datos para estudios sobre ciclismo. Estos autores dividen las fuentes de datos en tres: a) contadores de bicicletas y observaciones manuales; b) Sistemas de Bicicletas Compartidas (BSS), GPS, aplicaciones deportivas; y c) Encuestas, entrevistas y sistemas de información geográfica de participación pública (PPGIS). La primera se refiere a información puntual y activa; la segunda es información pasiva y más completa (pero sesgada a una muestra de participantes); y la tercera es activa y más completa, pero difícil de obtener. Los autores indican que ninguna fuente actual de datos sobre uso de la bicicleta, por sí sola, puede proporcionar un conocimiento completo sobre el ciclismo. Si bien los conjuntos de datos novedosos han ayudado cada vez más a salvar algunas brechas, especialmente en aspectos espacio temporales de la investigación sobre el tema, se sostiene que las fuentes tradicionales de datos siguen siendo indispensables, especialmente para comprender las razones subyacentes y las motivaciones para el ciclismo.



Análisis a partir de expertos sobre la posibilidad de cada fuente de datos de responder diferentes preguntas (extraído de Willberg et al, 2021).

Considerando lo anteriormente expuesto, se puede decir que la mayoría de los autores coinciden en la necesaria complementariedad de las fuentes de datos, ya que cada una tiene ventajas y desventajas, como también costos y posibilidades de implementación o adopción que difieren entre sí.

En relación a los métodos, las encuestas de movilidad se configuran como el método tradicional, pero son muy costosas y por lo mismo tienen el riesgo de ser desactualizadas rápidamente. Por otra parte se identifica que, la masificación y popularidad del uso de smartphones y de aplicaciones como Strava, permite recopilar datos sobre las rutas de las personas; información que luego puede agregarse en conjuntos de datos a nivel de población, para su uso por parte de los planificadores de transporte gubernamentales, ya que puede aportar hacia la identificación de preferencias de rutas y orientar así el desarrollo futuro de la red de ciclovías de una ciudad (Fishman, 2016).

A pesar de su potencial, el uso de Big Data para la planificación de ciclovías todavía está en sus primeras etapas, pero se espera que proporcione información importante para la toma de decisiones basadas en evidencia en cuanto a la infraestructura de ciclovías. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la veracidad de los datos y la falta de información sobre los patrones de viaje de la población presentan desafíos continuos. Se destaca la necesidad de conocer más sobre las características socio-demográficas, actitudes y motivaciones para el comportamiento de viaje, datos que a menudo requieren técnicas de recopilación adicionales. Cuando se utilizan en conjunto, estos datos tienen el potencial de ofrecer valiosas perspectivas tanto para la comunidad de investigación como para los profesionales del transporte (Fishman, 2016).

Otro aspecto relevante en estos aspectos es el uso que se le da a los datos para la toma de decisiones. Un buen caso es el de Olmos et al. (2020) en *A data science framework for planning the*

growth of bicycle infrastructures, en el que usa diversas fuentes de datos para alimentar un modelo de demanda de viajes en bicicleta en Bogotá. A partir de esto, el modelo permite la propuesta de nuevas ciclovías para acoger esta demanda.

En este caso, se presenta una metodología cuyo propósito es ayudar a las ciudades a identificar y priorizar ubicaciones para inversiones en infraestructura para ciclistas. El framework se basa en datos de tecnologías de comunicación y mapas en línea, y ha sido diseñado para ser sistemático, cuantitativo y escalable.

Esta metodología utiliza tres fuentes de datos principales. Primero, los datos de OpenStreetMap proporcionan información detallada sobre la red vial, incluyendo la ubicación y tipo de carreteras, ciclovías y otras infraestructuras para ciclistas. Segundo, se emplean datos de GPS de bicicletas recopilados de manera anónima a través de la aplicación de smartphone Biko, que ofrece información de trayectorias. Y tercero, se utilizan datos de telefonía móvil (para identificar viajes, pero sin información de modo).

Los investigadores luego desarrollan un algoritmo para identificar potenciales viajes en bicicleta. Para esto, filtran los viajes identificados con telefonía móvil por distancia, de tal forma que la distribución de distancias de estos viajes se asemeje a la distribución de distancias que muestran los datos de Biko. Con esto se obtiene un conjunto de viajes, con sus orígenes y destinos, que podrían ser hechos en bicicleta. Luego se aplica una técnica de map-matching en la cual se asimila cada uno de estos viajes a una ciclovía existente y ciclovías potenciales. Esto permite indicar el potencial de demanda de cada ruta propuesta en función de los viajes existentes que podrían ser hechos en bicicleta.

Este enfoque ha sido desarrollado por un equipo de investigadores de la Universidad de California, Berkeley y el Banco Mundial. Está diseñado para ser impulsado por datos y basado en evidencia, utilizando una combinación de estas fuentes de datos para estimar la demanda potencial de infraestructura para ciclistas en diferentes áreas de la ciudad. El objetivo fundamental de esta metodología es mejorar la seguridad en las calles para los ciclistas y fomentar la movilidad sostenible en las ciudades.

4. Casos de Uso Internacional

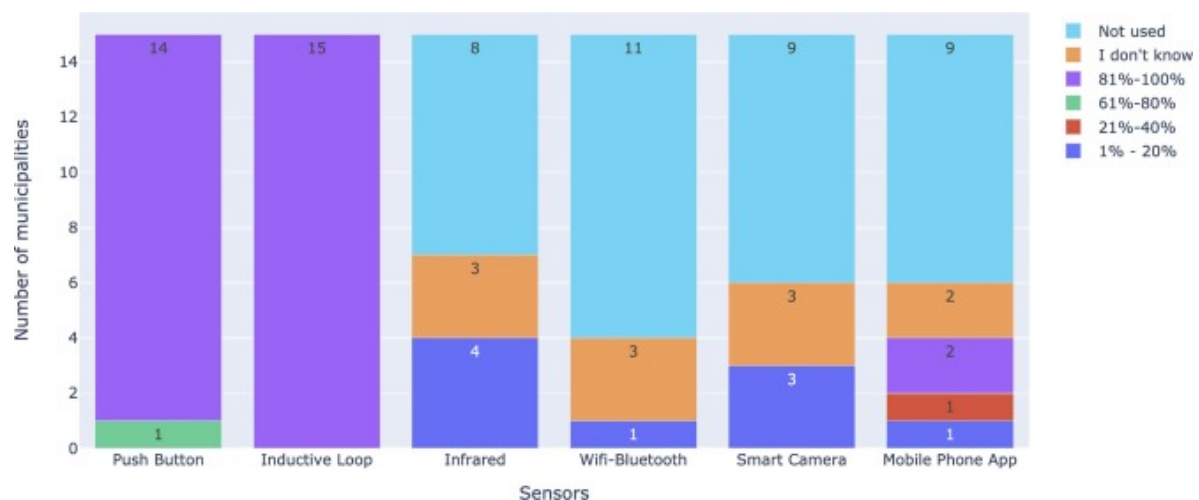
A partir de una revisión en línea, se analizaron algunos casos internacionales en los cuales se empleó el Big Data como herramienta para la planificación y análisis de ciclovías.

En la ciudad de Bogotá, según reporta el blog World Bank (Ochoa & Engelmann, 2020), se utilizaron datos de telefonía móvil con el propósito de comprender los patrones de movilidad y contribuir a la planificación de nueva infraestructura para ciclovías. Para este fin, se emplearon datos de la aplicación Biko para analizar las rutas de los ciclistas e identificar las brechas existentes entre las ciclovías, las cuales tienen un impacto en el potencial de viajes en bicicleta. Además, se observó que esta situación variaba según el contexto socioeconómico de los barrios, siendo notable la falta de ciclovías en áreas de bajos ingresos. Estudios como este demuestran que el uso adecuado del Big Data puede orientar la toma de decisiones, impulsar un desarrollo más efectivo y permitir respuestas rápidas y más eficientes ante desafíos inesperados.

Por otra parte, de acuerdo a lo reportado en el sitio de noticias El País (Moreno, 2018), en Madrid, el proyecto "Huella ciclista Madrid" ha aprovechado el Big Data proveniente de BiciMAD -el servicio de bicicletas públicas eléctricas-, con el propósito de analizar diversos factores que afectan a los usuarios (ciclistas) y así mejorar la infraestructura urbana para el ciclismo. Los resultados obtenidos revelaron que en el centro de Madrid, la bicicleta se posiciona como el medio de transporte más rápido para viajes de hasta 21 minutos, superando a los coches privados, autobuses y el metro.

Además, se constató que las rutas más frecuentadas por los usuarios de BiciMAD coinciden con las vías de mayor tráfico de vehículos motorizados. El equipo tiene la intención de seguir recopilando datos en colaboración con la Empresa Municipal de Transportes para evaluar el impacto de los carriles bici construidos y perfeccionar la planificación urbana en la ciudad.

En Países Bajos, Reggiani et al (2022) recientemente (2020) hicieron una encuesta a diversas municipalidades sobre el uso de sensores en ciclovías, para conocer sobre su real uso. Obtuvieron respuestas de 15 municipalidades, entre ellas Amsterdam, Utrecht y La Haya. Todas las municipalidades indicaron que más del 80% de sus intersecciones señalizadas tienen sensores de tipo loops inductivos (espiras) y botones para generar preferencia. El uso de cámaras es menos frecuente (3 municipios indicaron tener cerca de 20% de intersecciones con cámaras). Sorprendentemente, sólo un municipio indicó que almacena los datos, pero no toma decisiones con éstos, y que en general todos lo usan solo para control de tráfico automatizado.



Extraído de Reggiani et al (2022)

En la ciudad de Amsterdam específicamente, hay ciertos pilotos para obtener información desde otros medios. En colaboración con la empresa MultiSensors¹, se instaló el sistema de telemétros Signum. Gracias a estos dispositivos, el municipio ahora tiene una visión completa durante todo el año, las 24 horas del día y los 7 días de la semana, de la cantidad y velocidad de los ciclistas que atraviesan cada punto específico. Estos datos están disponibles en tiempo real, se presentan de forma agregada y se mantienen anonimizados.

A diferencia de los autos, para los cuales existen datos provenientes de sensores y cámaras que registran el tráfico y permiten hacer predicciones sobre las futuras intensidades de tráfico, obtener información sobre las bicicletas era más difícil debido a la escasez de datos. La información existente se limitaba a eventos como las "semanas de bicicletas", acciones como "Ping if you care" y encuestas de movilidad realizadas cada dos años. Estos datos eran insuficientes para sacar conclusiones debido a su falta de instantaneidad y la imposibilidad de compararlos en diferentes épocas del año.

La información recopilada se utiliza para evaluar la seguridad del tráfico en las ciclovías y para identificar posibles cuellos de botella en estas rutas.

En una entrevista con Maarten van der Lof, Investigador de Tráfico y Espacio Público de la Ciudad de Ámsterdam, para el sitio web MetroCount (2021), se detalla el caso de esta ciudad, en donde el uso de datos relacionados con el ciclismo se ha vuelto esencial para tomar decisiones basadas en

¹ <https://www.multisensors.nl/en/klantcase/gemeente-amsterdam/>

evidencia y mejorar la planificación urbana. La ciudad ha implementado un programa de recopilación de datos exhaustivo, que incluye iniciativas como la "Semana del Ciclismo", que proporciona datos de aplicaciones utilizadas por ciclistas y sus rutas. Estos datos, ideales cuando se combinan conteos automáticos y la información de las aplicaciones, permiten comprender las tendencias en ubicaciones específicas y los recorridos elegidos por las personas.

Gracias a esta información, se han tomado decisiones significativas, como la prohibición de las motocicletas ligeras en las ciclovías para prevenir conflictos y accidentes. Además, se ha llevado a cabo la transformación del "anillo interior" de Ámsterdam en un "boulevard para bicicletas", donde se prioriza el uso de la bicicleta y el transporte público sobre los automóviles. Estos cambios son particularmente relevantes en una ciudad donde el ciclismo desempeña un papel fundamental en los desplazamientos cotidianos. Por lo tanto, contar con datos actualizados sobre el ciclismo es crucial para Ámsterdam, dado que es una ciudad con una alta proporción de viajes en bicicleta. La monitorización constante ayuda a garantizar que la ciudad siga siendo un lugar agradable para andar en bicicleta y permite ajustar políticas y planes de acuerdo a la demanda real de sus ciudadanos.

Otro caso de estudio, se presenta a través de la empresa de Big Data StreetLight Data (s.f.), realizado en la ciudad de Pittsburgh. Aquí, el Departamento de Movilidad e Infraestructura (DOMI) se propuso identificar las ubicaciones donde se producían accidentes de tráfico relacionados con peatones y ciclistas. Aunque el equipo disponía de datos sobre accidentes de vehículos, carecía de información sobre los desplazamientos en bicicleta y a pie. Para abordar esta carencia, recurrieron a las métricas de bicicletas y peatones proporcionadas por StreetLight, una empresa especializada en Big Data, que recopila información de diversas fuentes como GPS, telecomunicaciones, censos, entre otros.

Para llevar a cabo este análisis, utilizaron StreetLight para obtener datos sobre el origen y el destino de los desplazamientos en bicicleta y a pie. Los resultados incluyeron análisis de origen y destino con valores indexados para el número de desplazamientos y la distancia promedio recorrida en todos los vecindarios especificados. El principal objetivo era poder corregir los indicadores de accidentes como un ratio sobre el flujo observado de ciclistas, para no caer en sesgo de identificar intersecciones como de alta accidentabilidad siendo que en realidad esto se debe a que hay un alto flujo de ciclistas. Esto permitió identificar que la mitad de los accidentes mortales y el 51% de los accidentes totales relacionados con peatones ocurrieron en vecindarios con poca actividad peatonal. En cuanto a los desplazamientos en bicicleta, se observó que la mitad de los accidentes mortales y el 36% de los accidentes totales sucedieron en vecindarios con una infraestructura de bicicletas limitada y escasa actividad ciclista.

Adicionalmente, los planificadores identificaron y clasificaron los distritos comerciales con alta actividad de ciclismo, lo que posteriormente ayudó a la ciudad a desplegar de manera eficiente la infraestructura de estacionamiento para bicicletas. Este estudio subraya la importancia de los datos de desplazamientos, ya que éstos respaldan la formulación de políticas efectivas y una asignación adecuada de los recursos limitados destinados a mejorar la seguridad vial.

Finalmente, se destaca a nivel nacional, el proyecto a implementarse en la ciudad de Temuco y Villarrica. Se dio a conocer la iniciativa, a través del sitio web de Temuco Te Mueve (2020) de la plataforma tecnológica Smart City, que actúa como un gran almacén de datos que permitirá que los distintos actores se integren para desarrollar soluciones en conjunto. El estudio para la implementación de la plataforma para Temuco y Villarrica fue desarrollado por la SEREMITT en conjunto con el gobierno regional, permite establecer las bases de este sistema orientado al crecimiento y soluciones que propicien el trabajo en conjunto.

De acuerdo al material existente, este proyecto presenta similitudes con el proyecto CEGIR en Santiago, pero más orientado exclusivamente a aspectos de transporte, siendo anclado en la UOCT de Temuco. De todas formas, hay que indicar que para proyectos como estos, se reporta lineamientos, pero no se observa que se haya concluido en desarrollos concretos. La página actual de Temuco Te Mueve (www.temucotemueve.cl) se presenta como un portal informativo sobre el transporte en la ciudad pero no se indica mayor información sobre uso de sensorización para flujos o estado de las vías.

Las iniciativas consideradas en el área de movilidad incluyen la integración de herramientas como métodos de pago universales, estacionamientos inteligentes que permitan realizar reservas y encontrar estacionamiento antes de llegar al lugar, ciclovías que puedan interactuar con otros modos de transporte, monitoreo de flujos vehiculares, control e identificación de vehículos a través de la lectura automática de placas patentes, gestión de incidentes, alertas de incidencias que intervienen en el normal funcionamiento de los sistemas de transporte público, aplicaciones con información de rutas, horarios, trazados y encuestas que recogen la opinión del usuario, para fomentar el uso del transporte público, generación de nuevos modos compartidos como buses eléctricos, trenes y otros. Además, la plataforma permite que se puedan integrar iniciativas existentes como, las del UOCT y el Centro de Monitoreo y Fiscalización. Sin embargo, a la fecha no se encuentran mayores avances en su implementación.

Además de los casos internacionales vinculados al Big Data y el estudio de ciclovías, se presentan casos de gobernanza de datos en cuatro ciudades latinoamericanas, específicamente en las ciudades de, Buenos Aires, Bogotá, Ciudad de México y Sao Paulo (Cabello, 2023).

En Buenos Aires, es la Secretaría de Innovación y Transformación Digital de la Ciudad de Buenos Aires el ente responsable de las acciones para potenciar el aprovechamiento de los datos, estimular la innovación dentro de la administración pública e impulsar el diseño de políticas públicas basadas en evidencia. Esto bajo el Plan de la Administración Pública del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

A su vez dentro de esta Secretaría, se destaca la Subsecretaría de Políticas Públicas Basadas en Evidencia, la cual es responsable de los datos, controlando los activos de datos de forma centralizada, implementando tecnologías emergentes y análisis para mejorar la toma de decisiones. Esta Subsecretaría organiza los lineamientos para muchas de las actividades que ya se venían realizando desde diferentes agencias de la ciudad para impulsar la gobernanza de los datos y, así, maximizar su aprovechamiento.

Algunos de los proyectos impulsados por esta iniciativa, son “Ciudad 3D”, una plataforma digital interactiva que permite recorrer todo el distrito, brindando información sobre barrios y comunas en tres dimensiones, con el fin de conocer en qué barrios se puede seguir construyendo, edificios, torres, entre otros. Así también, el Mapa del Delito por barrio, y el Mapa de Oportunidades Comerciales que permite calcular la tasa de éxito de un futuro comercio según la función del barrio y la zona de la ciudad.

En la ciudad de Bogotá, en términos de gestión de datos lo más destacable es su fuerte lineamiento con los instrumentos y directrices fijadas a nivel nacional. Como parte de la Política de Gobierno Digital Nacional formulada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación, todas las entidades públicas nacionales y locales deben aplicar el Manual de Gobierno Digital que establece los lineamientos y estándares para la incorporación de las TIC al Estado. En similar dirección, el reciente Plan Nacional de Infraestructura de Datos y su Hoja de Ruta, son parte de una estrategia de gobierno para impulsar la transformación digital del país, buscando promover el

desarrollo de una economía basada en datos. A su vez, el marco nacional de Datos Abiertos Colombia, sirve de guía para las acciones en materia de datos abiertos.

Además, el área de Catastro ha publicado el modelo de madurez de la Infraestructura de Datos Espaciales, instrumento que permite a las entidades públicas evaluar sus avances en esta temática. Finalmente, el Plan Estadístico Distrital (2019-2024) establece lineamientos de calidad, producción y estandarización de los datos con el objetivo de fortalecer la capacidad estadística de Bogotá. Bajo esta línea se crea la Agencia de Analítica de Datos, Ágata, una empresa que impulsa la toma de decisiones basadas en datos mediante la generación de soluciones que permitan transformar la ciudad y mejorar la calidad de vida de las personas. En efecto esta agencia funciona como una empresa pública que provee servicios a la ciudad y que busca su propia sustentabilidad.

En la Ciudad de México, según el portal de datos abiertos, se encuentran disponibles 427 conjuntos de datos provenientes de 32 instituciones, abarcando 19 categorías distintas. Estos datos "pueden ser utilizados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, y solo están sujetos, en su mayoría, al requisito de atribución y de compartirse de la misma manera en que se presentan". Dentro de esta amplia gama de datos se incluye información sobre el uso de sensores remotos instalados para medir las emisiones de vehículos, como parte de la campaña "ProVehículos Limpios" de la Comisión Ambiental de la Megalópolis.

La Ciudad de México ha logrado importantes avances en la institucionalización de un marco para la gobernanza de datos. En primer lugar, se encuentra el Marco para la Gestión de Datos, que está integrado dentro de la Política de Gestión de Datos, proporcionando así una base integral para la administración de datos en la ciudad.

En Sao Paulo, se ha llevado a cabo una colaboración entre la empresa LUCA, el Banco Mundial y la Universidad de Sao Paulo para implementar técnicas de Big Data que permiten la combinación de diversas fuentes de información, tanto públicas como privadas. Esto ha proporcionado a los responsables de la toma de decisiones una comprensión más profunda de las demandas de movilidad urbana en la ciudad.

Además de estos avances en Big Data, la ciudad también se destaca en iniciativas de datos abiertos y gobierno abierto, con el objetivo de acercar a los ciudadanos a las políticas públicas. Dos instrumentos clave para la disponibilidad de datos abiertos por parte del Municipio de São Paulo son el Catálogo Municipal de Bases de Datos (CMBD), donde se pueden encontrar las bases de datos producidas por el Municipio, ya sean de acceso público o no, y el Portal de Datos Abiertos. Este portal, vinculado al Portal de Transparencia, utiliza bases de datos del ayuntamiento en un formato abierto, no propietario y estructurado.

En cuanto a la estructura organizacional, se promueven diversas acciones relacionadas con la gobernanza de los datos. La Secretaría Municipal de Innovación y Tecnología es la entidad encargada de fomentar, desarrollar e implementar métodos para mejorar y modernizar la gestión de la ciudad. Su enfoque incluye el impulso del uso de datos y la utilización de tecnologías como herramienta para mejorar la calidad de los servicios públicos y fomentar la participación ciudadana.

Respecto a la centralización de catastros de ciclovías, hay ciertos ejemplos interesantes que se pueden observar. Por ejemplo, Golbuff et al (2012) relata la institucionalización de la políticas de ciclovías en Inglaterra, dentro de lo cual, en 1995 se lanzó la National Cycle Network, para lo cual se le dio recursos a una institución sin fines de lucro (Sustrans) para mantener esta red en base a iniciativas y voluntarios. Sustrans² se encarga de mantener un catastro actualizado de las ciclovías, además de fomentar su construcción y uso.

² <https://www.sustrans.org.uk/national-cycle-network>

Otro ejemplo interesante es lo que se hizo en Luxemburgo, en donde la red de ciclovías se estableció por ley en 1999, estableciendo 41 ciclovías con una extensión de 1.400 km, de las cuales 600 km aproximadamente ya se han construido³. Esto implica que se debe llevar un registro de las ciclovías, pero de todas formas esto no impide que municipios puedan añadir otras ciclovías.

5. Aplicaciones de Movilidad que integran modo bicicleta

Con el objetivo de comprender las diversas aplicaciones de movilidad, se lleva a cabo un análisis exploratorio enfocado en el concepto de MaaS (Movilidad como Servicio), centrándose especialmente en las aplicaciones que integran el transporte en bicicleta. Se han examinado las diferentes ofertas de aplicaciones disponibles en Chile y en otros lugares. Todas estas aplicaciones permiten la planificación de viajes en bicicleta.

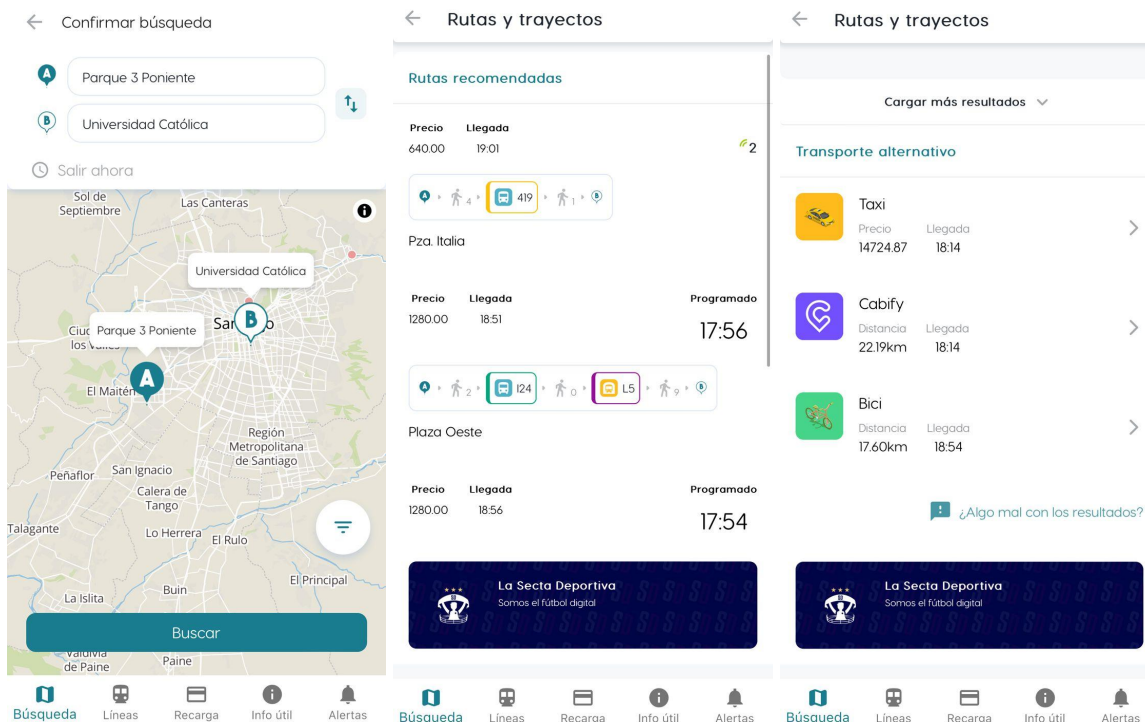
MaaS representa la integración de varios modos de transporte en un solo servicio de movilidad accesible bajo demanda. Los usuarios pueden acceder a la planificación de viajes que involucran diferentes medios de transporte, como automóviles, autobuses, bicicletas y scooters, entre otros. Además, proporciona información sobre las tendencias de desplazamiento en una ciudad, lo que permite una mayor capacidad de adaptación tanto para los operadores de movilidad como para la administración pública.

Según el Boston Consulting Group, MaaS se basa en cuatro niveles de integración que representan un aumento en la sofisticación y en los servicios a medida que se avanza de nivel. En el primer nivel, se ofrece planificación de rutas con diferentes modos de transporte, similar a lo que ofrece Google Maps. En el segundo nivel, además de la planificación, se pueden reservar diversos servicios de movilidad. En el tercer nivel, además de la planificación y reserva, se presentan paquetes de suscripción que ofrecen diferentes precios para incluir todos los servicios de movilidad o ciertos grupos de ellos, como lo hace la aplicación Whim. Finalmente, en el cuarto nivel, además de las características mencionadas anteriormente, se incluyen incentivos, como un sistema de recompensas para fomentar la adopción de la movilidad sostenible.

Ualabee

Para el caso de Santiago, una de las aplicaciones que emerge como una potencial alternativa de MaaS es Ualabee, empresa argentina que llegó a Chile en 2022 y que permite a sus usuarios planificar viajes en transporte público (ya tiene una alianza con DTPM que permite pagar a través de la aplicación). También indica la disponibilidad de bicicletas de tembici en cada una de sus estaciones (la disponibilidad es extraída de la API libre de <https://www.citybik.es>; todavía no han hecho la integración con la empresa tembici para pagos, debido a que esta última tiene como prioridad en este momento la expansión de su oferta por sobre generar integraciones). Todavía tiene que generar la integración con aplicaciones de taxi (Uber, Cabify), y por ahora solo ofrece la posibilidad de ir hacia estas aplicaciones desde Ualabee, pero no de solicitar viajes. En resumen, Ualabee aparece como una aplicación potencial de MaaS para Santiago, pero todavía su integración con múltiples modos de transporte que son ofrecidos por otros privados depende de la voluntad de estas empresas.

³ <https://travaux.public.lu/fr/reseau-cyclable/itineraires-nationaux.html>



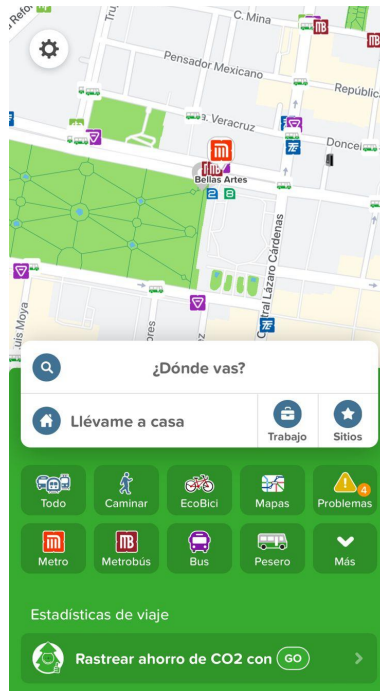
Aplicación Ualabee. 2023.

Citymapper

Esta aplicación (<https://citymapper.com/>) está disponible en la mayoría de las ciudades de Estados Unidos y Europa, así como en algunas ciudades latinoamericanas como Ciudad de México y Sao Paulo. Citymapper proporciona una plataforma integral para planificar diferentes medios de transporte, incluyendo el transporte público, bicicletas, automóviles, caminar, motocicletas y opciones de alquiler como bicicletas y scooters.

La aplicación también está integrada con servicios de pago de transporte como Uber o EcoBici. Sin embargo, para realizar el pago, redirige a las aplicaciones específicas de cada medio de transporte. En esta app además, se pueden visualizar estadísticas relacionadas al rastreo de ahorro de CO₂.

Mediante asociaciones con la aplicación se puede acceder a datos agregados de los usuarios, desde los patrones de demanda hasta el uso de las paradas de autobús, para comprender mejor el comportamiento de los pasajeros y tomar decisiones operativas y de planificación más inteligentes.



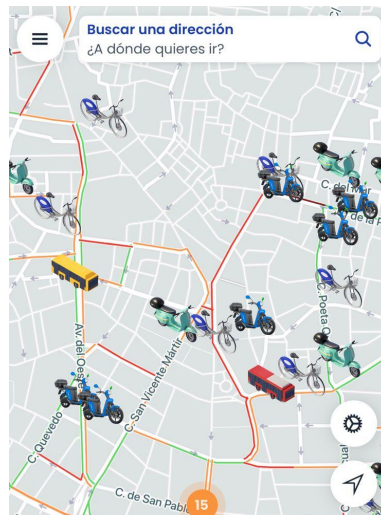
Aplicación Citymapper. 2023.

Miivo

Aplicación MaaS (<https://www.miivomobility.com/>) disponible en Valencia, ofrece una variedad de opciones de transporte integradas, incluyendo metro, autobuses, bicicletas, motocicletas, automóviles de alquiler, y más. Esta aplicación permite a los usuarios planificar rutas, consultar horarios y tarifas para cada medio de transporte. Al seleccionar un medio y realizar el pago, la aplicación redirige al usuario a la aplicación específica de ese servicio.

Esta aplicación se enfoca en promover la movilidad sostenible. Bajo este enfoque, proporciona estadísticas sobre la cantidad de CO₂ reducido por cada viaje. Además, cada vez que se utiliza la aplicación para viajar y se contribuye a la reducción del CO₂, los usuarios acumulan puntos que pueden canjearse por premios o descuentos.

Además de ofrecer esta plataforma para los usuarios, Miivo también proporciona a las ciudades y planificadores urbanos un panel de control interactivo. Este panel permite analizar las tendencias de movilidad en la ciudad. Así también, ofrece un sistema de APIs que permite la integración de cualquier operador de movilidad.



Aplicación Miivo. 2023.

Whim

La aplicación Whim (<https://whimapp.com/>) es una plataforma MaaS en donde los usuarios tienen la capacidad de planificar, gestionar y pagar sus trayectos en transporte público, bicicletas compartidas, taxis y automóviles de alquiler, todo desde la misma aplicación, sin necesidad de abrir diferentes aplicaciones. La plataforma ofrece varios tipos de suscripciones que incluyen todas las modalidades de transporte, así como una opción de pago por uso. Además, se pueden verificar horarios en tiempo real, recibir alertas de servicio y conocer detalles sobre la accesibilidad.

La idea central detrás de Whim es proporcionar una alternativa a la propiedad de vehículos privados, facilitando el acceso a una variedad de opciones de movilidad para los usuarios urbanos. Actualmente, esta aplicación está disponible en Austria (Viena), Bélgica (Amberes), Finlandia (Helsinki, Turku), Japón (Tokio), Suiza (en todo el país) y el Reino Unido (Birmingham).



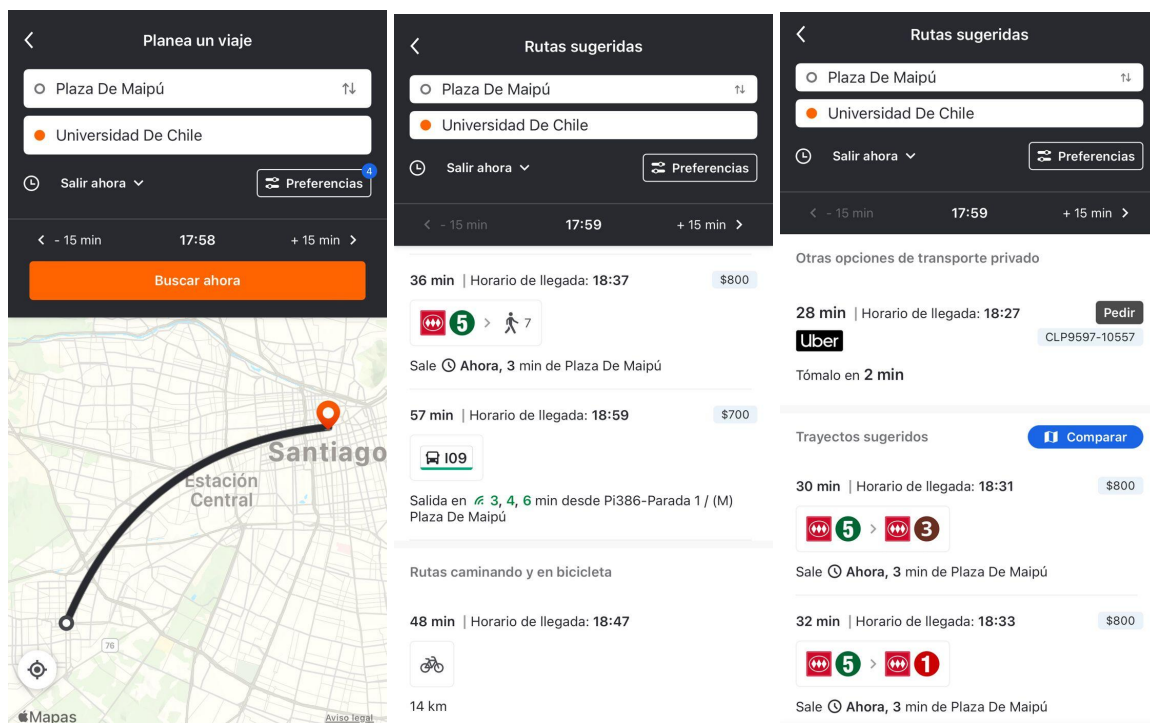
Aplicación Whim

Moovit

Plataforma MaaS (<https://moovit.com/es/maas-solutions-es/>), disponible en Chile, es un planificador de viajes multimodal que ayuda a los usuarios a encontrar la mejor manera de llegar a cualquier destino en la ciudad utilizando una variedad de medios de transporte, tanto públicos como privados, incluyendo opciones de micromovilidad y vehículos compartidos. Esta plataforma proporciona información en tiempo real sobre horarios de llegada, alertas de servicio, detalles sobre accesibilidad y mucho más.

La plataforma está conectada con más de 360 proveedores de micromovilidad en 270 ciudades, ofreciendo opciones que van desde bicicletas y scooters hasta vehículos compartidos y taxis. En la ciudad de Santiago, los usuarios pueden acceder a micros, metro, tren ligero, funicular, bicicletas, scooters eléctricos, autos compartidos y rutas a pie. Además, se encuentra disponible el servicio de Uber para transporte privado. Es importante tener en cuenta que, aunque la aplicación permite acceder a Uber, el pago unificado no está disponible. Por lo tanto, la reserva y el pago de este servicio de transporte deben realizarse a través de la aplicación específica de Uber.

Por otra parte, cuenta con un repositorio de datos de transporte, en donde se combinan fuentes de datos oficiales, inteligencia artificial, aprendizaje automático y nuestra gran comunidad de editores y usuarios locales. Asimismo, los datos de uso de los usuarios de esta aplicación son recopilados de manera anónima, y son agregados a un repositorio de Big Data.



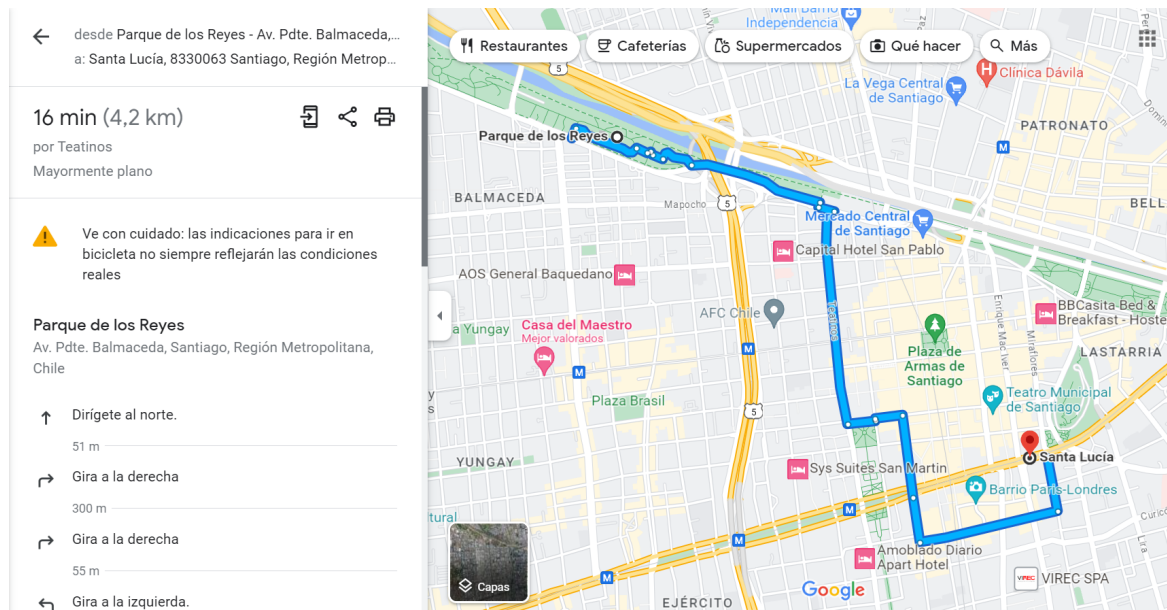
Aplicación Moovit. 2023.

Por otra parte, se tienen aplicaciones que permiten planificar rutas en bicicleta como lo son Google Maps y Komoot.

Google maps

Dentro de la plataforma Google Maps, es posible planificar rutas en bicicleta en tiempo real. Según el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en 2021, esta aplicación utiliza datos proporcionados

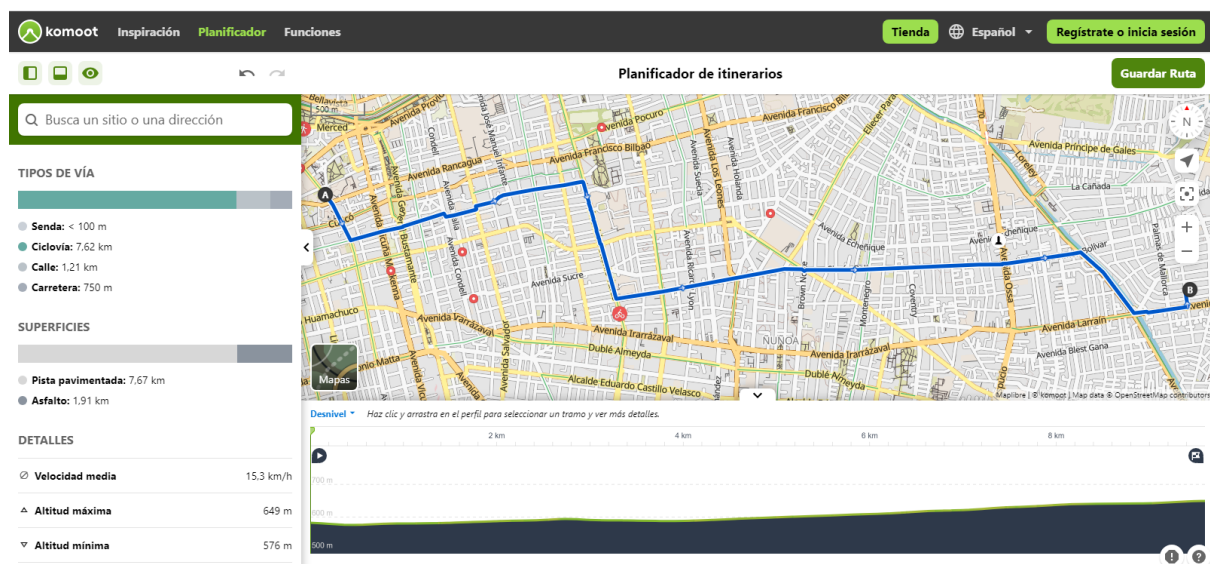
por su Unidad de Ciudades Inteligentes, además de fuentes de datos abiertos y recursos de Google, como Street View. Estos datos son actualizados periódicamente por Sectra.



Google Maps. 2023.

Komoot

Komoot es una aplicación móvil y un sitio web que permite a los usuarios planificar rutas, incluyendo las que se realizan a través de bicicletas. Una de las ventajas claves de esta aplicación es que permite crear rutas que pueden quedar disponibles sin necesidad de conexión a internet. Además, muestra los tramos que atraviesan ciclovías existentes, proporciona perfiles de elevación y estima el tiempo necesario para completar el recorrido.



Komoot

6. Actores relevantes

Si bien el objetivo principal de este producto no se refiere al mapeo de actores y la institucionalidad, de todas formas se considera necesario documentar la información levantada a través de actores relevantes, quienes pueden tanto robustecer el análisis, como entregar una opinión respecto al uso de datos en la construcción de ciclovías.

A modo de encuadre de este apartado y, de acuerdo a Fuenmayor (2017), se puede decir que una política pública sería el conjunto de acciones y decisiones llevadas a cabo por diversos actores: económicos, sociales y políticos, con la finalidad de resolver un problema definido políticamente como público. Para lo anterior y, en relación a la temática abordada en el presente informe, se requiere considerar aspectos técnicos, sociales y económicos que orienten de manera eficaz la construcción de una red ciclista inteligente para Santiago. Debido a esto, se considera a diversos actores del aparato público, del mundo privado y de la sociedad civil, quienes otorgan visiones y conocimientos de diversa índole, para un objetivo común: optimizar e incentivar el uso de movilidad activa en la ciudad. Considerando que toda política pública debe estar anclada en la visión integrada de los actores que componen un territorio determinado, es que esta red se divide en cuatro ítems: institucionalidad, academia, sociedad civil y mundo privado.

A continuación se listan actores que se consideran relevantes que estos consultores han mapeado y establecido contacto con algunos de ellos. Las descripciones se basan en lo levantado por los consultores y pueden tener algunas omisiones dado que se basa en información provista por fuentes informales.

6.1. Actores institucionales

a) Centro de Gestión Integrada Regional (CEGIR) - Gobierno Regional de Santiago. Proyecto (creado por el Consejo Regional Metropolitano CORE, en agosto del 2020, y que se aloja en GORE RMS) que tiene como objetivo ser un centro en el cual se pueda integrar diferentes fuentes de información para la toma de decisiones a nivel regional. Actualmente, el proyecto CEGIR se encuentra en proceso de cierre del diseño y la arquitectura de la plataforma, por lo tanto, se estima que se concretará el primer semestre del 2024. Para lo anterior, se cuenta con cerca de 200 capas de información a nivel metropolitano (estáticas), sin embargo ninguna estaría relacionada con información de bicicletas.

Se está trabajando en el diseño de un conjunto de dashboard para mejorar la experiencia de visualización de la información. En ese sentido, el principal problema detectado es la falta de información dinámica y en mayores volúmenes, para mejorar la gestión pública y procurar la toma de decisiones en tiempo real. Para lo anterior, desde CEGIR se plantea la necesidad de contar con fuentes de información actualizada. Se ha explorado el uso de la data derivada de las empresas de telecomunicaciones (TELCO), pero no se ha podido avanzar mayormente. Debido a esto, se menciona la idea de confeccionar una aplicación de participación ciudadana, donde los usuarios puedan ir compartiendo información en tiempo real, así como contar con las cámaras de seguridad del UOCT (como por ejemplo las del eje Alameda). Sin embargo, esta última alternativa se complejiza, ya que la administración de las cámaras de seguridad depende de un amplio abanico de instituciones. Todavía no habría mayores definiciones sobre infraestructura tecnológica, pero sí que se usaría Amazon Web Service (AWS).

El actor relevante es Sergio Espinoza Muñoz (gerente del proyecto), quien asumió en octubre 2023 en reemplazo de Benjamín Blanco.

b) Área de Movilidad Activa - Ministerio de Transportes (MTT): El principal actor es Tomás Echiburú, siendo uno de sus principales objetivos el impulsar la institucionalidad necesaria para acelerar la construcción de ciclovías a nivel nacional. Una de las tareas para esto es adaptar lo más posible ciertos cuerpos legislativos e instancias (como el Decreto 102 MTT, que indica los pasos a seguir para la construcción de ciclovías, por ejemplo), para evitar duplicaciones y finalmente simplificar los pasos para la aprobación de estos proyectos. El contenido de este Decreto se detalla en la sección 9 de este informe.

c) Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA). Oficina técnica dependiente del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, con foco en la planificación de transporte, proponiendo planes de transporte y metodologías para evaluar los proyectos como también para levantar información. Dentro de esto último una preocupación actual es el desarrollo de la metodología para las Encuestas Origen Destino (EOD). Este instrumento representa algunas complejidades, debido a su gran extensión y a la dimensión de ingresos que aborda, ya que a nivel cultural se trata de una temática de difícil acceso. Por lo tanto, existe la necesidad de aplicar una mayor cantidad de encuestas para el levantamiento de información de carácter descriptiva, que permita caracterizar la ciudad. En ese sentido, la urgencia es la provisión de datos, más que la creación de modelos.

En esa línea, se pretende simplificar la EOD, y hacerla más frecuente, al tiempo que se buscan alternativas más eficientes para su aplicación (como por ejemplo opciones online, al modo de Inglaterra). Además de investigar la partición modal, se propone indagar en temáticas de relevancia para el monitoreo de políticas públicas, tales como la contaminación y la temperatura de la ciudad. Sin embargo, esto implica un alto costo, por lo que se está en conversaciones con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para la creación de nuevos formularios y metodologías; y con el GORE, para temas de financiamiento y coautoría (descentralización).

Un actor relevante: Rodrigo Henríquez, Coordinador de Análisis Territorial.

d) Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT). El objetivo de esta unidad es optimizar la gestión de tránsito en las principales ciudades del país, a través de la administración y la operación de sistemas inteligentes de transporte. En relación a la sensorización de ciclovías, el 2018 comenzó el plan del levantamiento de información de las ciclovías existentes, con el objetivo de observar el flujo. Para lo anterior, se instalaron cuatro estaciones de medición. Sin embargo, no hubo mucho éxito, ya que de las espiras inductivas instaladas, ninguna está operativa actualmente.

El 2018 a través de un proyecto de videoanalítica en alianza con Entel, se contabilizó todo tipo de vehículos, en base a una cámara más 4 cámaras fijas, apuntando en diferentes direcciones. No obstante, este sólo fue un piloto porque, al cotizar la implementación se detectó el alto costo de ésta, por lo tanto, no se logró la integración. Además, el dato entregado no era tan preciso. Por otro lado, se menciona un factor social respecto a los sistemas de cámaras, ya que estas son frecuentemente vandalizadas.

Con respecto a los sistemas de información, el sistema para reprogramar semáforos podría tener una nueva versión (con una nueva versión, STRATOS, del servicio de SIEMENS) lo que permitiría integrar datos de otros proveedores. Al mismo tiempo, con la información entregada por Waze generaron el sistema TRAFFIC para medir tiempos de viaje. Pero aún no está integrado. A través de la UOCT se espera poder contar con información actualizada sobre el flujo de ciclistas, como por ejemplo, conteos más eficientes.

Actor relevante: Mirna Rodríguez, Jefa de sala.

e) Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) - Ministerio de Transportes (MTT). Programa de la Subsecretaría de Transporte que nace en abril de 2019, a fin de potenciar el proceso de modernización de la gestión del tránsito por lo que reúne, bajo una misma coordinación, a la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT), la Unidad de Ciudades Inteligentes (UCI), la Unidad de Big Data y la Unidad de Información a Usuarios. Por otro lado, cabe mencionar que en el 2022 el MTT se adjudicó los fondos para el Desafío Público “Gestión de tránsito basada en datos digitales”, cuyo objetivo es obtener una solución analítica-tecnológica a través del desarrollo de una plataforma que provea indicadores de movilidad monitoreados de forma permanente, mediante el uso de datos masivos anonimizados provenientes de distintos dispositivos tecnológicos que registran huellas digitales de movilidad.

En ese marco y, en relación al análisis de datos, se utilizan fuentes tales como waze (actualmente en producción de información para la toma de decisiones como, por ejemplo, en qué lugares establecer tarificación vial), donde las bicicletas se establecen como un modo más de transporte. Por otro lado, la Unidad de Big Data se encuentra en proceso de transformación digital en pos de la gestión de tránsito, normativa y planificación. Al mismo tiempo, se propone la modernización de la EOD en dos etapas, para lo que se está generando una aplicación. En paralelo a estos desarrollos, se está avanzando en la gestión con datos de telefonía; y en la definición de la “ley uber” y sus implicancias. Finalmente, la UCI se encuentra en convenios con algunas comunas para tener acceso a las cámaras, -lo que facilitaría el trabajo de múltiples maneras-, gestión en la que apoya la UOCT, ya que es esta unidad la que viabiliza los convenios para conseguir la información.

Actor relevante: Viviana Muñoz, coordinadora técnica de Big Data.

f) Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU RM): Es relevante para este proyecto debido a que se encarga de la gestión y ejecución, en algunos casos, de la pavimentación vial en la región, incluyendo ciclovías. Por lo tanto, tiene información sobre los proyectos en curso, sus características y localización. Esto se administra en sistemas como PAVEL, que pueden ser de utilidad para su integración con otras plataformas.

Actor relevante: José Quilahuilque, área de pavimentos.

6.2. Academia

a) Centro de Desarrollo Urbano Sustentable Universidad Católica (CEDEUS). Centro de investigación financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) a través de su programa FONDAP. Es un proyecto de investigación asociativa entre la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción, iniciado el 2013. En su página web se destaca que, su principal objetivo, es entender las dinámicas urbanas, los instrumentos y los procesos de toma de decisión para desarrollar mejoras sostenidas y equitativas en la calidad de vida de las personas, a través del reconocimiento de los límites biofísicos y de las demandas sociales en las ciudades chilenas.

En virtud de la disponibilidad de datos para el desarrollo de ciclovías, se menciona que hay escasez de instrumentos de medición, en específico de contadores. Esta situación dificulta el procesamiento de la información tanto para la investigación académica, como para la toma de decisiones políticas. No obstante, entregan luces sobre algunos modelos que podrían utilizarse para el levantamiento de datos, tales como la plataforma Ciclo-p, creada a través de un FONDEF, con base en la EOD 2012; modelos 4 etapas; y conteo en las calles.

Un aspecto también relevante es la ejecución de encuestas por parte de la academia, sobre el uso de bicicleta y los factores que influyen en esto, lo cual puede ayudar al diseño de políticas públicas.

Actores relevantes de esta institución son Ricardo Hurtubia y Rodrigo Mora.

6.3. Mundo Privado

- a) Tembici. Empresa de bicicletas compartidas (micromovilidad) con operaciones en Brasil, Chile y Argentina. Para su desarrollo, establecen vínculos entre el mundo público, privado y la sociedad civil, además de utilizar tecnología para su implementación y funcionamiento, con un amplio foco en la sostenibilidad ambiental. En relación a las fuentes de información georeferenciada, el equipo dedicado a la ciencia de datos está en Brasil. Desde Santiago, la información que se facilita a las instituciones con las cuáles trabaja Tembici (municipalidades principalmente) se constituye como informes estadísticos donde se recopilan datos acerca de los desplazamientos intra e intercomunales, las frecuencias semanales, los horarios punta y los días de preferencia de los usuarios, entre otras cosas, pero de forma agregada. La empresa tendría actualmente una demanda que es mayor a la oferta de bicicletas actual (cerca de 3.500 bicicletas en 230 estaciones), y estaría en planes de definir crecimiento para dar abasto a esta demanda.

Considerando que para el diseño de rutas de ciclovías se requiere, idealmente, contar con información concreta sobre los desplazamientos en bicicleta, es que esta información fue solicitada al equipo de Ciencia de Datos con operaciones en Brasil. Por lo tanto, actualmente se está a la espera de dicha información. No obstante, el equipo de relaciones gubernamentales disponibiliza, mediante solicitud, los datos que tienen a disposición (informe estadístico mencionado en el párrafo anterior), para todo ente público que requiera de su utilización.

Un actor relevante es Bruno Andaur, encargado de relaciones gubernamentales en Chile.

- b) Ualabee. Plataforma que integra a toda la red de transporte público, como buses y el metro, además de otros medios de movilidad como bicicletas de alquiler y operadores de taxi y Cabify (Lizana, 2023). Cabe destacar que este año, Ualabee firmó un convenio de colaboración con DTPM, con el objetivo de proveer información por medio de tableros y mapa de datos con los reportes de incidentes de tránsito generados por la misma comunidad de usuarios de Ualabee, para así poder mejorar la toma decisiones del ministerio (Blanco, 2023). Es por esta razón que se espera poder contar con información actualizada sobre siniestros viales, a fin de poder incorporar esta base de datos en el diseño de ciclovías inteligentes para Santiago. Los actores relevantes en esta aplicación son Joaquín di Mario (área comercial) y Alexis Picón (área técnica).

6.4. Sociedad Civil

- a) Bicivilízate. (todavía no se ha contactado). Organización cuyo foco es la formulación de planes y proyectos de movilidad activa en el sector público y privado; y en planificación y ejecución de estrategias de comunicación y divulgación asociadas a políticas, proyectos de infraestructura, manuales de diseño y eventos de movilidad sostenible. Se espera recopilar información acerca de fuentes de datos sobre movilidad urbana, con énfasis en el uso de la bicicleta como medio de transporte.

- b) Bicicultura. (todavía no se ha contactado). Organización ciudadana sin fines de lucro, creada en el 2006, con foco en la promoción del derecho al uso seguro de la bicicleta y otros medios a energía humana (triciclo, patineta, patines y caminata), como medios de transporte o recreación. Considerando la vasta experiencia de esta organización en temas de convivencia vial, es que se espera recabar información acerca de las motivaciones y desmotivaciones que impulsan o desincentivan a los ciudadanos(as) a utilizar la bicicleta u otros ciclos.

7. Identificación de Datos, Modelos y Plataformas

En esta sección se abordan tanto fuentes de datos, modelos y plataformas que se han identificado en el contexto nacional, como también aquellas que potencialmente podrían desarrollarse o que se observan en un estado inmaduro.

La clasificación usada en datos, modelos y plataformas se refiere a diferentes formas de almacenar, procesar y disponer la información. Los datos se consideran como información que está almacenada y que es relevante para la planificación y gestión de ciclovías, mientras que los modelos se refiere a metodologías y/o herramientas (modelos matemáticos, software, entre otros) que permiten procesar y/o generar inferencias sobre los datos existentes. Las plataformas se refieren a aquellos sistemas que permiten visualizar, compartir, disponibilizar o tratar los datos por parte de usuarios. Los referentes que se presentan pueden estar compuestos por uno o más de estos elementos.

A su vez, cada uno de los referentes son clasificados en cuatro ejes según el uso o área que aborda. La tabla en el Anexo presenta un resumen de estos referentes. A continuación se presenta cada uno de los referentes de forma resumida.

7.1. Eje 1: Seguimiento y evaluación de infraestructura de ciclovías

Las fuentes de información que se presentan en este eje se abocan al catastro y caracterización de oferta de infraestructura ciclista.

7.1.1 Visor de Ciclovías

Esta plataforma pertenece al Ministerio de Bienes Nacionales y al Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, el visor fue desarrollado por la Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile (IDE Chile) en SECTRA por Gloria Fuentes. Actualmente estaría a cargo de la unidad de movilidad activa MTT.

En este visor se puede encontrar información proveniente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Seremis de Transporte, SECTRA, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno Regional Metropolitano, Municipios, Openstreetmap y Bike Santiago. Se presenta visualmente información respecto a las ciclovías existentes y aquellas en ejecución, la que puede ser visualizada a escala comunal y regional. Además se puede descargar la información disponible de Ciclovías Arriendos Estacionamientos Bike Santiago Estacionamiento en Metro, Metro Tren y otros, en formato Shapefile.

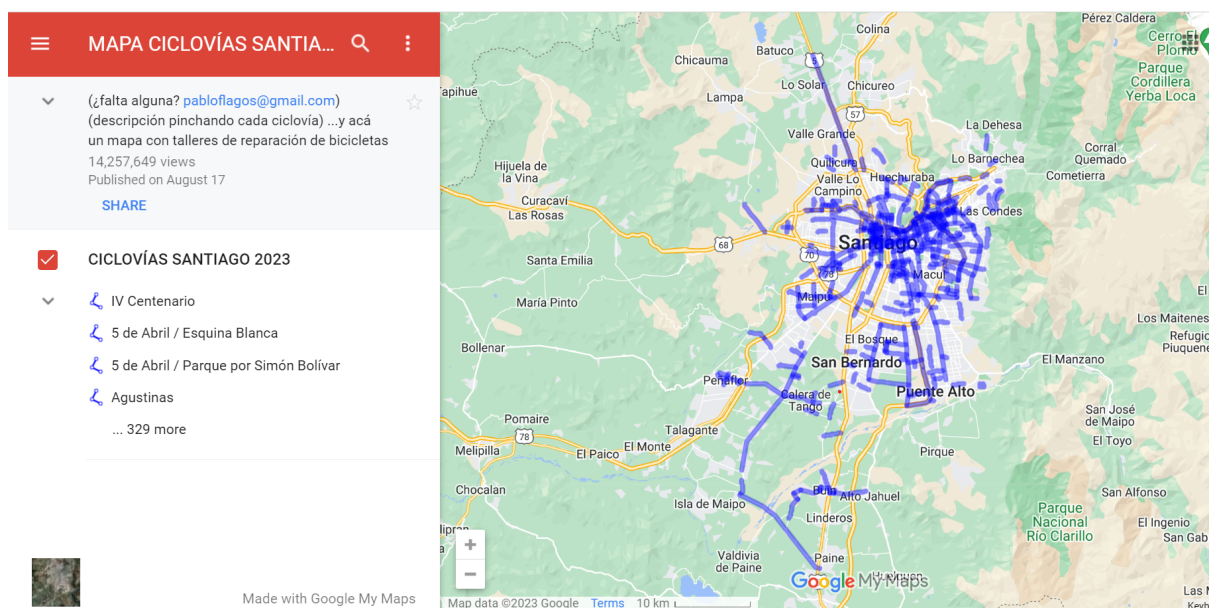


Visor de información de ciclovías de IDE Chile.

7.1.2 Mapa Colaborativo de ciclovías

Mapa colaborativo en Google Maps creado por Pablo Lagos, y publicado en agosto de 2023. Es posible descargar la información en formato KML. Esta plataforma muestra las ciclovías de la Región Metropolitana, y se puede obtener información de cada ciclovía al seleccionar alguna, presentando una breve descripción de su localización, tramo, característica funcional (Bidireccional/Unidireccional) y posición respecto a la red vial básica (Calle/Vereda/Bandejón). Es una fuente de información no oficial. Link:

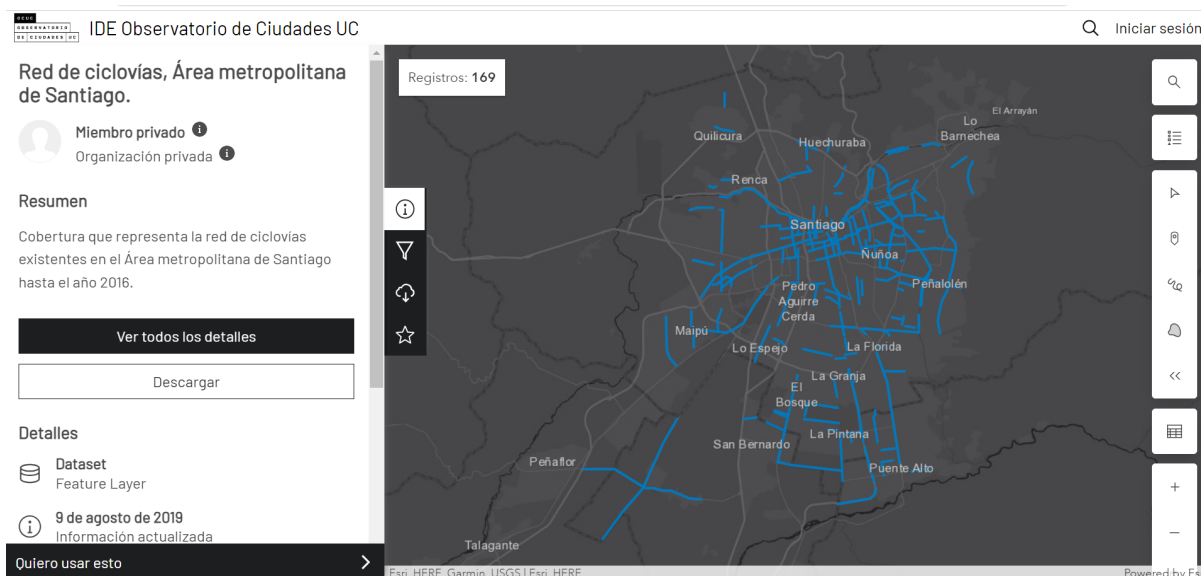
https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1d0O_kEOi6qMUjHHje0YBVLmsvKc&hl=en_US&ll=-33.52842087198201%2C-70.69475680000001&z=10



Mapa colaborativo de información de ciclovías.

7.1.3 Capa ciclovías OCUC

Capa de información estática de las ciclovías que se encuentran en el Área Metropolitana de Santiago, pertenece a la IDE del Observatorio de Ciudades UC (OCUC). Fue publicada el año 2016 con las ciclovías existentes y posteriormente actualizada el año 2019, no existen actualizaciones posteriores. Presenta información a nivel de tramo de cada ciclovía y es posible descargar la información en formato SHP, entre otros.



Capa de ciclovías OCUC.

7.1.4 Medición de calidad superficie con acelerómetros

Esta metodología se presenta en la tesis de Magíster en Ingeniería en la Universidad Católica, de la estudiante Mariana Valle y guiada por el profesor Juan Carlos Herrera (Valle et al. 2019).

Se usó un dispositivo inercial (Smartphone que contaba con un acelerómetro, un giroscopio, una brújula, y un sistema de navegación y localización mediante satélites, GPS) que se instala en una bicicleta y la aplicación Sensorlog, en el cual se registró 30 mediciones por segundo. Se calibró un modelo logit para detectar dos tipos de elementos en las ciclovías: baches y levantamientos de pavimentos.

El modelo que genera un mejor ajuste arroja un r^2 de 0,64, lo cual es aceptable considerando que no es un modelo predictivo sino que para informar la calidad general de la ciclovía.

Se observa que hay un alto potencial de uso para generar catastros colaborativos de la calidad de las ciclovías e identificación de puntos o tramos críticos en cuanto a calidad de la superficie, identificando que esta variable es de suma importancia para la experiencia del ciclista.

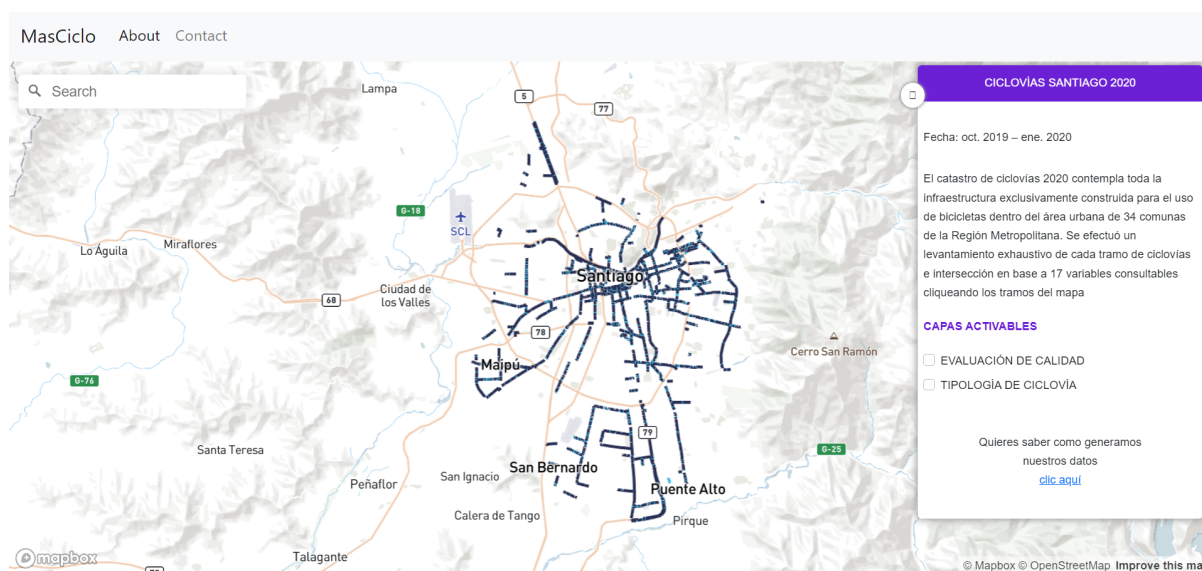
7.1.5 Medición de calidad de la cobertura de red

En la tesis “Una metodología para evaluar la cobertura de infraestructura ciclo-inclusiva bajo criterios de calidad y equidad: El caso del Gran Santiago” realizada por Gabriel Oyarzún, se elabora una propuesta de metodología evaluativa para medir la calidad de ciclo-infraestructura adaptada a la realidad del Gran Santiago. Con el objetivo final de generar una metodología y prototipo de

plataforma interactiva para democratizar los datos e indicadores generados a lo largo de esta investigación a través de una plataforma interactiva.

En primer lugar se realizó un catastro de las variables de la cicloinfraestructura, luego se desarrolló una metodología para crear un indicador de calidad para la red de ciclo-infraestructura, en donde se desarrollaron 2 indicadores, uno en función de las variables del Decreto 102, y otro en donde se incorporan más variables, permitiendo medir con mucha mayor precisión la realidad local. Así también, se desarrolla una metodología para medir la equidad respecto a la ciclo-infraestructura y finalmente se desarrolló una PPGIS para la democratización del estudio, la cuál está disponible en www.masciclo.cl

En síntesis, se propone una forma de catastrar inédita en la materia en la que se logró generar un indicador de calidad y una medición de equidad en distribución de ciclovías, que incorpora desde la microescala hasta la macro, haciéndose cargo a cabalidad de todas las variables de un caso de estudio metropolitano



Plataforma Masciclo.cl

7.1.6 Información de pavimentaciones SERVIU

Dentro de la plataforma en línea del Sistema de Pavimentación (PAVEL), que es parte de la Subdirección de Obras Viales del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se puede acceder a información sobre diversos proyectos viales, incluyendo aquellos relacionados con ciclovías.

Es importante señalar que todas las ciclovías, al tratarse de intervenciones en Bienes Nacionales de Uso Público, deben ser autorizadas por SERVIU. La única excepción son aquellas realizadas por las Municipalidades, siempre que no excedan los 20m² y se realicen como medidas de emergencia. En la plataforma PAVEL (<http://pavel.metropolitana.minvu.cl/PavelWeb/>), sin embargo, solo se incluyen las iniciativas que son ingresadas por agentes externos a SERVIU (por ejemplo, consultores contratados por municipios para desarrollo de proyecto de ciclovía). Estas difieren de las que lleva SERVIU, ya que estas últimas son inspeccionadas directamente por el organismo y no se registran en PAVEL.



SERVIU
 Región Metropolitana
 Ministerio de
 Vivienda y
 Urbanismo

PAVEL - Sistema de Pavimentación en Línea
 Subdirección de Pavimentación y Obras Viales
[Inicio](#) / [Salir](#)

USUARIO
 ANÓNIMO
 USUARIO PÚBLICO
 06/10/2023 - 10:53:07
MENÚ
[Consultas](#)

Resultado consulta

12345678

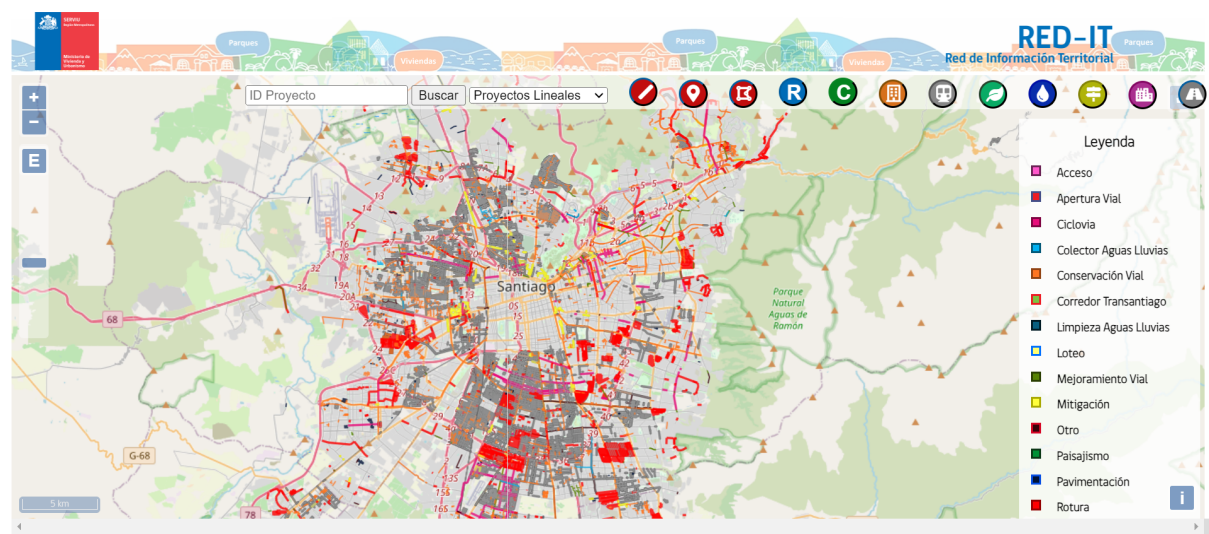
Total 78 / Página 1 de 8

Nro Solicitud	Nro Proyecto	Tipo Documento	Nombre	Comuna	Dirección	Fecha Presentación	Fecha Entrega	Estado	Documento
76407	61239	SOLICITUD DE REVISION DE PROYECTOS NO SECTORIZADO	CONSTRUCCION CICLOVIA SAN MARTIN ENTRE LO SECO Y TERMINAL CODIGO BIP 400108880	COLINA	SAN MARTIN S/N	06/11/2019	28/11/2019	INFORME FAVORABLE	informepavimentacion_81501.xml
76408	61255	SOLICITUD DE REVISION DE PROYECTOS NO SECTORIZADO	CONSTRUCCION CICLOVIA CALETERA GRAL SAN MARTIN CODIGO BIP 400120980	COLINA	CALETERA GRAL SAN MARTIN S/N	06/11/2019	28/11/2019	INFORME FAVORABLE	informepavimentacion_81500.xml
76522	61505	SOLICITUD DE REVISION DE PROYECTOS NO SECTORIZADO	CONSTRUCCION CICLOVIA CALLE ALPATAICAL CODIGO BIP 400120500	COLINA	CALLE ALPATAICAL S/N	19/11/2019	28/11/2019	INFORME FAVORABLE	informepavimentacion_81504.xml
76472	61256	SOLICITUD DE REVISION DE PROYECTOS NO SECTORIZADO	CONSTRUCCION CALZADA Y CICLOVIA AV. CONCEPCION CODIGO BIP 400120500	COLINA	AV. CONCEPCION S/N	13/11/2019	29/11/2019	INFORME FAVORABLE	informepavimentacion_81505.xml

Consulta dentro del Sistema de Pavimentación en Línea

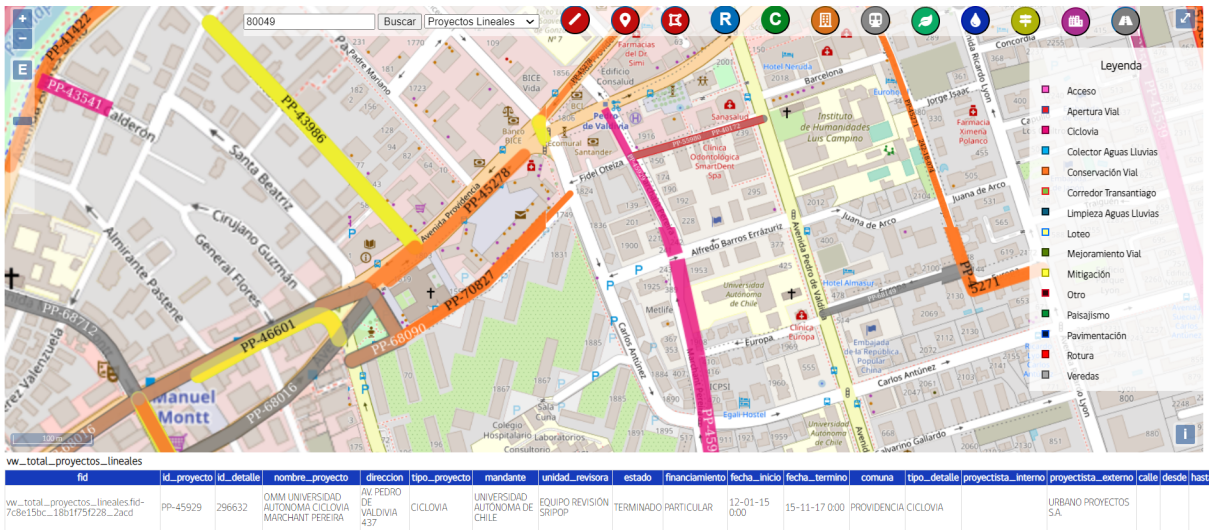
Es positivo que PAVEL puede ser consultado por cualquier persona (no solo funcionarios de SERVIU). Cada proyecto viene acompañado de documentos descargables, tales como la memoria explicativa, planos, presupuestos y fotografías, entre otros. Además, se proporciona una carpeta con archivos en formato PDF y CAD que contienen información topográfica detallada. Aunque esta información no puede ser utilizada para elaborar proyectos por otros consultores (por derechos de autor), podría servir como referencia en caso de estar disponible. En la plataforma se encuentran registrados 78 proyectos vinculados a ciclovías desde el año 2007 hasta la fecha (octubre 2023) para la Región Metropolitana.

Por otra parte se encuentra un visor del SERVIU (http://sit.serviurm.cl/visor_1/welcome/show/2) en donde se puede observar la información de diferentes proyectos mapeados de pavimentación (conservaciones, pavimentación, ciclovías, veredas, accesos vehiculares, entre otros).



Visor proyectos de pavimentación

Al seleccionar un proyecto en el visor, se muestra una tabla con detalles como el ID del proyecto, nombre, dirección, tipo, mandante, estado, financiamiento, fechas de inicio y término, comuna y proyectista. Utilizando este ID, es posible consultar la información correspondiente en PAVEL y descargar los datos disponibles.



Visor y consulta de proyecto

7.2. Eje 2: Medición de demanda actual y potencial de ciclovías

En esta sección se muestran datos, modelos y plataformas disponibles respecto a la medición pero también modelamiento de demanda existente y potencial.

7.2.1 Datos de Telefonía Móvil

Cuando los usuarios de telefonía móvil interactúan con su dispositivo móvil (llamadas, uso de datos), la información queda registrada en CDR (*Call Detail Record*), la cual es almacenada por la empresa de telefonía para efectos de cobro. Pero esta información también es usada para otros efectos, principalmente análisis de la demanda y cobertura de la red en el territorio.

Un uso alternativo que ha ido creciendo en el tiempo es el uso de esta información para analizar la movilidad de las personas en la ciudad, debido a que los CDR están asociados a un ID de usuario, una marca en el espacio y en el tiempo, lo cual permite recrear sus trazas de movimiento en el día. Si bien este análisis no es el centro del negocio de las empresas de telefonía, ha ido creciendo su uso como unidad de negocio aparte o como colaboración con la academia u otros consultores. La cantidad de modelos y resultados es creciente en este aspecto (Chen et al, 2016), compitiendo con las encuestas de movilidad debido a su masividad, constante actualización y potencial menor costo, pero también tiene problemas debido a que generalmente no tiene mayor información de los viajeros (sexo, edad, ocupación, educación, ingreso, motorización, entre otros) ni detalles de sus viajes (propósito, modo).

Los datos de telefonía móvil, para ser usados para análisis de movilidad, requieren ciertos procesamientos, los cuales permiten pasar de un conjunto de interacciones con marca temporal (día, hora y segundo) y espacial (lat/long), a lugares de actividades (clusters de interacciones en un cierto radio de distancia y umbral de tiempo), y con la concatenación de actividades identificar viajes (Alexander et al, 2016). El desarrollo de métodos de agrupamiento de los datos han permitido generar matrices de viajes entre zonas de la ciudad, que permiten representar los patrones de movilidad entre origen y destino de forma bastante representativa.

Uno de los desafíos se refiere a imputar otro tipo de información en estos registros. Esta información se refiere principalmente al lugar de residencia y trabajo, modo de transporte, propósito de los viajes y ruta. Respecto a los lugares de residencia y trabajo, estos se pueden inferir a través de la identificación de lugares recurrentes de pernoctación (sector de la ciudad dónde se observan más interacciones después de cierta hora, por ejemplo, 20:00 hrs), y lugares recurrentes de permanencia en el día (lo cual puede ser asumido como trabajo u estudio).

Respecto al modo de transporte, es necesario usar diferentes medios para imputar el modo más probable, de acuerdo a variables físicas como distancia y velocidad del viaje,

Huang et al (2019) realizan una revisión exhaustiva de la bibliografía a la fecha respecto a detección de modo mediante datos de telefonía. Después de un filtro, detectan 22 papers, entre 2010 y 2017 con metodología relevante para el tema.

Respecto a los modos identificados, algunos de los papers se focalizan en agrupaciones generales (privado y público, o aire y tierra), mientras que otros desglosan hasta en seis tipos de modo. Esto también está condicionado a la escala del análisis, ya que algunos se enfocan en viajes interurbanos, los cuales pueden permitir una detección más fácil de los modos.

Respecto a la estructura de los modelos, Huang et al (2019) identifica tres tipos:

1. Rule-Base Heuristics (RBH): en base a árboles de decisión con reglas fijadas generalmente con criterio experto. 18 de los papers analizados por el autor usan este método. Estos árboles normalmente se basan en reglas en base a atributos físicos (velocidad, distancia) y geométricos (proximidad a red de transporte específica a un modo). Algunos de los papers analizados usan una mezcla de árbol de decisión y un modelo logit para los casos que no quedan bien definidos.
2. Clusterización: Solo usado para 3 de los papers estudiados, y en todos los casos realizan la clusterización únicamente sobre un atributo (duración o velocidad).
3. Probabilísticos: solo un estudio de 2011, basado en reglas de markov, usando la data histórica de viajes de la persona, con datos etiquetados.

Huang no presenta ningún modelo basado en técnicas de machine learning, tipo random forest o Support Vector Machines, sin embargo en la literatura posterior hay referencias a estos métodos.

Sobre los atributos usados, como se adelanta en la estructura de los modelos, estos se refieren principalmente a la velocidad, duración y largo de los viajes (atributos físicos) y los atributos geométricos de los viajes, considerando la proximidad a la red de transporte.

Sobre la metodología de cálculo de proximidad a la red de transporte, se consideran tres métodos principalmente:

1. Distancia euclidiana: se usa en 6 de los papers, en los cuales se calcula la distancia promedio de las interacciones en el viajes respecto a la red de transporte o elementos relevantes (estaciones) asociables al modo a identificar.
2. Conexión a antenas específicas: en base a la cantidad de conexiones a antenas que están próximas a elementos de la red de transporte asociada al modo a identificar. Siete papers usan este método.
3. Map Matching: en realidad es una variante de la técnica de distancia euclidiana, pero usando viajes probables por diferentes redes y se toma la distancia de la trayectoria a cada viaje para luego decidir en función de un modelo (bayesiano o de cadenas de markov).

Estos papers no usan atributos sociodemográficos de los viajeros, que son propios de los modelos tradicionales de elección de modo, lo cual tiene relación con la naturaleza de los datos de telefonía (normalmente anonimizados).

Uso actual de los datos de telefonía para identificación de movilidad en el contexto nacional

Sobre el uso de estos datos en Chile, hasta hace algunos años la empresa Telefónica tenía una unidad de Data Science que analizaba estos registros, desarrollando algunos pilotos para identificación de viajes, como por ejemplo el realizado en paralelo a la encuesta Origen Destino que se realizó para Rancagua-Machalí. El uso de estos datos ha sido en la actualidad base para algunas publicaciones académicas, sobre todo en el Instituto de Data Science de la Universidad del Desarrollo. Pero de acuerdo a comunicaciones con el anterior encargado de la unidad de data science en Telefónica, esta área estaría cerrada dentro de la empresa.

La empresa ENTEL tiene en la actualidad un equipo dedicado a la explotación de estos datos (Equipo Crowds, alojado en el área ENTEL Digital). Para esto se ha desarrollado desde 2019 a la fecha una infraestructura de Big Data, que permite recibir en un data lake basado en la nube (Google Cloud Computing) más de 800 millones de interacciones diarias, las cuales tienen información de usuario (anonimizado), timestamp (día, hora, segundo), y latitud/longitud. El equipo ha desarrollado algoritmos para calcular stays (permanencias) y viajes a partir de estos datos, además de lugares de residencia y trabajo. A partir de esto se han desarrollado contratos con actores públicos para diferentes servicios (por ejemplo, con SERNATUR para proveer continuamente información de viajes de turismo a nivel nacional, con entregas mes a mes), pilotos (con EFE, para entrega de matrices de

viajes en pares de ciudades con potencial de desarrollar nuevos servicios de trenes), y con actores privados, como Uber y Cabify (identificación de cantidad de uso de su aplicaciones), MASSIVA (para identificación de paso por sus paletas publicitarias), entre otros.

Los algoritmos desarrollados permitieron a ENTEL hacer un trabajo conjunto al Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (U. de Chile) para hacer un seguimiento de los patrones de viajes durante la pandemia, e informar políticas públicas, lo cual le valió al equipo el premio Franz Edelman de Investigación de Operaciones.

Actualmente el equipo también está desarrollando un proyecto para identificación de viajes en metro para la empresa Metro de Santiago, desarrollando algoritmos en base a características de los viajes (distancia, relación entre orígenes, destino y traza, y la infraestructura de la red de metro), para obtener la probabilidad de que un viaje haya sido hecho en metro.

Una de las áreas a explorar se refieren todavía a la imputación de rutas para las trazas de viajes, lo cual debería tener relación con la red vial existente, un imputación previa de modo, y un modelo de ruteo en base a algún algoritmo de tipo rutas mínimas o similar.

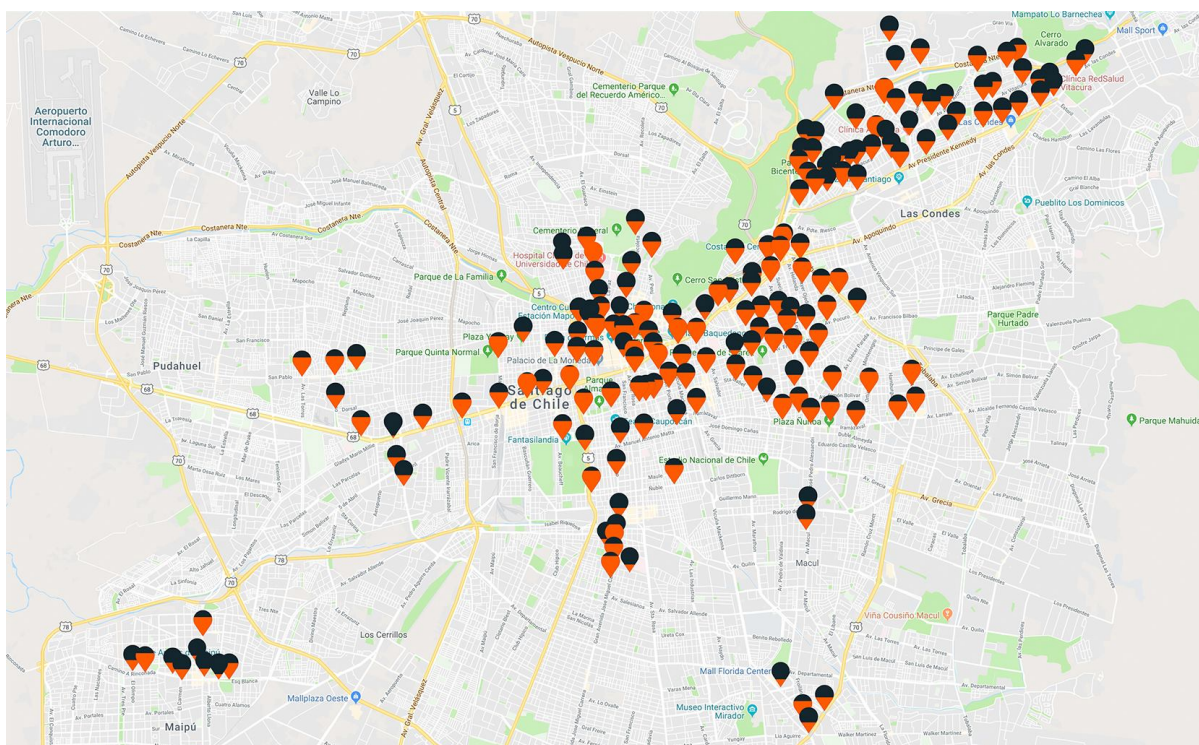
Ventajas y limitaciones

El uso de datos de telefonía, una vez transformados en viajes y con imputación de modo y rutas, permite tener una visión del uso de la infraestructura vial que es representativa y relativamente insesgada. Si es posible validar un método para identificar viajes en bicicleta, entonces se puede tener tanto un seguimiento de la intensidad de uso de este modo en el tiempo, como también las características en detalle de sus trayectos.

Las limitaciones principales se refieren a la confiabilidad de la imputación del modo bicicleta e imputación de la ruta (se debieran hacer mediciones en terreno para validar modelos). Por otra parte, también está la limitación de adquisición de los datos (se requiere formalizar un contrato de provisión de estos datos por parte de la empresa) y la definición del nivel de agregación en que se adquieren, y quién se hace cargo de su procesamiento para llegar a tablas consumibles para toma de decisiones.

7.2.2 GPS BikeSantiago/tembici

De acuerdo a la literatura, una fuente importante de información de movilidad es el uso de bicicletas compartidas (Bike Sharing Programs), lo cual se puede medir a partir de la data de GPS que está incorporado en cada bicicleta. En Santiago, la empresa Tembici cuenta con una red de cerca de 230 estaciones y 3.500 bicicletas.



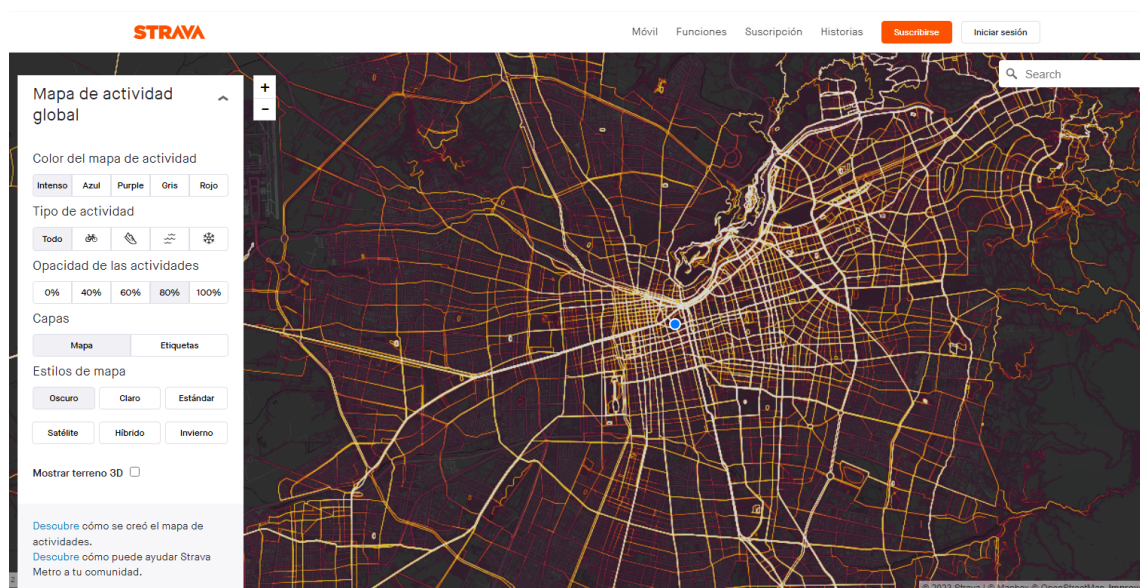
Localización de estaciones de Tembici en Santiago (fuente: Tembici)

Ante la consulta a la empresa sobre la disponibilidad de los datos GPS, se indica que éstos se usan para análisis en el área de planificación urbana en la base de Sao Paulo, a partir de lo cual se pueden distribuir las estaciones de las bicicletas en la ciudad, como también optimizar la relocalización de bicicletas. La oficina de Santiago no cuenta con un equipo que trabaje los datos GPS, pero sí hacen entregas de datos generales a los municipios en los cuales están presentes, los cuales son obtenidos a partir de la aplicación. Se hizo la consulta a las encargadas de planificación urbana sobre la disponibilidad de datos GPS para análisis, pero se está a la espera de respuesta.

7.2.3 Strava

STRAVA es una aplicación para ciclistas y aficionados al senderismo, que al 2022 tenía más de 100 millones de usuarios a nivel mundial. La aplicación permite que los usuarios registren sus rutas mediante el uso de GPS, y luego puedan hacer seguimiento de la cantidad de kilómetros recorridos, rutas más frecuentes, entre otras funciones, y además esto mismo genera que la aplicación pueda recomendar rutas a los mismos usuarios.

Toda la información es almacenada y procesada por STRAVA para generar las recomendaciones, pero también es usada para proyectos laterales como los informados en STRAVA Labs (<https://labs.strava.com/>), principalmente referidos a mapas de calor sobre las rutas más usadas por los ciclistas. Para generar estos mapas de calor, STRAVA tiene que hacer un proceso de map matching, que permite asimilar las trazas GPS de los usuarios a los arcos (calles) de la red vial de cada ciudad. Los dataset que se generan a partir de esto están disponibles para ser comprados para fines de investigación o políticas públicas. De acuerdo con Chen et al (2020), hay ejemplos de que un *dataset* de un año de datos para Oregon se adquirió por US\$20.000. La información se entrega a nivel de arcos, con la cantidad de flujo para cada día y horario, lo cual permite hacer un análisis de demanda bastante detallado. Sin embargo, la muestra de usuarios es sesgada debido a que solo representa a los usuarios de STRAVA, que en el caso de Chile puede corresponder más bien a sectores de mayores ingresos y ligados a mayor compromiso con el uso de bicicleta.



Vista de los mapas de calor de viajes de STRAVA.

7.2.4 EOD Santiago 2012

Las encuestas origen destino son las formas más tradicionales para obtener información de los patrones de movilidad de personas para planificación de transporte. Sin embargo, su aplicación es costosa y por lo mismo con poca periodicidad y sin asegurar una regularidad en el tiempo.

La última Encuesta Origen Destino de Viajes en Santiago se aplicó en 2012. Se aplicó a cerca de 18.000 hogares en Santiago, levantando datos respecto a gran parte de las características de los viajes de cada miembro del hogar en un día laboral o de fin de semana, siendo levantada por cada miembro y por hogar. El año 2012 fue la última realización de esta encuesta, sin embargo, se está evaluando la ejecución de otra encuesta pero probablemente en un formato más reducido y frecuente.

El objetivo principal de esta encuesta es recolectar información detallada acerca de los viajes que se realizan en el Gran Santiago y de las personas que los efectúan. Así también, se pretende satisfacer los requerimientos de información para la estimación de modelos estratégicos de transporte para la ciudad.

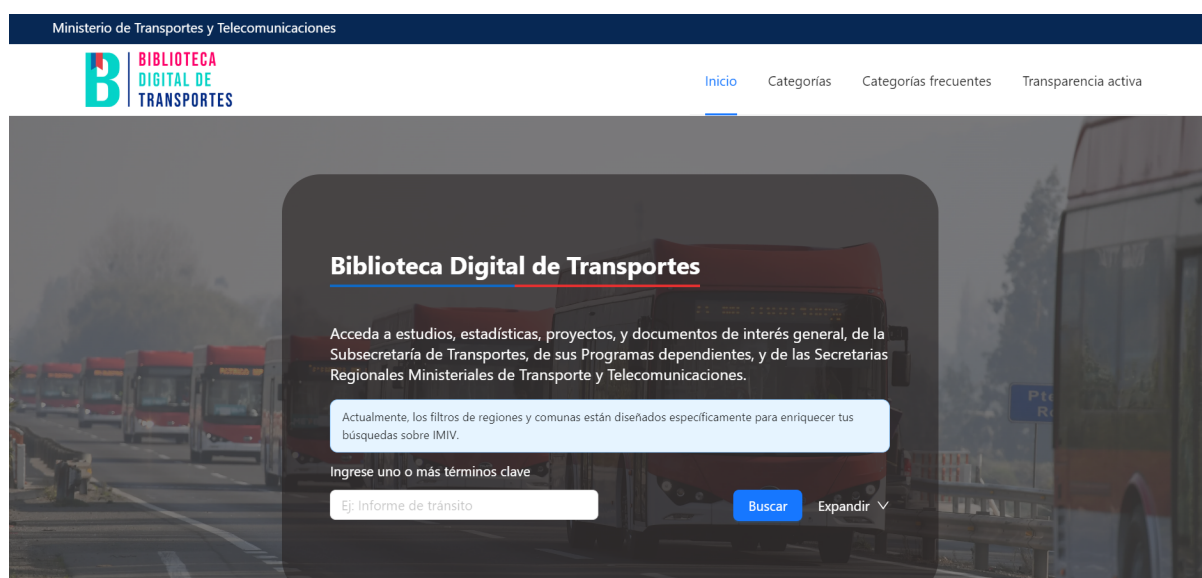
Esta base de datos contiene el patrón de viajes de los habitantes del Gran Santiago, presentados en tablas principales con información de hogares, personas, viajes y etapas de los viajes, con sus respectivos factores de expansión y corrección, asimismo, tablas con diccionario de cada campo de las tablas principales. Se encuentra disponible para descargar a través de https://www.sectra.gob.cl/encuestas_movilidad/encuestas_movilidad.htm.

7.2.5 Conteos Estudios SECTRA e IMIV

En la biblioteca del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones se encuentran disponibles los estudios de transporte encargados y recibidos por SECTRA, los cuales incluyen conteos, mediciones de flujo de los distintos modos de transporte. Estas mediciones se encuentran disponibles en archivos digitales dentro de una carpeta de Google Drive para cada uno de los estudios,

También se encuentran los estudios que cada desarrollador inmobiliario debe presentar para mitigar su impacto, que de acuerdo a la nueva Ley de aportes al espacio público, se denominan Informes de Mitigación al Impacto Vial (IMIV). De acuerdo a esta ley, y el decreto 30 MTT, los IMIV intermedios y mayores deben incluir conteos de flujos de vehículos en el área de influencia, lo cual se incluye en los estudios en forma de tabla o como anexo en pdf.

Estos informes presentan una gran oportunidad para contar con conteos en diversos puntos de la ciudad, a nivel nacional, sin embargo actualmente no se encuentran sistematizados, ya que se suben en formatos diversos y de forma disgregada en carpetas. La información está medida a escala de arcos, según el emplazamiento de cada proyecto. Sería beneficioso que estas mediciones estuvieran sistematizadas en una misma base de datos, puesto que de esta manera podrían ser consultables y servir para distintos propósitos.



Biblioteca del MTT.

En esta biblioteca digital, hay un total de 316 IMIV Intermedios y 83 IMIV Mayores a nivel nacional. En la Región Metropolitana, se encuentran 150 IMIV Intermedios y 46 IMIV Mayores (octubre 2023).

Anterior a los IMIV, se realizaban Estudios de Impacto Sobre el Sistema de Transporte Urbano (EISTU), los cuales también debían incluir conteos de flujos. En la biblioteca del MTT, se han registrado 1896 EISTU a nivel nacional y 360 en la Región Metropolitana.

Para evaluar el potencial informativo de esta fuente de datos, se ha llevado a cabo una revisión exploratoria de la estructura de estos informes y de cómo se reportan los conteos. Se han revisado aleatoriamente 5 IMIV Intermedios y 5 IMIV Mayores.

Puntos relevantes:

1. No se presenta mayor diferencia entre cómo se reportan los conteos en los IMIV Intermedios respecto a los Mayores.
2. De los 10 IMIV revisados, sólo uno presenta la información en forma de tabla utilizando Excel, además de estar incluida dentro del informe. En general, la información se presenta en tablas dentro del documento de informe final.

Cuadro N° 3.9: Resumen Mediciones Vehiculares Laboral

INTERSECCION	HORA	MINUTO	MOV	VL	TX	TXC	TXB	BUS	BUI	C2E	C+2E	BICI	MOTO	TOTAL VEH	TOTAL VEQ
Av. Del Mar / Av. Cuatro Esquinas	7	0	11	9	0	0	0	0	0	0	0	4		13	11
			12	19	0	0	0	0	0	0	0	1		20	20
			20	14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	15	15
			22	4	0	0	0	0	0	0	0	2	1	7	6
			30	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10	10
			31	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14
		15	11	25	0	0	0	0	0	0	0	3		28	26
			12	39	0	0	0	0	0	0	0	3		42	40
			20	31	1	0	0	0	0	0	0	1	0	33	33
			22	23	0	0	0	0	0	0	0	1	0	24	24
			30	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	42
			31	55	0	0	0	0	0	0	0	8	0	63	58
		30	11	59	0	0	0	0	0	0	0	7		66	62
			12	4	0	0	0	0	0	0	0	2		6	5
			20	51	0	0	1	0	0	0	0	3	2	57	55
			22	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	23
			30	33	0	0	0	0	0	1	0	4	0	38	37
			31	83	0	0	0	0	0	1	0	6	0	90	87
		45	11	74	0	0	0	0	0	0	0	6		80	76
			12	31	0	0	0	0	0	0	0	0		31	31
			20	46	0	0	0	0	0	0	1	2	1	50	50
			22	39	0	0	0	0	0	0	0	2	0	41	40
			30	29	0	0	0	0	0	0	0	2	0	31	30
			31	111	0	0	0	0	0	0	0	12	0	123	115
	8	0	11	102	0	0	0	0	0	0	0	7		109	105
			12	42	0	0	0	0	0	0	0	1		43	43
			20	36	0	0	0	0	0	0	0	2	1	39	38
			22	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	41
			30	43	0	0	0	0	0	0	0	7	3	53	47
			31	78	0	0	0	0	0	0	0	10	2	90	82
		15	11	87	0	0	0	0	0	0	0	6		93	89
			12	51	0	0	0	0	0	0	0	0		51	51
			20	40	0	0	0	0	0	2	0	3	3	48	47
			22	41	0	0	0	0	0	1	0	1	0	43	44
			30	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	34
			31	72	0	0	0	0	0	3	0	7	0	82	81
		30	11	42	0	0	0	0	0	0	0	1		43	43
			12	23	0	0	0	0	0	0	0	0		23	23
			20	36	0	0	0	0	0	1	0	0	0	37	38
			22	29	0	0	0	0	0	0	0	2	0	31	30
			30	37	0	0	0	0	0	0	0	2	1	40	39
			31	56	1	1	0	0	0	1	0	0	1	60	61
		45	11	37	0	0	0	0	0	0	0	4		41	39
			12	36	0	0	0	0	0	0	0	0		36	36
			20	39	0	0	0	0	0	1	0	6	2	48	44
			22	40	0	0	0	0	0	1	0	1	0	42	43
			30	22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	23
			31	44	0	0	0	0	0	1	0	2	4	51	49
	9	0	11	31	0	0	0	0	0	0	0	3		34	32
			12	35	0	0	0	0	0	0	0	0		35	35
			20	38	0	0	0	0	0	1	0	1	1	41	41
			22	27	0	0	0	0	0	1	0	0	0	28	29
			30	36	1	0	0	0	0	1	0	0	1	39	40
			31	38	0	0	1	0	0	0	0	8	1	48	43
		15	11	15	0	0	0	0	0	2	0	3		20	20
			12	25	0	0	0	0	0	1	0	0		26	27
			20	34	0	0	0	0	0	0	0	6	0	40	36
			22	32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33	33
			30	31	0	1	0	0	0	1	0	0	0	33	35
			31	41	0	0	0	0	0	0	0	1	1	43	42
		30		11	29	0	0	0	0	0	1	0	4		34	33
			12	31	0	0	0	0	0	0	0	0		31	31
			20	36	1	0	0	0	0	1	1	4	0	43	43
			22	30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	31	31
			30	18	0	0	0	0	0	0	0	5	0	23	20
			31	31	0	1	0	0	0	1	0	1	1	35	36
		45		11	33	0	0	0	0	0	0	0	1		34	34
			12	29	0	0	0	0	0	0	0	3		32	30
			20	31	0	0	0	0	0	0	0	1	2	34	33
			22	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	23
			30	33	0	0	0	0	0	0	0	3	1	37	35
			31	38	0	0	0	0	0	4	0	5	0	47	48

Fuente: Elaboración Propia.

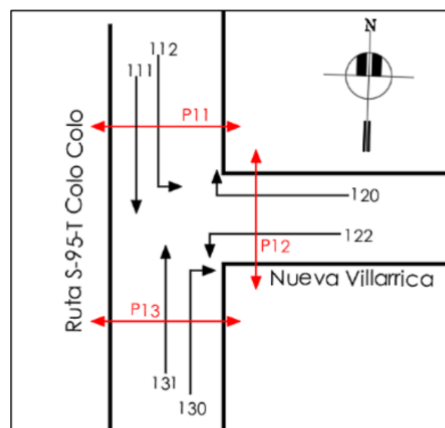
Ejemplo mediciones de flujo en tabla dentro de informe (pdf), IMIV Playa Serena, 2022.

MEDICIONES DE FLUJO VEHICULAR .XLSX																
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Ayuda																
100% Solo lectura																
A1																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																

Ejemplo medición de flujo en formato excel. Proyecto residencial Los Parques de Maipo, 2022.

- La información respecto a las mediciones de flujo se categoriza según cruce, movimientos, días, horarios, y modos de transporte (Vehículos, Taxi, Buses, Camiones, Motocicletas, Peatones)
- Siempre se presentan flujos vehiculares, además peatonales, y en algunos se presentan conteos de ciclistas, buses y taxis. Estos pueden estar dentro de una misma tabla o estar separados por modo de transporte.
- Los conteos se presentan con sus correspondientes diagramas de movimientos

FIGURA N° 6.2.1.1: MOVIMIENTOS CONSIDERADOS



Fuente: Elaboración Propia.

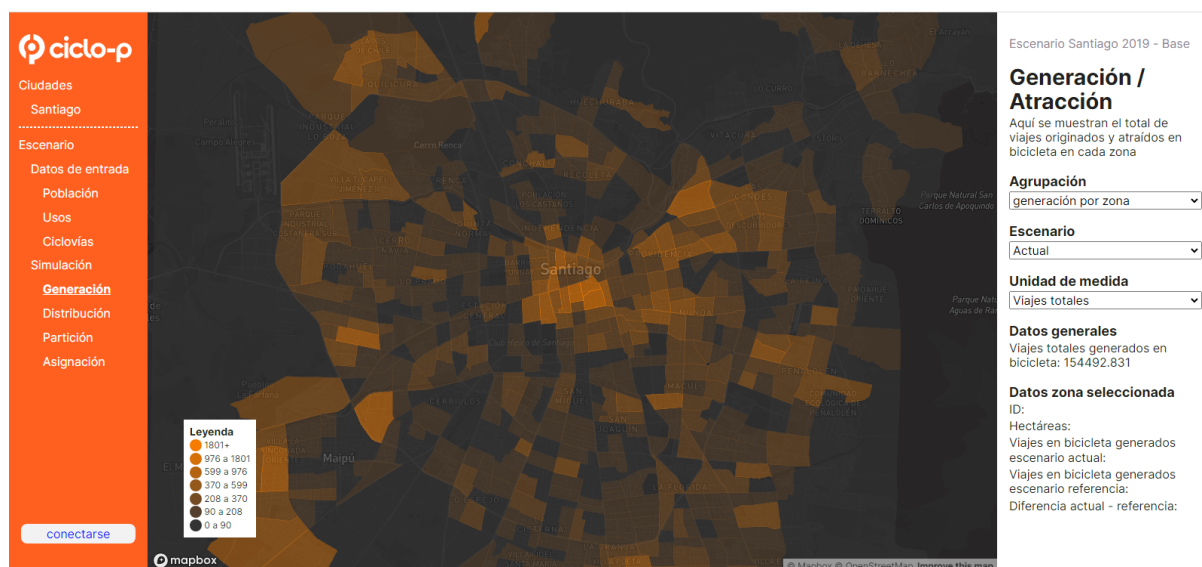
Fuente: IMIV Conjunto Habitacional Villarrica, 2022

Es de vital importancia hacer una revisión sistemática de las formas en que se presentan estos informes y las variables relevantes que entregan, con el objeto de poder proponer una modificación al Decreto 30 MTT para solicitar que los consultores ingresen de forma sistematizada la información para su tratamiento y uso posterior.

7.2.6 Ciclo-p

Ciclo-p (Hurtubia et, 2021) es un modelo que permite estimar demanda por uso de ciclovías a partir de un enfoque clásico de modelo de transporte de cuatro etapas. Esta herramienta ha sido desarrollada por académicos del departamento de Ingeniería en Transporte de la Universidad

Católica de Chile, y actualmente se encuentra al alero de un proyecto FONDEF IDEA I+D (ID22I10067, 2022-2024).



Vista de la plataforma del modelo Ciclo-p.

De acuerdo a palabras del director del proyecto, Ricardo Hurtubia, no habrían en el mercado otros modelos disponibles para estimar demanda de bicicleta en una plataforma abierta y de fácil uso. Hay otros modelos como TRANSCAD, pero que requieren de alto capital humano para calibrar y simular.

Los submodelos (generación, partición modal, distribución y asignación a ruta) se calibraron con la Encuesta Origen Destino de 2012, y conteos en 50 puntos de 2019. El modelo logra un ajuste de $r^2 = 0.73$ para los puntos de conteo.

El modelo se empaquetó en una plataforma web de libre acceso (www.ciclo-p.cl), el cual se pueden generar escenarios en el que se pueden cambiar tres elementos base: ciclovías (agregar ciclovías), distribución de la población (cantidad de hogares por zona) y usos de suelo (cantidad de superficie comercio, educación y cultura, industria, oficina y salud en las zonas).

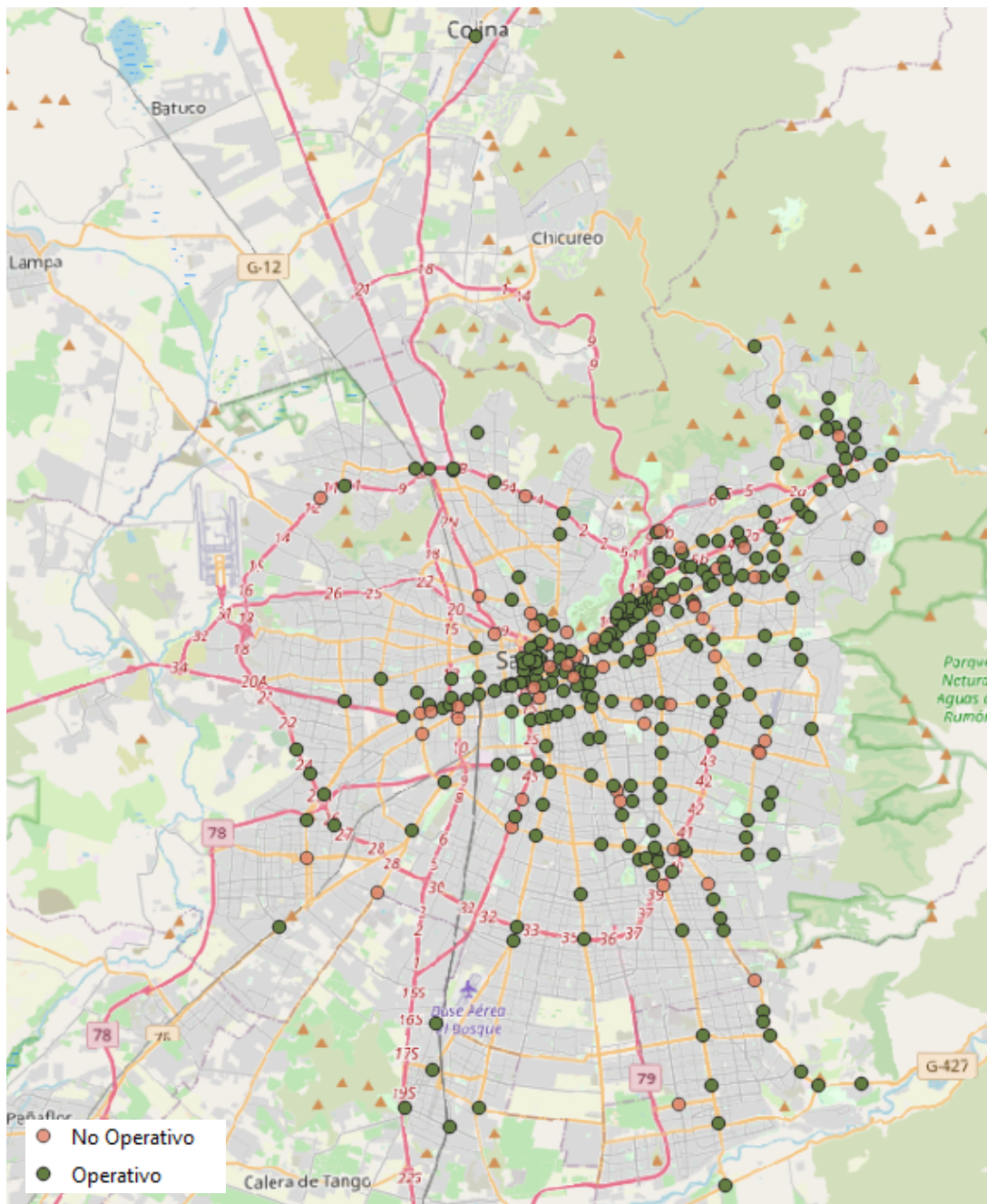


Creación de una ciclovía en el módulo para crear escenarios nuevos en la plataforma del modelo Ciclo-p.

Una vez creadas las ciclovías nuevas o modificados los usos de suelo y población, es posible simular el flujo por la red en base al modelo estimado. Esta plataforma fue usada por el equipo desarrollador para simular el flujo de una ciclovía por Nueva Alameda Providencia, entregando un flujo aproximado de 5.000 ciclistas al día.

7.2.7 Cámaras Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT)

La UOCT maneja un sistema de 318 cámaras en Santiago, de las cuales 261 se encontraban activas a diciembre de 2022. De las 57 cámaras no operativas, 16 habían sido vandalizadas y 19 tenían diagnóstico pendiente, y 5 por derribo por accidente.



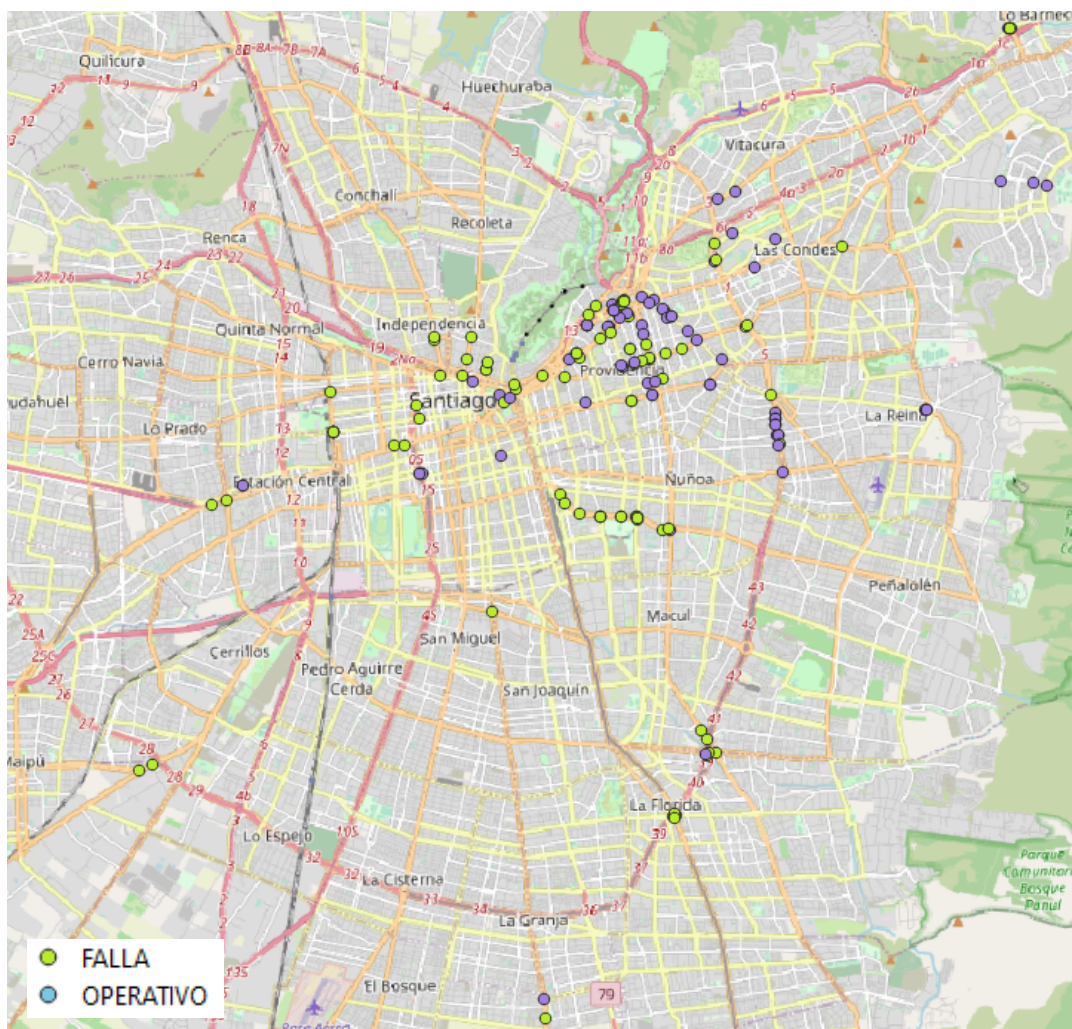
Localización de cámaras de UOCT en Santiago, a diciembre 2022 (elaboración propia a partir de tabla de cámaras entregada por UOCT).

Como se observa, gran parte de las cámaras se encuentra en torno al eje Alameda-Providencia-Las Condes, como también en otros ejes principales.

Existen 3 tipos de postes, donde la altura máxima puede ser de hasta 14 metros. Las cámaras están conectadas a un único circuito cerrado de televisión, para ser visualizadas en la sala de control de la UOCT.

7.2.8 Contadores UOCT

De acuerdo a catastro entregado por UOCT, 74 sensores (espiras) están funcionando bajo esquema de mantención, de 164 registradas.



Localización de espiras de UOCT en Santiago (elaboración propia a partir de tabla de catastro entregado por UOCT).

Los contadores registran el paso de vehículos con un sistema de espiras inductivas instaladas en el pavimento. La información se envía a la UOCT y se registra en una plataforma que permite informar conteos de vehículos cada 15 minutos (aunque se puede bajar la resolución a 5 minutos).

Comuna Nombre	Ubicación Contador	Código Contador	Arco	Dato Tipo	Fecha	HMS Conteo	Flujo	Fecha Proyección	Flujo Proyección
Providencia	Prov-p/R.Lyon	D001256	N001251A	R	Vie.31-03-2023	00:00:00	136	24-03-2023 00:00:00	136
Providencia	Prov-p/R.Lyon	D001256	N001251A	R	Vie.31-03-2023	01:00:00	115	24-03-2023 01:00:00	115
Providencia	Prov-p/R.Lyon	D001256	N001251A	R	Vie.31-03-2023	01:15:00	81	24-03-2023 01:15:00	81
La Reina	VESP->N/E.TELLE	D070167	N070161F	R	Vie.31-03-2023	14:15:00	809	24-03-2023 14:15:00	809
La Reina	VESP->N/E.TELLE	D070167	N070161F	R	Vie.31-03-2023	07:30:00	800	24-03-2023 07:30:00	800

Ejemplo de tabla de conteos que registra la UOCT.

La información de conteos es almacenada en la UOCT y es usada para reportes a autoridades (MTT por ejemplo) para dar cuenta de variaciones en flujo entre meses (aumento de flujo en Marzo, por ejemplo).

De acuerdo a información en reunión con UOCT (septiembre 2023), en el año 2018 se comenzó un piloto para instalar espiras en ciclovías y registrar conteos de bicicletas. Se instalaron en Santa Isabel con Carmen (actualmente no operativa), Eliodoro Yanez con Ricardo Lyon (estaba contando bien pero se perdió con recarpeteo a los pocos meses) y Alameda con Brasil (no tuvo buen funcionamiento por irregularidad en el pavimento).

Los conteos se almacenaban junto con los de automóviles, con el mismo sistema.

7.2.9 RUBI

Con el fin de poder definir en dónde instalar infraestructura vial basada en datos, es que se encuentra el proyecto bottom-up Stgo2020 (Tironi et al, 2016) quienes diseñan un diminuto dispositivo de self tracking llamado RUBI, el que se instala en las bicicletas. Con este dispositivo pudieron registrar las rutas habituales de ciclistas que colaboraron en el estudio, con esta información se crearon mapas y visualizaciones del uso de la bicicleta en la ciudad de Santiago. Con los datos obtenidos se busca ayudar a crear mejores políticas públicas en esta materia.



Mapa de calor a partir del dispositivo RUBI (fuente: www.stgo2020.cl)

7.2.10 Conteo con espiras inductivas

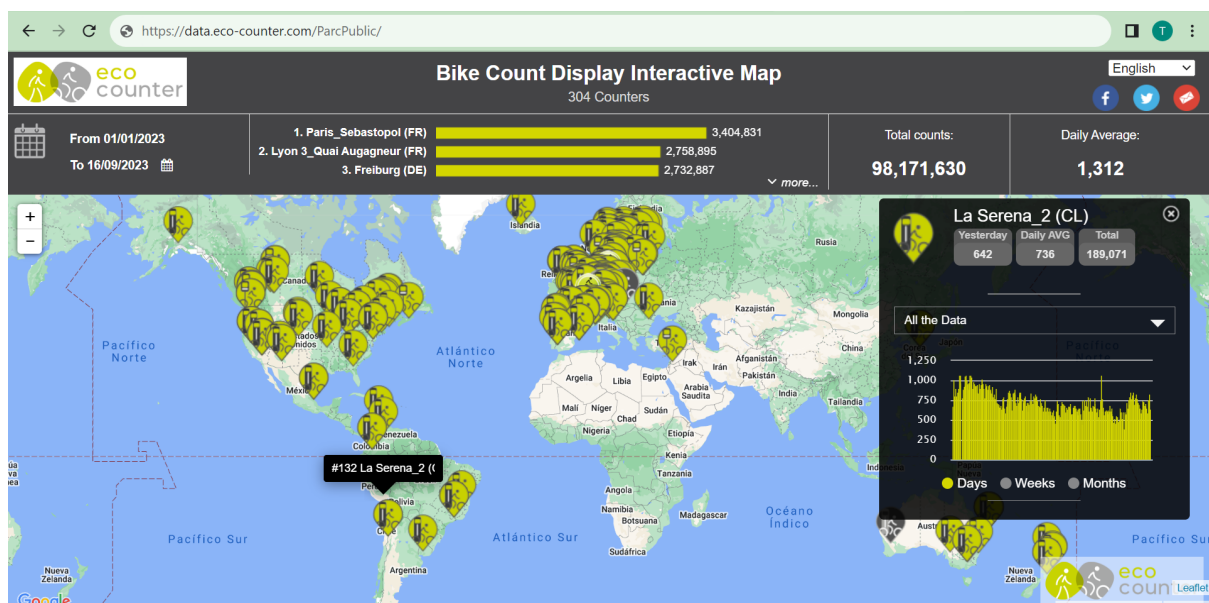
Respecto a los dispositivos de conteo automatizado de bicicletas, los principales tipos son los que se basan en loops de inducción (espiras inductivas), tubos neumáticos, sensores infrarojos y cámaras.

Los loops de inducción tendrían en general el mejor comportamiento (error de conteo respecto a flujos reales de bicicletas) con cerca de 0,55% (Proulx et al, 2016). Los contadores que instaló la UOCT en torno a 2019 en Santiago eran espiras inductivas (la misma tecnología que usa para el conteo de vehículos motorizados), pero actualmente no están operativos.



Espiras inductivas para bicicletas.

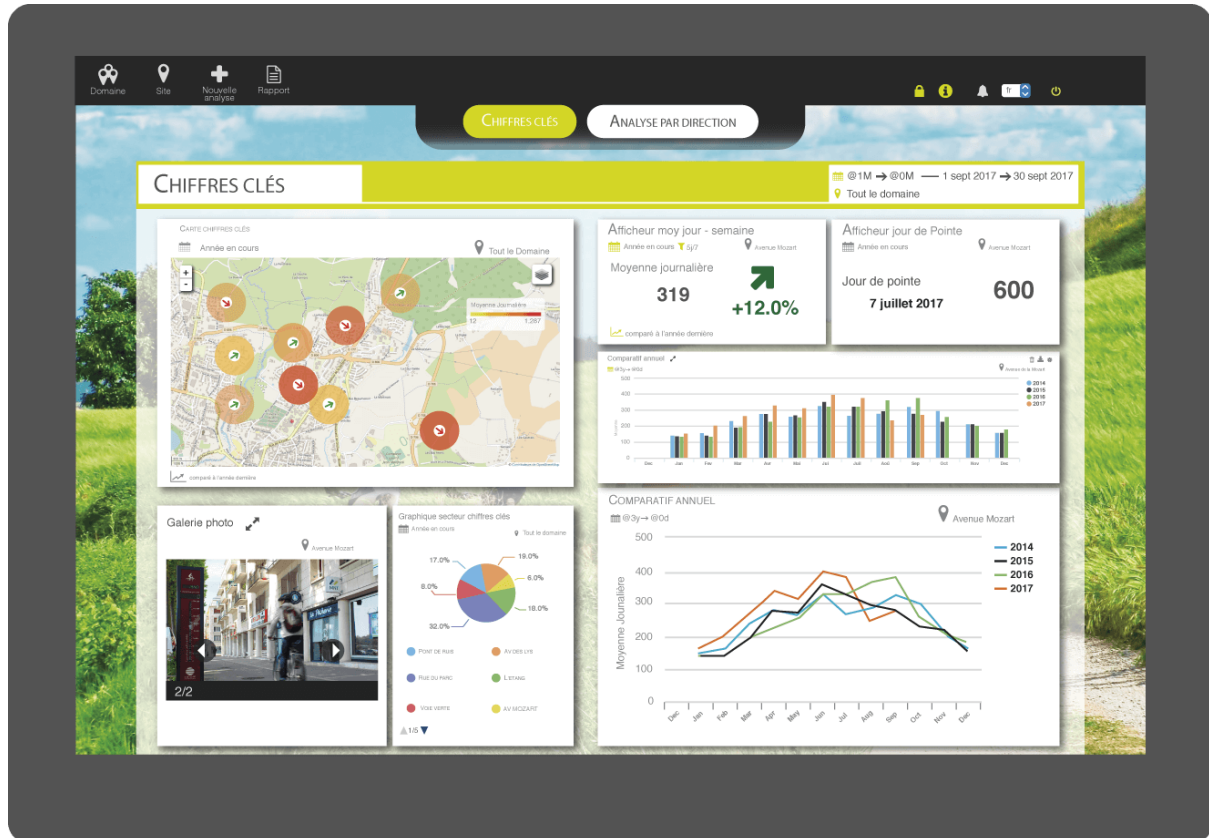
Actualmente, en la ciudad de La Serena hay operativos dos contadores de bicicletas en la Avda del Mar, los cuales también tienen un panel visualizador en un totem. La empresa francesa Ecocounter es la proveedora de los contadores y del servicio en general. El conteo de bicicletas en los diferentes puntos de esta empresa en el mundo, actualizado día a día, se puede observar en <https://data.eco-counter.com>. Otros sistemas de conteo que ha instalado el MINVU en ciclovías se analizan en sección 7.2.12..



Panel para hacer seguimiento de los diferentes contadores públicos de la empresa Eco compteur.

La solución de conteo de bicicletas con espiras inductivas de la empresa Ecocounter es llamada ZELT Evo, la cual es ampliamente usada a nivel mundial.

Con el objetivo de poder hacer seguimiento de los conteos, esta misma empresa dispone el software Eco-Visio, el cual permite la fácilmente configurar diferentes paneles con indicadores claves, gráficos de tendencia (espacial y temporal), filtros y gestionar usuarios que tienen acceso a estos paneles.



Visualizador Eco Visio de la empresa Ecocounter.

Por otra parte, esta misma empresa tiene la posibilidad de consultar los conteos de sus dispositivos a través de una *Application Programming Interface* (API), lo cual hace que cualquier panel previamente existente pueda consumir los datos e integrarlos a su flujo de visualización y/o gestión de la información.

7.2.11 Conteo con Cámaras

Un método de conteo de tráfico que se ha visto ha ido creciendo en popularidad es el uso de cámaras junto con modelos de inteligencia artificial para el reconocimiento de los diferentes tipos de vehículos, entre ellos los ciclistas (Kędziorek et al, 2023).

A diferencia del método alternativo que también es de alto uso (espiras inductivas), el uso de cámaras tiene la ventaja de la modularidad de sus elementos, ya que depende de piezas (cámaras, procesadores a bordo, software) que pueden ser configurados y provistos de forma independiente, por lo que no dependen de un único proveedor. Además, son más registrables (se pueden cambiar sus piezas frecuentemente a diferencia de otros métodos basados en instalaciones más invasivas, como las espiras).

Ozan et al (2021) hacen una comparación entre diferentes tecnologías de conteo. Las cámaras pueden ser usadas tanto para aceras, carriles compartidos, y en las calles. Sus ventajas son la precisión en áreas densas y de mucho tráfico, y que sus algoritmos de identificación de objetos son de código abierto disponibles públicamente. Sus desventajas son que normalmente es más caro para instalaciones exclusivas; el desarrollo de algoritmos aún está madurando; normalmente es más apropiado para recuentos a corto plazo (de 1 a 7 días); y el uso de software de código abierto requiere un alto nivel de experiencia técnica. También se reporta un error entre 2 a 14% en los conteos, lo cual depende de si se usa en sectores con movimientos más complejos.

De acuerdo a Ozan et al (2021) el costo de instalar una unidad va desde los \$1.200 a \$8.000 USD, pero esto depende mucho de la cantidad de cámaras (hay una alta economía de escalas, con un costo fijo alto de implementación pero bajo costo marginal de la instalación de una cámara adicional). Su instalación es relativamente fácil, a diferencia de las espiras, y la mantención implica únicamente considerar la limpieza periódica de los visores.

Actualmente existe una creciente literatura que documenta el uso de este método. Sobre todo considerando que está basado ampliamente en el desarrollo de software de Inteligencia Artificial, y el equipamiento necesario es relativamente económico, es que ha llamado la atención de sectores académicos para desarrollo de diferentes soluciones.

Una de las soluciones más comunes en la literatura es la integración de cámaras a un computador compacto *on-board* (por ejemplo, Jetson NVIDIA nano), en el cual se pueden instalar y usar algoritmos de identificación de objetos. Uno de los algoritmos actualmente más utilizados es YOLO (You Only Look Once, Redmon et al, 2016), que permite, a partir de una imagen o video, generar cuadros en los cuales se contienen objetos de diverso tipo existentes en la imagen. Este modelo se puede complementar con otros de trackeo (como DeepSORT por ejemplo) para hacer seguimiento de los objetos identificados, y no generar dobles conteos. La ventaja de una arquitectura de este tipo, es que la imagen es procesada en el mismo lugar en que se detecta, y luego solo se transmite hacia el servidor (desde el computador) el conteo de vehículos, y no todo el video. El computador on-board permite flexibilidad de formas de transmisión de la información hacia un servidor, como por ejemplo uso de redes wifi, cables ethernet o el uso de un modem para conexión a red celular (por ejemplo, Sixfab 4G/LTE Cellular Modem Kit). Arquitecturas de este tipo se han desarrollado para el conteo de bicicletas en la literatura, como por ejemplo Gomes et al. (2022), entre otros.

A nuestro conocimiento, no hay en Chile algún conteo con cámaras para bicicletas (dentro del concurso actual “Desafío ANID Transporte” se plantea la propuesta de uso de cámaras para detección de vehículos, pero está a nivel de propuesta), pero si existen desarrollos en otros países. Todo indica que su uso está siendo probado en diferentes contextos, pero todavía estando lejos de ser el estándar como lo son las espiras (pero con gran futuro a medida que avanzan los algoritmos de detección y se abaratan las cámaras). Hay algunos ejemplos en EEUU, como el de la ciudad de Bellevue en Washington, que implementó un sistema de conteo con un dashboard que permite a las autoridades hacer un seguimiento de los flujos en las calles⁴ (2020), o el caso de Chicago, que entre 2012 y 2014 instalaron más de 500 contadores, los cuales de a poco fueron reemplazando con contadores con reconocimiento de imágenes (de la empresa Miovision)⁵

4

https://bellevuewa.gov/sites/default/files/media/pdf_document/2020/Video%20Analytics%20Towards%20Vision%20Zero-Traffic%20Video%20Analytics-12262019.pdf

⁵ <https://miovision.com/case-studies/chicago>

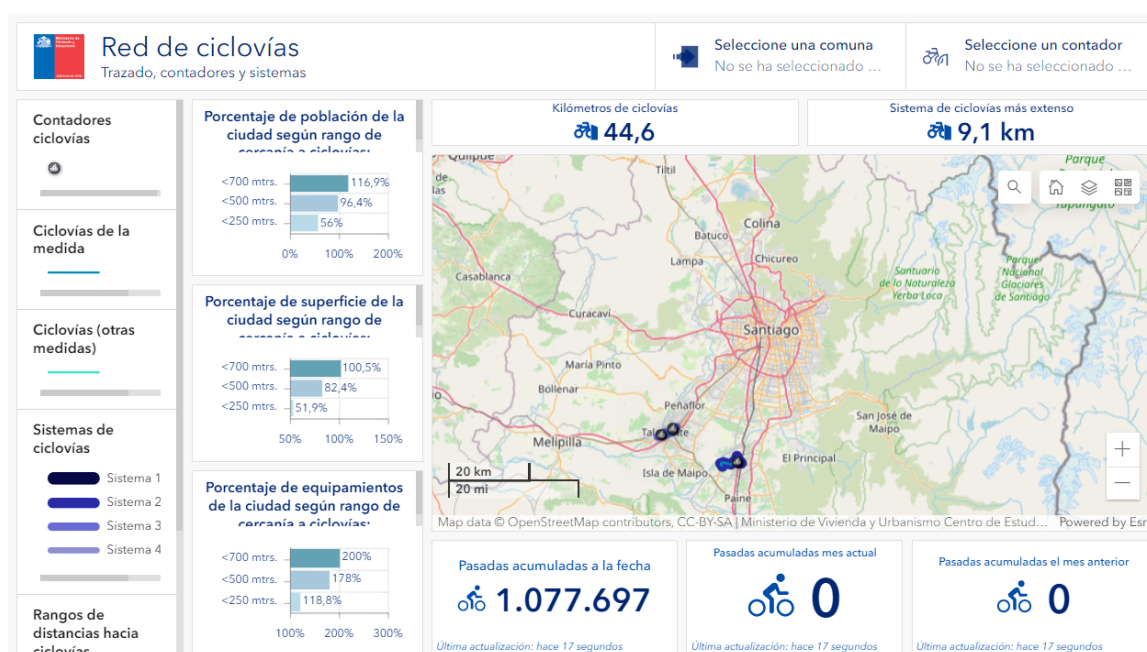
Un caso más documentado es el desarrollo en Nueva York y Seattle, que en 2022 desarrollaron un framework para recolectar data de peatones y ciclistas a partir de la infraestructura de cámaras ya existentes, logrando entre un 86 a 96% de éxito en las detecciones⁶.

Lo interesante de esta tecnología es la posibilidad de ser desarrollada a bajo costo y de forma relativamente “artesanal”, un ejemplo es la noticia del desarrollo del primer contador de bicicletas con reconocimiento de imágenes en India, hecho por un joven de 18 años⁷.

7.2.12 Visor de ciclovías y contadores MINVU

El MINVU ha desarrollado un visor de ciclovías (<https://www.minvu.gob.cl/ciclovias-minvu/>) que proporciona información sobre los trazados de ciclovías a nivel nacional, considerando análisis de cobertura y los datos de los contadores automáticos. Es importante tener en cuenta que la información disponible en el visor es referencial y se actualiza mensualmente.

En términos generales, existen más de 150 contadores automáticos, de los cuales hay datos disponibles para 142 de ellos en el portal adjunto a este visor de ciclovías. En cuanto a la ubicación de los visores, en la Región Metropolitana se encuentran solo tres: dos en la comuna de Talagante y uno en Buin.



Visor red de ciclovías MINVU

Dentro del visor, es posible visualizar información sobre estadísticas de población, superficie y equipamientos cercanos a las ciclovías. Estos datos se expresan en porcentajes e incluyen conteos

6

<https://www.itstrs.its.dot.gov/briefings/case-study/leveraging-existing-infrastructure-and-computer-vision-on-pedestrian>

7

<https://indianexpress.com/article/cities/bangalore/bengaluru-18-year-old-develops-indias-first-ai-sensor-based-bicycle-counter-7890472/>

Además, el visor cuenta con una sección de Microsoft Power BI donde se muestran diversas visualizaciones relacionadas con el análisis de los datos proporcionados por los contadores automáticos. Estos análisis pueden desglosarse por región, comuna, eje y contadores específicos. Los datos abarcan desde 2015 hasta 2023, dependiendo de las fechas de operación de cada contador.

[illegible]

Además, desde el portal de datos, se muestra para cada contador una página pública que presenta detalles como la ubicación del contador y las estadísticas principales, junto con su fecha de inicio y fin de operación. En cuanto a los contadores disponibles para la Región Metropolitana, las estadísticas están disponibles desde octubre/noviembre de 2016 hasta el 4 de febrero de 2019, que corresponde a la fecha de la última actualización de los conteos de los tres contadores ubicados en la Región Metropolitana.

46

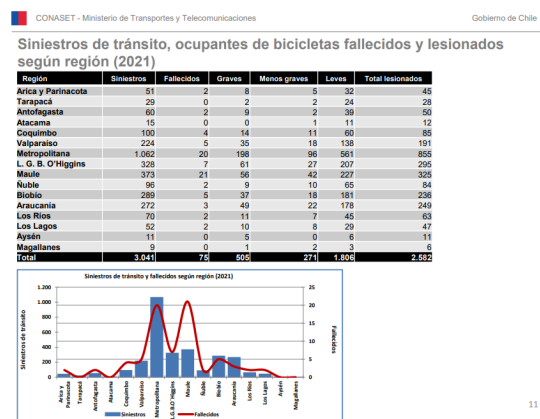


Página pública contador

7.3. Eje 3: Comportamiento y seguridad

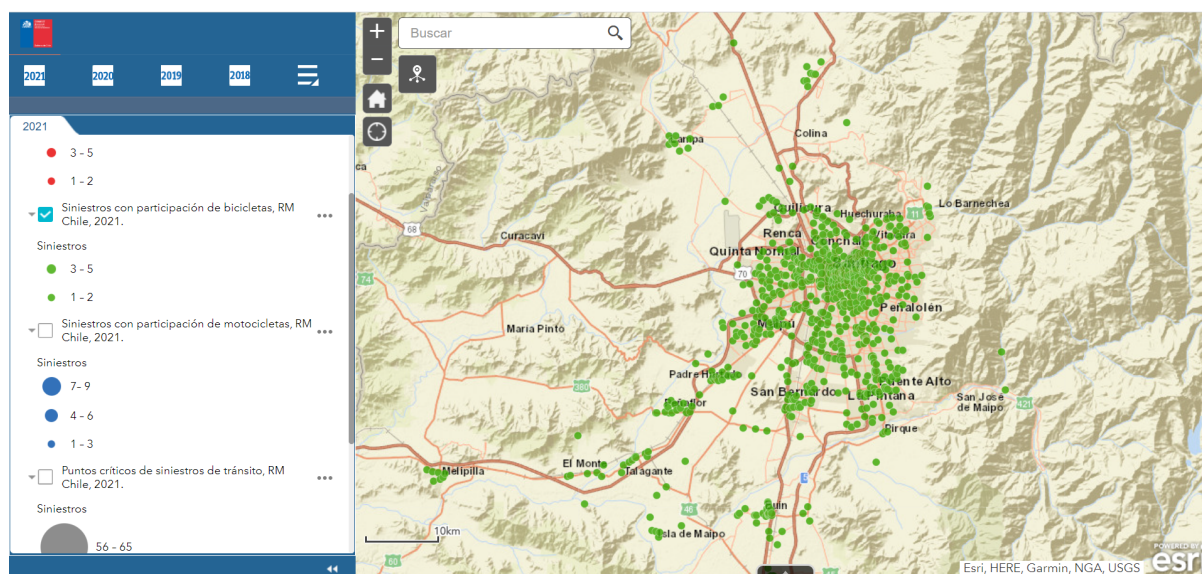
7.3.1 Accidentes

Datos publicados por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET) parte del MTT. Esta información corresponde a informes temáticos con distintos datos de Carabineros. En cuanto a los siniestros de tránsito de ocupantes de bicicleta y consecuencias, se han publicado de forma anual desde el año 2013 hasta el año 2021. En estos informes se da cuenta de la cantidad de siniestros según región, se muestran comparaciones con años anteriores, y se presentan rankings a nivel de comuna y por rutas.



Informes temáticos de siniestros de tránsito - CONASET

Además, se encuentra el visor "Siniestros de tránsito en la Región Metropolitana de Santiago 2013 - 2021", en donde se presentan distintos tipos de siniestros, entre ellos, los siniestros con participación de bicicletas. La información es presentada a través de puntos (cantidad de siniestros), de forma anual, entre los años 2013 a 2021, y actualmente la información correspondiente al año 2022 está en revisión para ser subida a este visor. Los datos están disponibles para ser descargados en formato shapefile, CSV, entre otros.



Visor siniestros de tránsito en la Región Metropolitana de Santiago - CONASET

7.3.2 Encuestas Conflictos entre ciclos y otros modos

La investigación en cuanto a conflictos de ciclistas y otros modos está en una etapa inicial, siendo el académico Rodrigo Mora (Departamento de Urbanismo, Facultad de Arquitectura, U. de Chile) quien lidera en esta materia.

De forma inicial, se cuenta con dos encuestas realizadas hace unos años por Amarilis Horta, sobre conflictos con conductores de Transporte Público, y otra en que se encuestó a cerca de 2.500 ciclistas a nivel nacional, sobre sus conflictos que han experimentado con conductores de otros modos (Buses, taxis, automóviles particulares, camiones), como también su percepción acerca de estos modos.

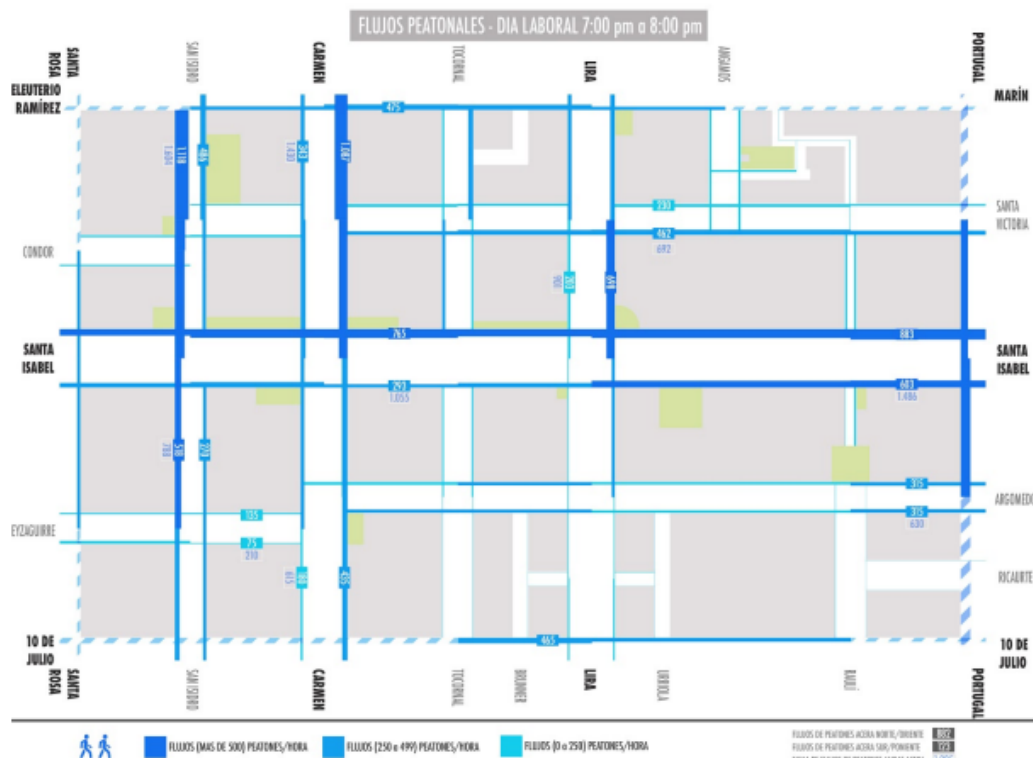
Actualmente, Rodrigo Mora, junto a Tomás Cox y Geraldine Herrmann, llevan un proyecto llamado "Los ciclos y sus conflictos con otros modos de transporte: un análisis en calles de Santiago" (FONDECYT Regular, 2022-2025), en el cual se está analizando la encuesta antes citada, además de levantar otros insumos (una encuesta sobre conflictos específicos de ciclistas, un registro en video de conflictos en ciertas ciclovías de la ciudad, entre otros). Además de una análisis descriptivo de los conflictos, se van a desarrollar modelos que permitan relacionar elementos del entorno y actitudes de los ciclistas con la probabilidad de que se genere un conflicto. Esto permite entender los detonantes y situaciones que propician conflictos y accidentes.

7.3.3 Mediciones en Intersecciones

Se propone realizar mediciones antes y después de comportamiento en intersecciones para identificar diseños recomendables. Esto mediante, por ejemplo, el uso de drones para la obtención de datos. En esta línea se encuentra la tesis "Automovilización y su impacto en las actividades peatonales" de Daniel Parra (2018), en donde el autor utiliza la tecnología de un dron o UAS (sistemas aéreos no tripulados), para la obtención de datos respecto a las actividades peatonales y/o vehiculares en el espacio público.

En la metodología se identifica que los datos que se obtengan dependen entre otras decisiones de la ubicación del dron, de su altitud, del tiempo de vuelo, y las repeticiones en el tiempo. Para las ubicaciones optó por privilegiar las intersecciones de las calles, donde es posible medir los flujos de personas o vehículos que comienzan o terminan algún determinado tramo de calle.

Gran parte de los datos obtenidos de las distintas variables de la automovilización y de las actividades peatonales se obtuvieron mediante el uso de drones: número de desplazamientos vehiculares y peatonales; velocidad de los flujos del transporte motorizado; promedio de usuarios de áreas verdes; usuarios y actividad en las áreas verdes; entre otras.



Esquema de flujos promedio en aceras (extraído de Parra, 2018)

7.4. Eje 4: Experiencia del ciclista

7.4.1 Movilidad como Servicio (MaaS: *Mobility as a Service*): Ualabee

El concepto de *Mobility as a Service* surge como una filosofía de integración de servicios de transporte en una única plataforma en la cual un usuario o viajero pueda elegir, para un origen y destino, la mejor opción o combinación de opciones de acuerdo a rutas, precios, comodidad y trasbordos, lo cual optimice su experiencia de viaje. Esta modalidad permite superar una visión de la oferta de transporte como servicios rígidos y poco compatibles entre sí. Dentro de estas opciones, se facilita su operación la existencia de oferta basada en solicitudes, como Uber o similares, y también la abundancia de información respecto a disponibilidad.

Parte de esto es la posibilidad de integrar las bicicletas compartidas (en el caso de Santiago, el programa de bicicletas compartidas de la empresa tembici) como una etapa de viaje que permita la aproximación y egreso a estaciones o paraderos de transporte público. De esta forma, se permite potenciar un esquema que evite el uso de transporte privado, mejorando la accesibilidad a éste por parte de personas alejadas de la red existente mediante la coordinación (facilitada por la tecnología) de los diferentes modos de transporte.

Para el caso de Santiago, una de las aplicaciones que emerge como una potencial alternativa es Ualabee, empresa argentina que llegó a Chile en 2022 y que permite a sus usuarios planificar viajes

en transporte público (ya tiene una alianza con DTPM que permite pagar a través de la aplicación). También indica la disponibilidad de bicicletas de tembici en cada una de sus estaciones (pero todavía no permite pagar con la aplicación). Todavía tiene que generar la integración con aplicaciones de taxi (Uber, Cabify), y por ahora solo ofrece la posibilidad de ir hacia estas aplicaciones desde Ualabee, pero no de solicitar viajes. En resumen, Ualabee aparece como una aplicación potencial de MaaS para Santiago, pero todavía su integración con múltiples modos de transporte que son ofrecidos por otros privados depende de la voluntad de estas empresas.

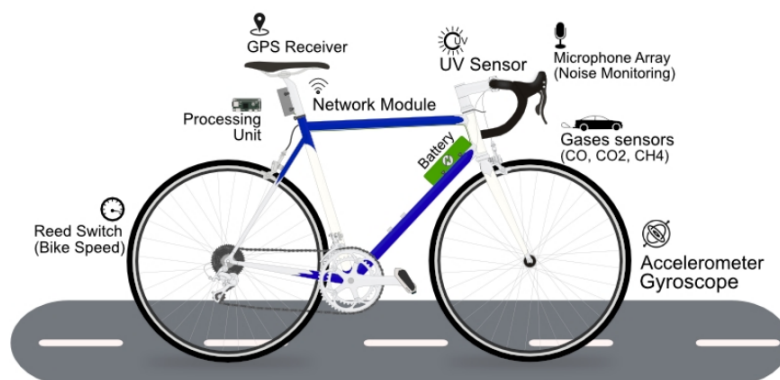
7.4.2 Tecnología en torno a la Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IOT)

Algunas de las alternativas que se presentan tienen relación con lo indicado en Oliveira et al (2021), sobre el uso de desarrollos tecnológicos con el fin de agregar capacidades de control y comunicación, en este caso a las bicicletas. Así, las bicicletas podrían estar equipadas con dispositivos de detección y procesamiento, permitiendo transmisión y recepción dinámica de información, que serviría para respaldar nuevos servicios de optimización de movilidad.

En términos generales, se considera que lo planteado en el artículo, así como en general otros tipos de dispositivos que hay en la literatura, no podrían ser enmarcables en una estrategia de uso de datos para promover la construcción y uso de ciclovías, toda vez que dependen más bien de la persona que usa el ciclo y en muchos casos están distantes a la realidad nacional.

Las bicicletas equipadas con sensores pueden actuar como dispositivos de monitoreo para los ciclistas, proporcionando no solo datos sobre la velocidad y las distancias recorridas, sino también sobre la salud de los ciclistas. Además, dado que las bicicletas pueden estar conectadas para proporcionar datos continuos para el almacenamiento y procesamiento, se puede crear una red de sensores de bicicletas que recopile datos sobre la ciudad y el entorno circundante. Entre los datos que se podrían monitorear, por medio de sensores estaría la detección de la contaminación del aire y del ruido, la temperatura, la presión atmosférica, la radiación UV y muchas otras variables ambientales.

Por lo tanto, dotar a las bicicletas con capacidades de hardware, detección y comunicación está generando una nueva transformación para la maduración del ciclismo inteligente, ya que las bicicletas ahora pueden verse como elementos conectados activos de una ciudad para el procesamiento, la transmisión y la recepción de datos continuos.



Esquema de una bicicleta con IoT (extraído de Oliveira et al, 2021)

Además de las bicicletas, se podrían dotar de tecnologías a las ciclovías, los estacionamientos para bicicletas, postes eléctricos, e incluso semáforos en pos del ciclismo inteligente.

Sin embargo, de acuerdo a Behrendt (2019), después de una búsqueda sistemática, a la fecha la discusión en Europa sobre el uso de IoT gira en torno a los automóviles (autos autónomos principalmente) y escasamente en base a las bicicletas o movilidad activa, lo cual indica sobre lo que falta todavía en este aspecto para llegar a implementar políticas de este tipo.

En Copenhague (FIWOO, 2023), se ha implementado una red de sensores IoT a través de la plataforma FIWOO para analizar la calidad del aire y las condiciones del tráfico con el objetivo de minimizar la contaminación. Este proyecto se basa en la instalación de sensores IoT en áreas específicas, como barrios, zonas, ciudades o regiones, que evalúan la calidad del aire y las condiciones del tráfico para reducir la contaminación.

La información sobre el tráfico y la movilidad en tiempo real de las zonas críticas y sus alrededores se recopila y se muestra en mapas. Esta información se cruza con datos del transporte público, conjuntos de datos de transporte alternativos, informes de incidentes o eventos, datos en tiempo real de la calidad del aire provenientes de los sensores, niveles de ocupación de aparcamientos públicos y privados, semáforos inteligentes y cámaras de vigilancia para el control del tráfico.

Toda esta información se analiza para generar automáticamente recomendaciones a los ciudadanos. Estas recomendaciones incluyen rutas óptimas a seguir, ubicaciones adecuadas para estacionar y opciones de transporte público a utilizar. El objetivo principal de estas recomendaciones es reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire en la ciudad.

8. Análisis de las ciclovías existentes y proyectadas

El objetivo de este análisis es tener una visión general de la red de ciclovías en Santiago, su distribución y características, además de sensibilizarse respecto a la información presente en los catastros existentes.

8.1 Información contenida en los catastros

En cuanto a los catastros con información de las ciclovías existentes, se encuentran dos fuentes principales de información, el visor territorial de ciclovías desarrollado por IDE Chile, y el catastro de ciclovías existentes del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.

Visor territorial de ciclovías (<https://ciclovias.visorterritorial.cl/>)

Por una parte, en el visor territorial perteneciente al al Ministerio de Bienes Nacionales y al Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, se puede encontrar información proveniente de distintas fuentes como del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Seremis de Transporte, SECTRA, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno Regional Metropolitano, Municipios, Openstreetmap y Bike Santiago.

Se presenta visualmente información respecto a las ciclovías existentes y aquellas en ejecución, la que puede ser visualizada a escala comunal y regional. Además se puede descargar la información disponible de Ciclovías Arriendos Estacionamientos Bike Santiago Estacionamiento en Metro, Metro Tren y otros, en formato Shapefile.

Catastro GORE RMS (shapes)

Por otra parte, el catastro de las ciclovías existentes del GORE se presenta en forma de 'shapes', con dos conjuntos de datos: uno que contiene la información de los tramos de las ciclovías y otro que describe los ejes de estas.

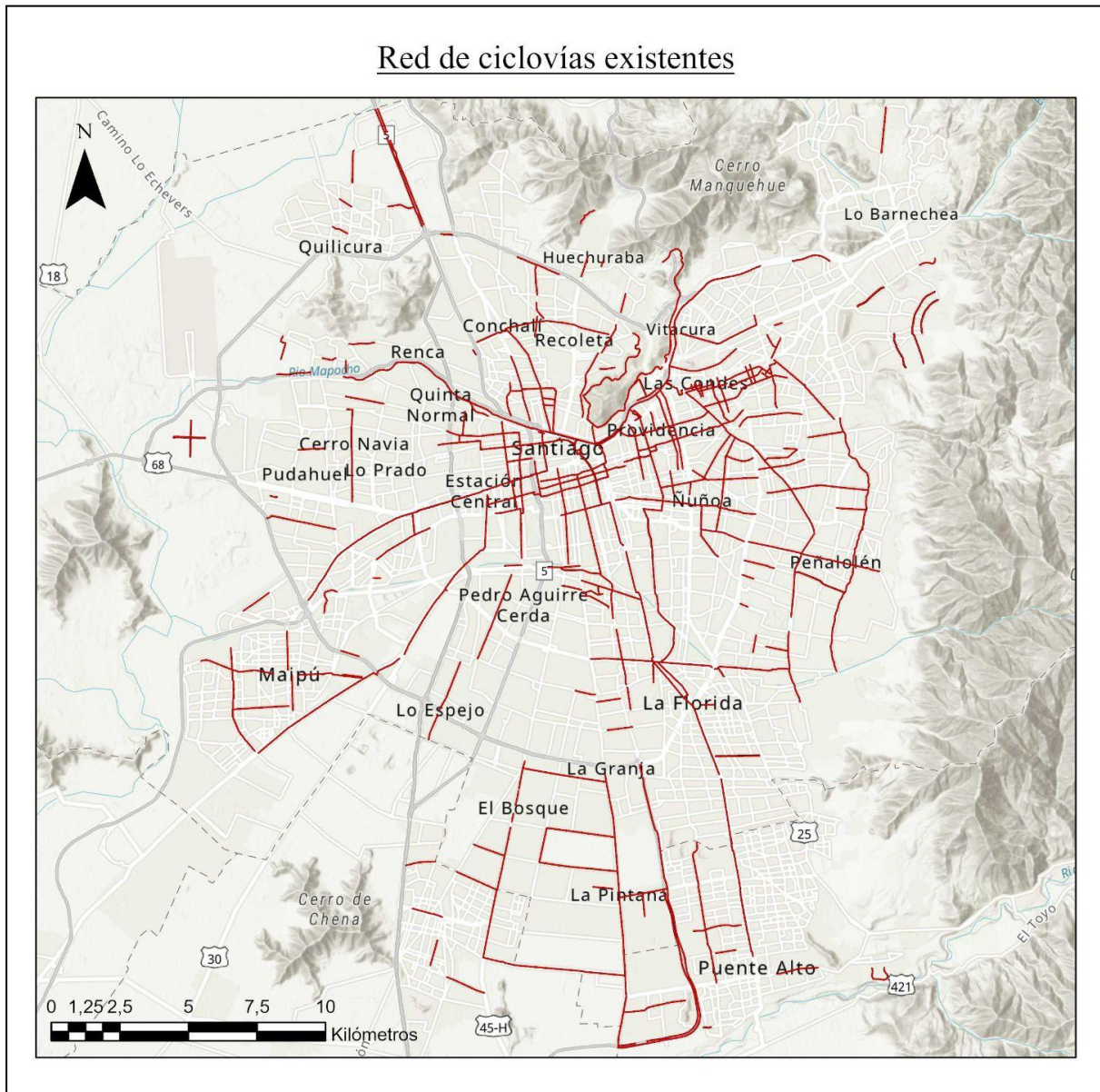
En la capa de información correspondiente a las ciclovías por tramos, se incluye el nombre de la ciclovía, su punto de inicio y término, la comuna en la que se encuentra, su estándar y su longitud en kilómetros.

Por otro lado, en la capa de información que se refiere a las ciclovías por ejes, se proporciona el nombre del eje, sus puntos de inicio y término, la comuna y macrozona en la que está ubicado, el número de tramos que componen el eje, su estándar y su longitud en kilómetros.

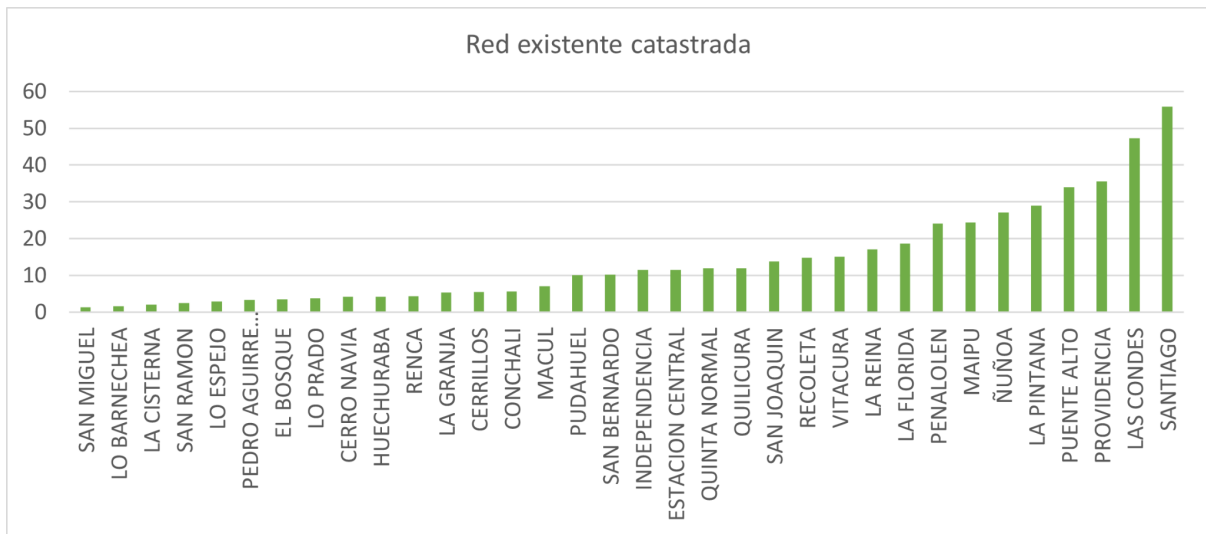
8.2 Distribución de las ciclovías

Para analizar la distribución de la red de ciclovías existentes, se lleva a cabo una cartografía utilizando el catastro de ciclovías proporcionado por el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. A partir de este catastro, se extraen los datos necesarios para la elaboración de gráficos con el objetivo de visualizar la cantidad de kilómetros de ciclovías a nivel comunal. Esta información detallada no solo permite comprender la extensión de las ciclovías en cada comuna, sino que también facilita la identificación de áreas específicas con una mayor densidad de infraestructura ciclista.

- Red de ciclovías existentes Región Metropolitana

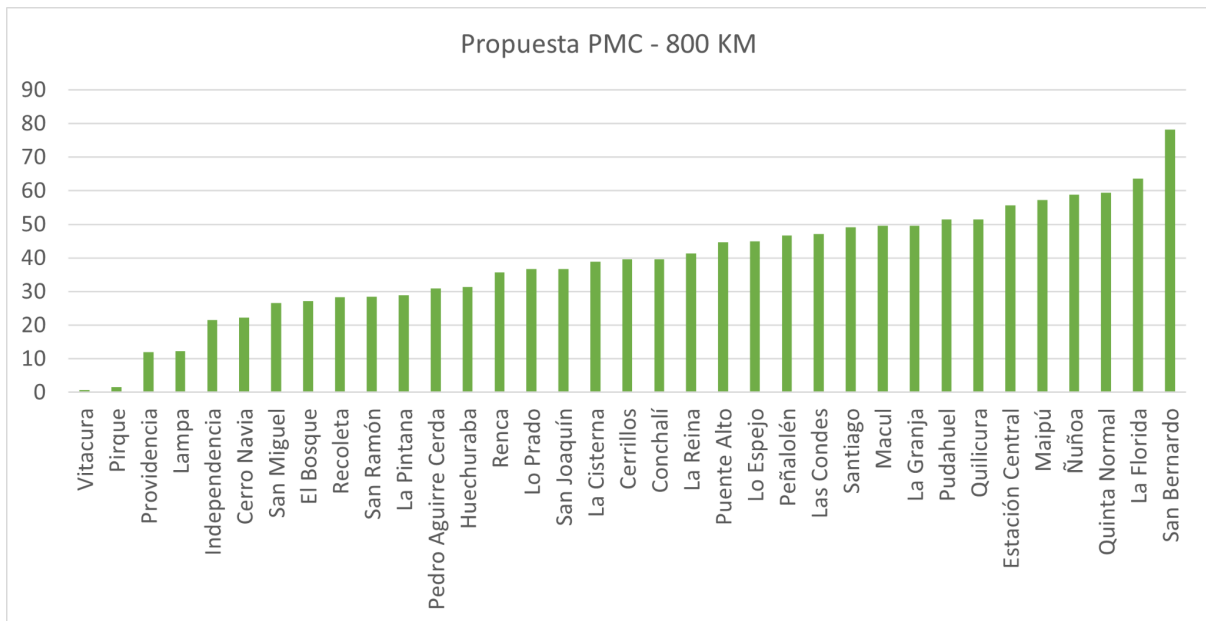


- Red existente catastrada con un total de 480,90 kilómetros



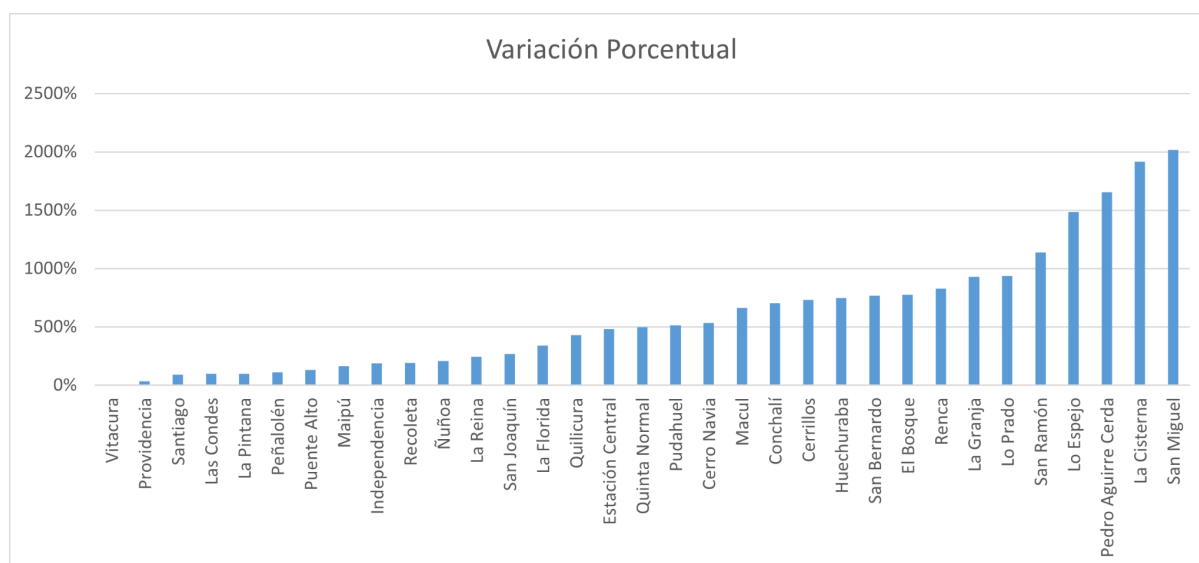
Fuente: Elaboración propia a partir de catastro GORE

- Red PMC - 800 km



Fuente: Elaboración propia a partir de catastro GORE

- Variación porcentual del crecimiento de los kilómetros de ciclovías por comuna

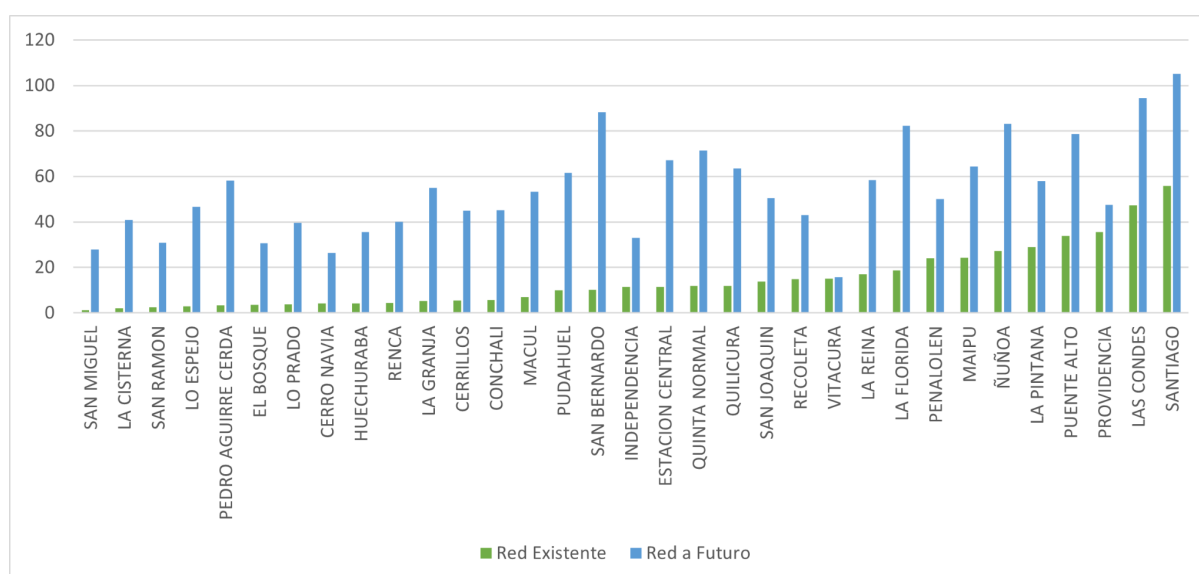


Fuente: Elaboración propia a partir de catastro GORE

Se analizó la variación porcentual en el crecimiento de las ciclovías por kilómetro en cada comuna. En primer lugar, se realizó una intersección entre la red PMC y las comunas de la Región Metropolitana para obtener la información sobre la cantidad de kilómetros por comuna. Luego, se calculó la variación porcentual entre las ciclovías existentes y la cantidad de kilómetros que habría una vez ejecutado el proyecto.

Este análisis reveló cifras significativas de variación porcentual en la mayoría de las comunas. Entre las más beneficiadas se encuentran La Cisterna, Pedro Aguirre Cerda y San Miguel.

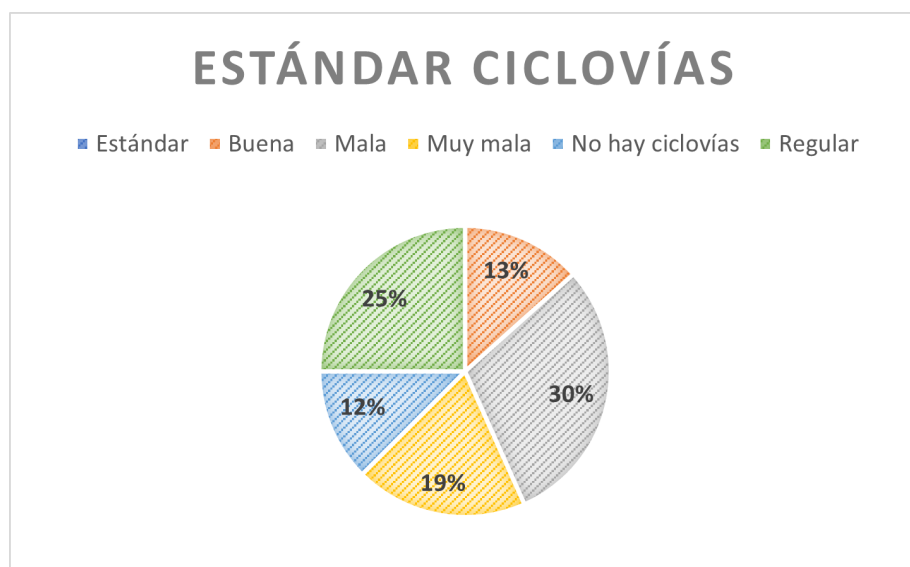
- Comparación red existente y red a futuro (existente y PMC)



Fuente: Elaboración propia a partir de catastro GORE

8.3 Sensibilización respecto a la calidad declarada de las ciclovías.

Se revisaron los estándares declarados de las ciclovías utilizando la información contenida en el catastro del GORE. Los resultados indican que el 30% de las ciclovías se encuentran en un estándar correspondiente a 'malo', seguido por 'regular' y 'muy malo'.

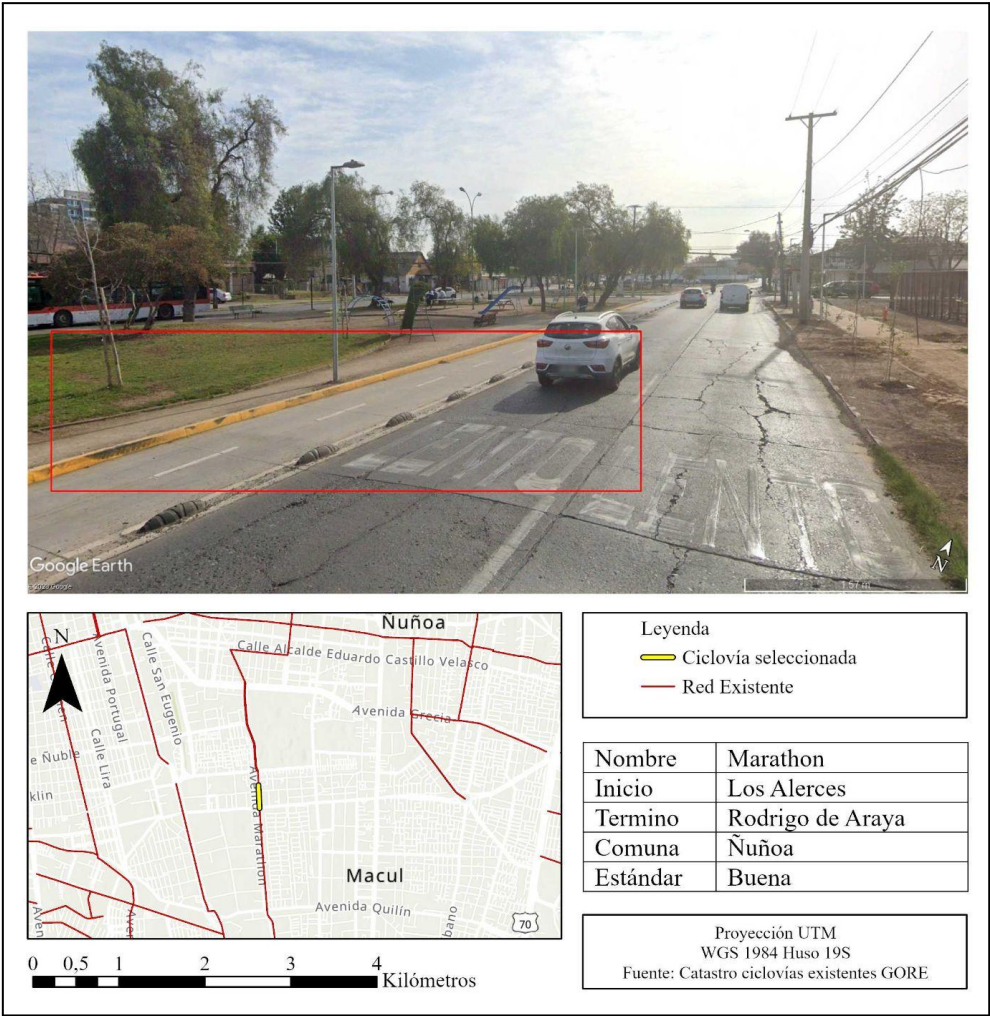


Fuente: Elaboración propia a partir de catastro GORE

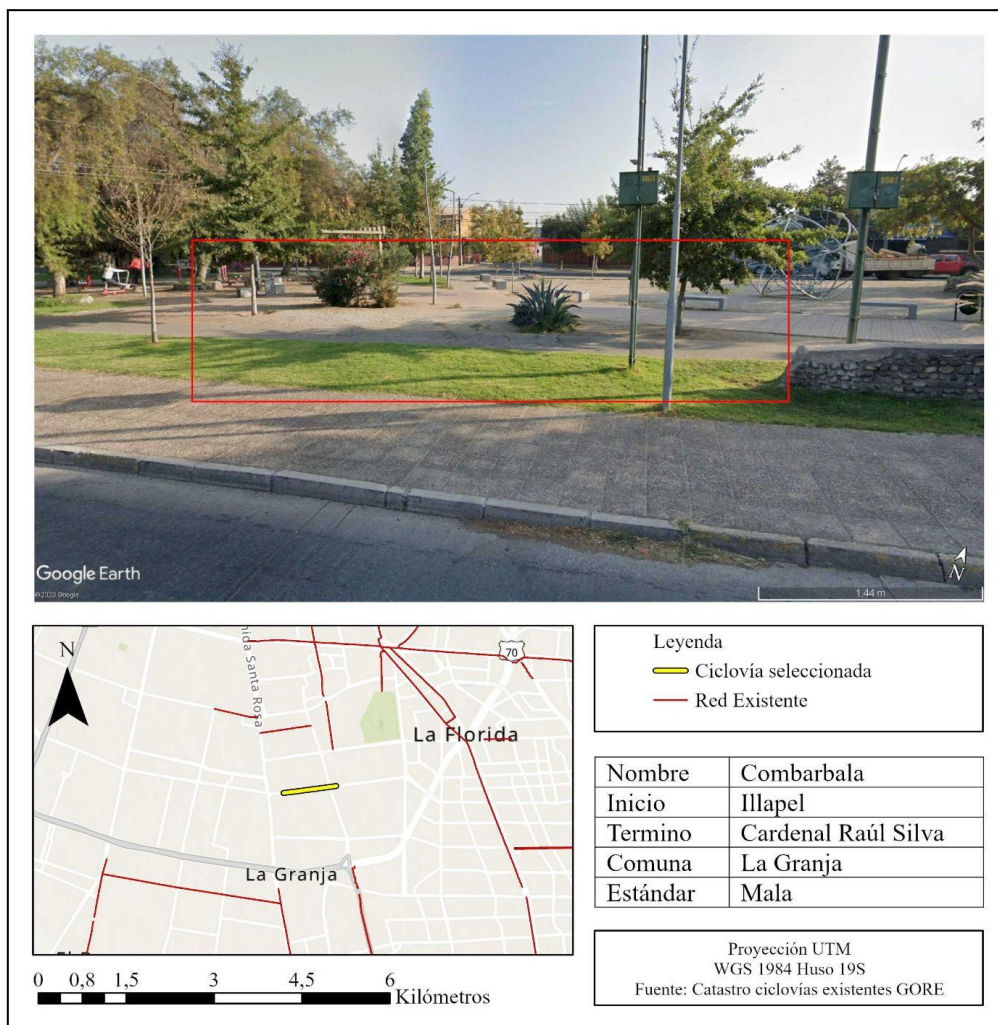
Tipos de estándar de las ciclovías por tramos

Con el objetivo de comprender y visualizar las diversas categorías de estándares de las ciclovías existentes, se llevaron a cabo cartografías para cada una de las tipologías de estándares. Para ello, se seleccionó un tramo representativo de cada categoría (Buena, Mala, Muy Mala, No hay ciclovía, Regular) del catastro de la red de ciclovías existentes. Posteriormente, se extrajo una imagen de Street View para visualizar cada uno de estos tramos. Además, se proporcionó un mapa que muestra la ubicación del tramo, junto con una descripción que incluye el nombre del tramo, su punto de inicio y término, la comuna donde se encuentra y su estándar correspondiente.

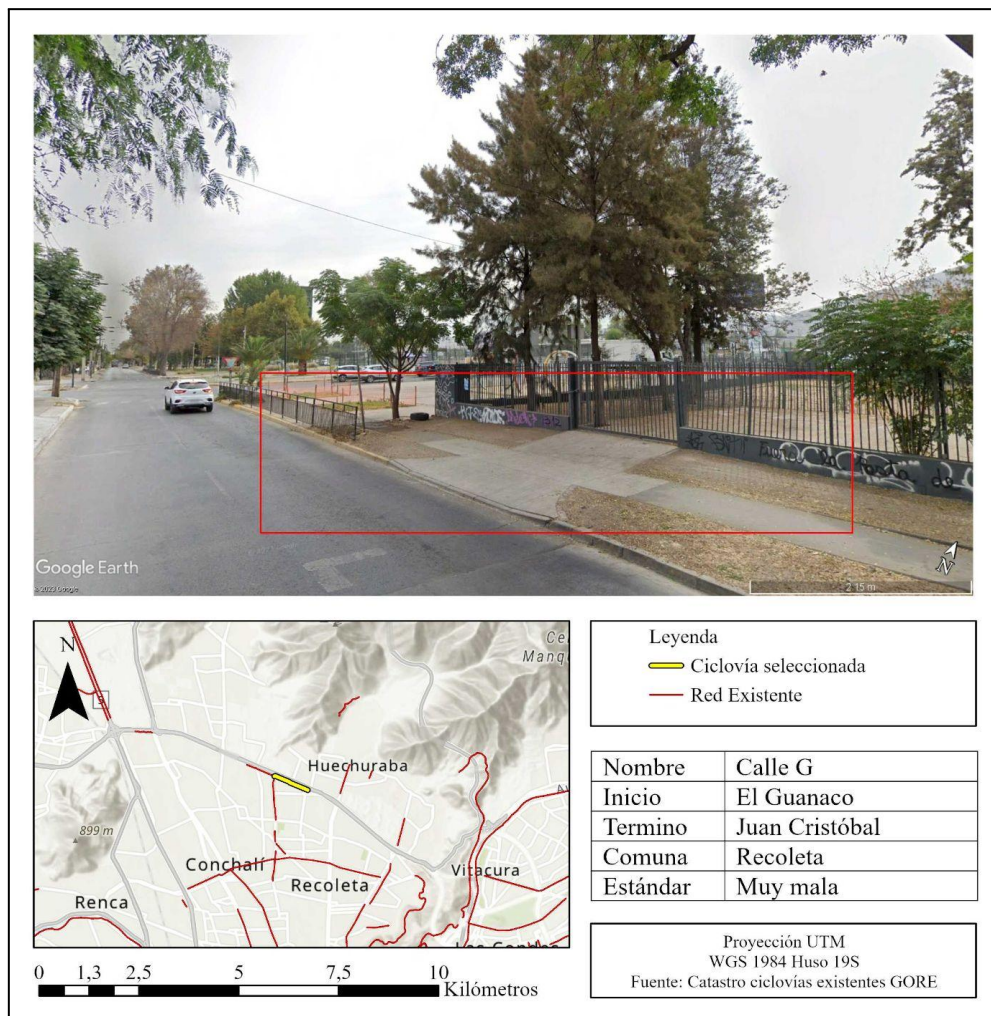
1. Estándar: Buena



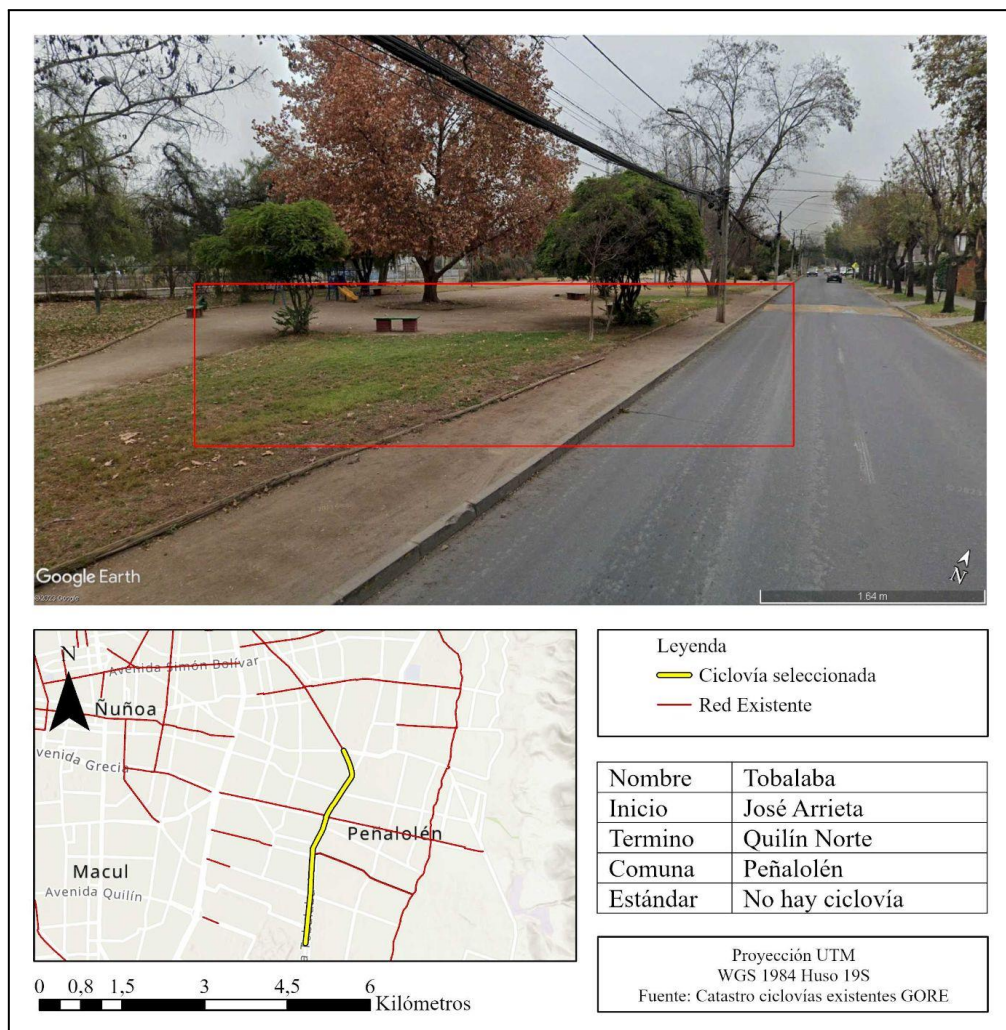
2. Estándar: Mala



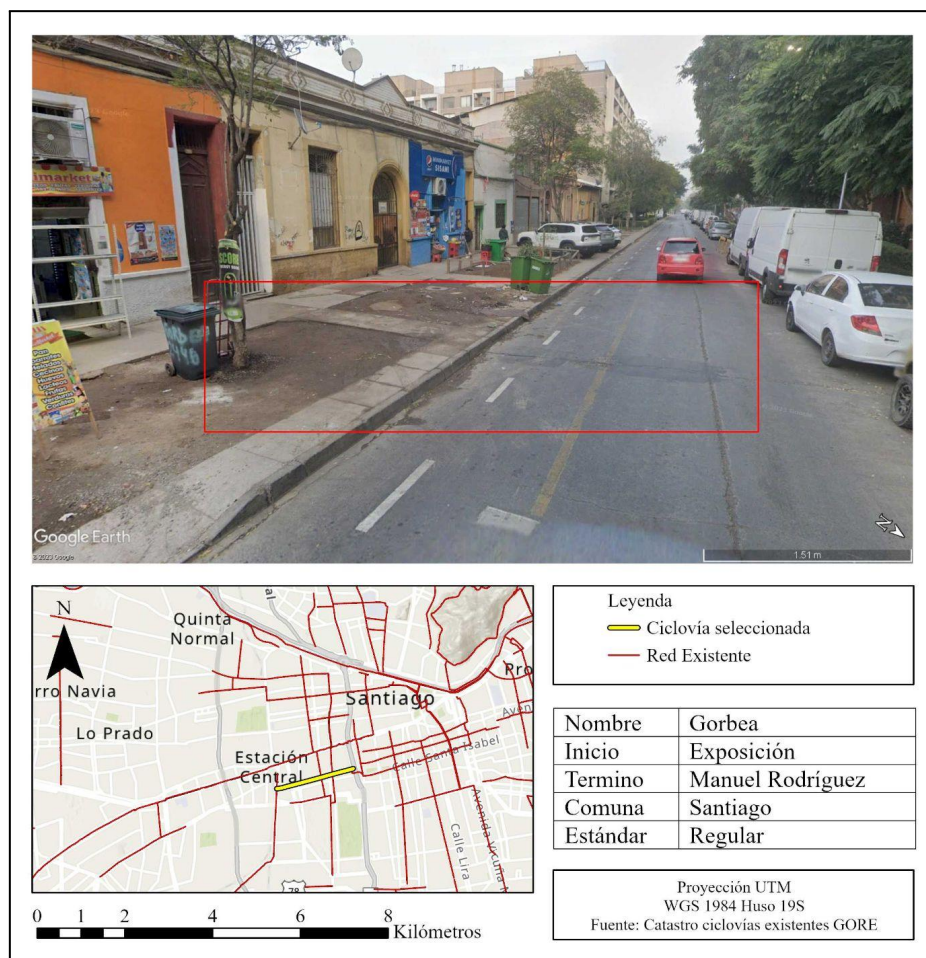
3. Estándar: Muy Mala



4. Estándar: No hay ciclovía



5. Estándar: Regular



8.4 Indicador de Conectividad de ciclovías

Considerando la importancia de contar con indicadores que midan la efectividad de la red en su conjunto de conectar la ciudad, más allá de la cantidad de kilómetros construidos, se explora en esta sección un indicador de red para medir conectividad.

Se explora un indicador que representa la relación entre las intersecciones y los nodos terminales en un sistema de ciclovías. Una mayor cantidad de intersecciones en comparación con los nodos terminales indica una red más conectada y accesible (ver Encyclopedia TDM, en <https://www.vtpi.org/tdm/tdm116.htm>) .

En este apartado, se presentará un análisis detallado del indicador de conectividad en la Región Metropolitana. Además, se explorará un ejemplo específico en la comuna de Maipú, donde se introducirán ejemplos de redes continuas y discontinuas para ilustrar cómo la estructura de la red influye directamente en la conectividad.

Indicador de Conectividad Región Metropolitana

Para calcular el indicador de conectividad, se utilizó ArcGIS Pro. En primer lugar, se identificaron las intersecciones y los nodos terminales en la red de ciclovías de la Región Metropolitana. Para identificar las intersecciones, se empleó la herramienta "Intersect", y para los nodos terminales, la herramienta "Feature Vertices to Points". El resultado fue 4 intersecciones y 373 vértices o nodos.

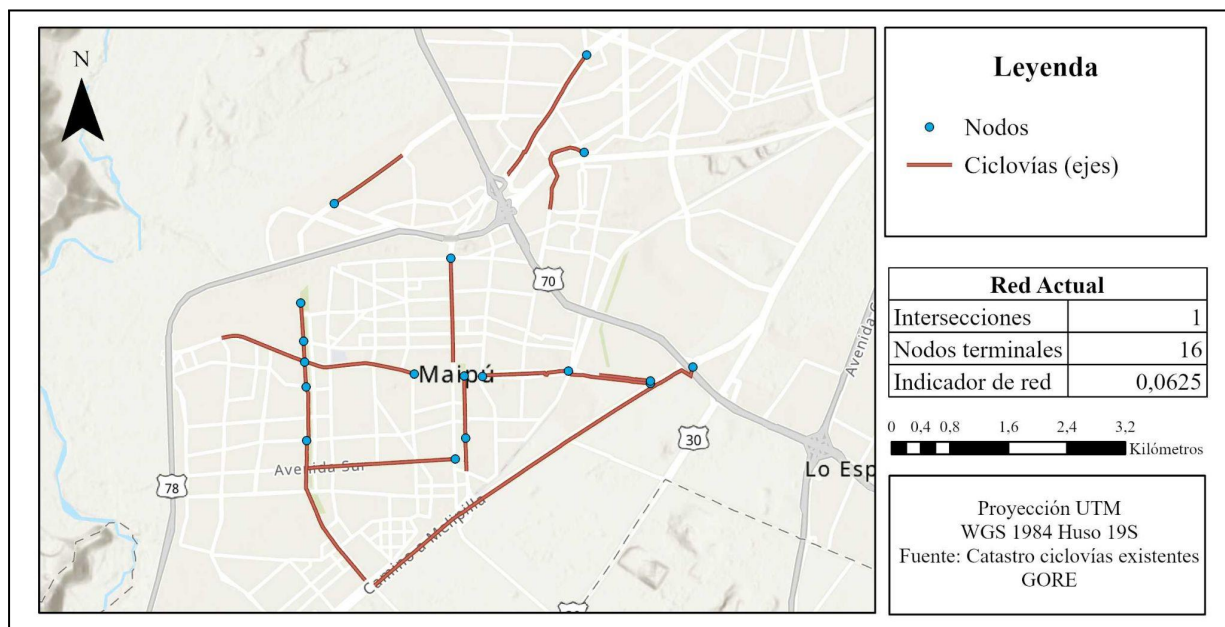
Luego, para el cálculo del indicador de conectividad, se dividió la cantidad de intersecciones entre la cantidad de nodos terminales. Los nodos terminales se determinaron como 369, ya que del total de 373 nodos se restaron las intersecciones. Esto resultó en un indicador de red de 0,011, lo que indica que hay muy pocas intersecciones en comparación con la cantidad de nodos terminales. En este contexto, el indicador de red cercano a cero sugiere que la red tiene una baja conectividad, ya que hay muy pocas intersecciones para facilitar el movimiento entre los nodos terminales.

Indicador de conectividad en Maipú

Se siguió el mismo proceso para analizar la red de ciclovías de la comuna de Maipú y calcular el indicador de la conectividad actual. Además, con el objetivo de visualizar la diferencia entre una red continua y discontinua, se incorporaron dos rutas de ciclovías, cada una con una longitud aproximada de 1 kilómetro. La primera ruta está conectada al resto de la red, mientras que la segunda está aislada.

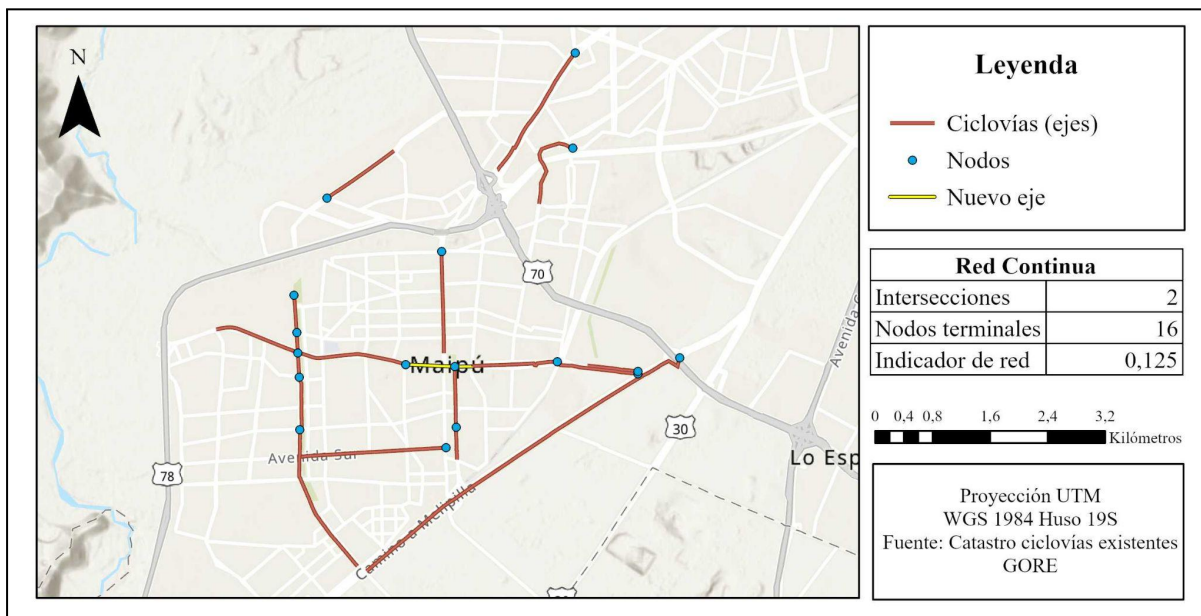
Red Actual

En el caso de la red actual de ciclovías en la comuna, se obtuvo un indicador de red de 0,0625. Este valor se calculó al encontrar una intersección y 16 nodos terminales en la red existente.



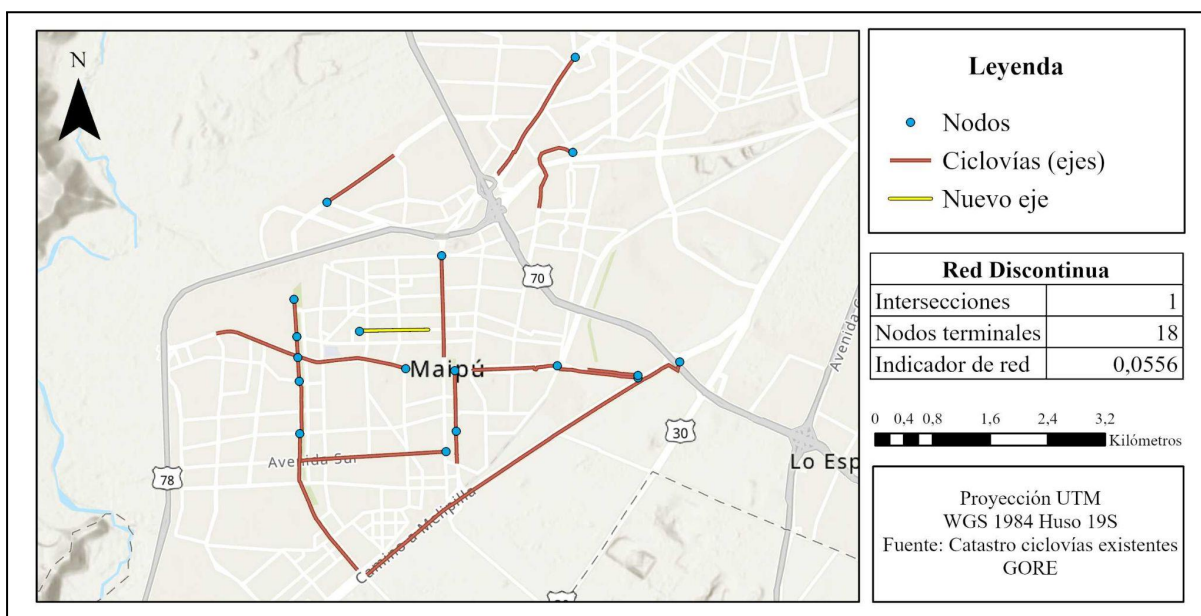
Caso 1: Intervención que aumenta la conectividad

Se incorporó un eje de un kilómetro de longitud en la Avenida 5 de Abril, conectando los ejes ya existentes en dicha avenida. Este cambio dio como resultado un indicador de red de 0,125, un valor superior al de la red actual. Esto indica una mejora en la conectividad de la red de ciclovías.



Caso 2: Intervención que disminuye la conectividad

En este caso, se propone un tramo con la misma longitud, pero el eje se encuentra aislado de la red existente. Como resultado, el indicador de conectividad fue de 0,0555, una cifra incluso menor que la del indicador actual. Esto resalta la importancia de que los nuevos ejes que se integren a la red estén conectados a la infraestructura existente de ciclovías. Esta conexión es esencial para mejorar la conectividad de la red, lo que, a su vez, mejora la experiencia de los ciclistas de manera directa.



9. Mapeo de Procesos para aprobación de Ciclovías en GORE

En esta sección se presenta un mapeo referente a las diferentes instancias de aprobación de ciclovías, el cual sirve de insumo clave para entender la forma en que los datos, modelos y plataformas pueden insertarse en la institucionalidad vigente.

De acuerdo al Ministerio de Transportes (MTT) y, en relación con el proceso de formulación de ciclovías, cabe mencionar que estas se proyectan asociadas a un plan, a fin de obtener una recomendación técnica favorable (RS) por parte del Ministerio de Desarrollo Social. Luego, se trabaja sobre el diseño -para nuevamente obtener RS-, el que se ingresa a la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Transporte. Desde esta institución se revisa el proyecto, en base a una guía y una rúbrica diseñada por ésta para dicho fin. Cabe mencionar que los planes se licitan (puede ser el GORE, SECTRA o MTT). En estos momentos (octubre 2023) la consultora *Cityplanning* está llevando a cabo el Plan Maestro de Ciclovías (PMC);

A continuación se analizan algunos documentos relacionados al proceso de aprobación de ciclovías, tales como el Decreto 102 (MTT) y la Metodología para la formulación y evaluación de planes maestros de ciclo-rutas del Ministerio de Desarrollo Social (MIDESO); asimismo, se esquematizan los procesos para la puesta en marcha del PMC por parte del GORE RM.

9.1. Decreto 102 MTT

El Decreto 102, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, reglamenta las condiciones de gestión y seguridad de tránsito de las ciclovías y las especificaciones técnicas de los elementos de seguridad para los ocupantes de los ciclos.

En este decreto se establecen los principios que deben guiar la planificación, diseño e implementación de las ciclovías; además, de establecer los requisitos que deben cumplir el diseño y las características técnicas de las ciclovías. Será la Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones la que autorice la operación de las ciclovías.

En el procedimiento se distinguieron dos fases de pronunciamiento por parte de la Secretaría Regional: en la etapa de anteproyecto y en la etapa de proyecto. En la etapa de anteproyecto, se encuentran decisiones vinculadas con el perfil de la ciclovía, emplazamiento en la faja vial y la identificación de potenciales conflictos, y en la etapa de proyecto, se presenta el diseño definitivo de la ciclovía, otorgando solución a los conflictos identificados.

El artículo 7 detalla los requisitos necesarios para la presentación del anteproyecto en Secretaría Regional, que incluyen:

- **Ficha de presentación con información respecto a datos generales:** nombre del anteproyecto, nombre de la(s) vía(s) en que se ubicará, los tramos que ocupará y el emplazamiento con sus accesos y sentido del tránsito que tendrá la ciclovía. Además, debe presentar un oficio de conformidad con la iniciativa, de parte del o los municipios donde se localizará la ciclovía. Lo anterior no será necesario en el caso de que la ciclovía se encuentre emplazada en una sola comuna y su interesado sea el mismo municipio.
- **Memoria explicativa:** Esta debe contener, al menos, la relación del proyecto con algún plan estratégico de la(s) comuna(s) en que se emplazará la ciclovía, como por ejemplo con el Plan de desarrollo comunal, Plan regulador, Plan de ciclorutas, entre otros; la caracterización de los tramos que lo componen; el número de singularidades que presenta, la superficie de desplazamiento y la segregación de la misma, la identificación de potenciales conflictos y un análisis de alternativas de emplazamiento que permita justificar la decisión finalmente adoptada

- **Esquema de emplazamiento:** el cual debe indicar, al menos, su inserción en la red vial, su conexión con otras ciclovías de la red y el contexto urbano en el que se inserta, considerando el equipamiento de escala local, comunal y/o metropolitana que se considere más relevante, como, por ejemplo, centros educacionales, lugares de culto o centros deportivos.
- En caso de que la ciclovía requiera utilizar faja vial que actualmente esté destinada a otros usos (por ejemplo estacionamientos), el anteproyecto debe incluir la aprobación del o los Departamentos Municipales y/o de la Dirección de Vialidad, que corresponda.

El artículo 10 establece los requisitos para la etapa de proyecto, los que corresponden a:

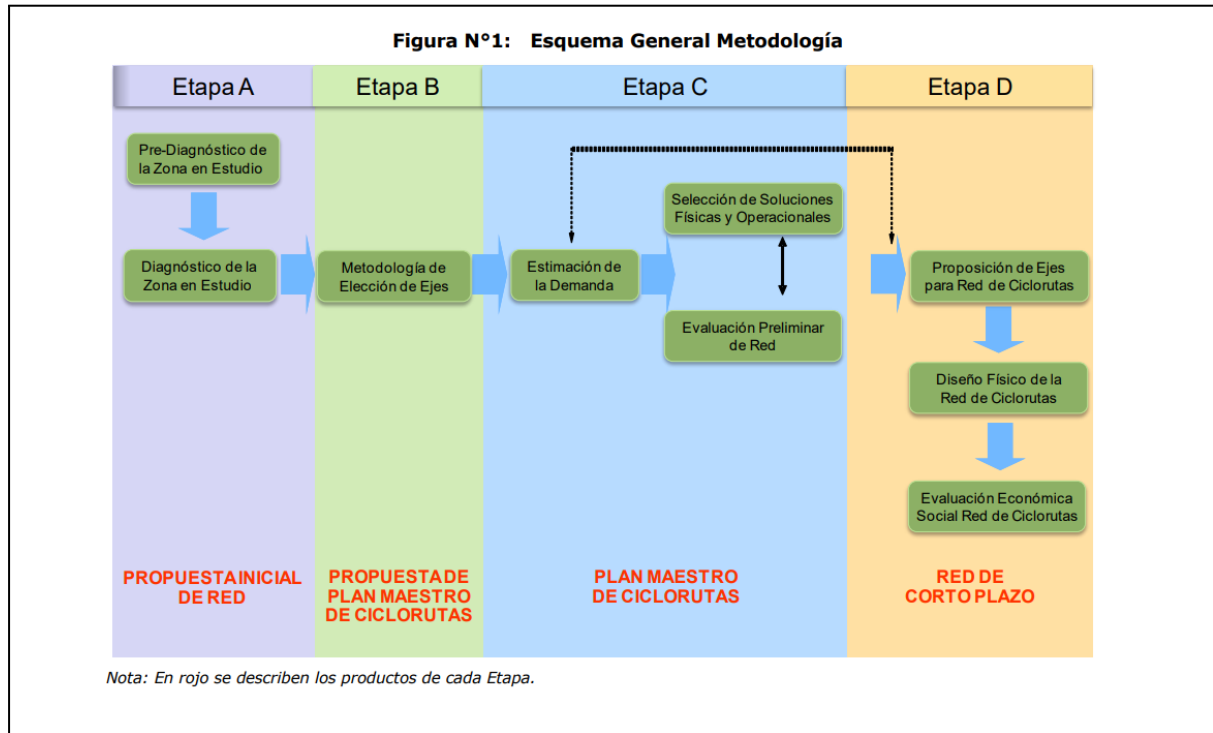
- La resolución que aprueba el anteproyecto con la vigencia establecida en el artículo anterior.
- Un plano de diseño operativo que indique señalización y demarcación, incluyendo semaforización en caso de ser aplicable, y cualquier otra medida de gestión relacionada con la operación de la vía.
- Memoria explicativa que contenga una descripción detallada del diseño operativo, indicando claramente cómo se solucionan los movimientos de los ciclistas, en especial los siguientes aspectos:
 - ❖ Puntos de inicio y fin de la ciclovía.
 - ❖ Intersecciones con otras ciclovías
 - ❖ Intersecciones con vías relevantes (independiente de que tengan o no ciclovías)
 - ❖ Paraderos de transporte público
 - ❖ Conexión con estaciones de transporte masivo o hitos urbanos relevantes
- El interesado de manera opcional, podrá presentar además información complementaria relacionada con los requisitos del artículo 3° del presente reglamento. Entre otros antecedentes podrá acompañar: figuras esquemáticas, fotografías y otros planos tales como: plano de diseño geométrico, plantas de demolición y pavimentación, perfil longitudinal, perfiles transversales de la ciclovía, detallando singularidades y condiciones geométricas en general.

En los artículos 8 y 11, se encuentran los plazos correspondientes para cada etapa. Y entre los artículos 14 al 18, se presentan los pasos a seguir para las ciclovías existentes, en donde se establece un plazo para la adecuación de las ciclovías y además los antecedentes requeridos para presentar una solicitud de autorización de estas. Finalmente, desde el Artículo 19 al 27, se definen las especificaciones técnicas de los elementos de seguridad para los ocupantes de los ciclos.

9.2. Metodología MIDESO para evaluación social de proyectos de ciclovías.

Esta metodología formulada por el MIDESO, surge en pos de materializar las políticas de fomento a la movilidad sostenible relacionada al uso de la bicicleta y otros modos; y a la inexistencia de una metodología de evaluación para ciclistas y peatones (a diferencia de los modos motorizados). Cabe mencionar que las redes de ciclo- rutas están insertas en el Sistema Nacional de Inversiones (SNI), al ser una inversión de carácter público, por lo tanto, se debe estimar un indicador de rentabilidad social que justifique su construcción y muestre eficacia en la utilización de los recursos fiscales. En relación a su evaluación, se reconocen múltiples beneficios en la operacionalización de este tipo de infraestructura. No obstante, se destacan particularmente dos, los que, para el caso en cuestión, tienen asidero en herramientas metodológicas previas que permiten su cuantificación y valorización monetaria: a) ahorros de tiempo de viaje de los usuarios que se traspasan del modo caminata (demanda por transferencia modal); y b) reducción de tiempo de viaje de los usuarios de los otros modos de transporte producto de la segregación de los flujos.

Esta metodología tiene su antecedente en el documento “Metodología Habilitación Red de Ciclovías”, que corresponde al Anexo N° 7 “Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana” (MESPIVU), ODEPLAN, Comisión de Transporte Urbano (1988); y los pasos metodológicos contemplan cuatro etapas (A, B, C y D), cada una de las cuales requiere de la provisión de datos para su ejecución. Se resumen en el siguiente esquema:



Fuente: SECTRA (2013)

La provisión de datos por etapa se puede sintetizar de la siguiente manera:

- a) **Etapa A - prediagnóstico y diagnóstico de la zona en estudio:** contempla la recopilación de información y antecedentes generales que derivan en una Propuesta Inicial de Red -en el prediagnóstico-, la que debe considerar una visión a nivel estratégico del Sistema de Transporte de la ciudad. Se menciona la importancia de la conectividad y la continuidad funcional. En relación a los datos necesarios para la descripción del área en la etapa de diagnóstico (descripción de la zona de estudio, actividades, sistema de transporte y mediciones de tránsito) se determina que esta información debe estar basada, tanto en antecedentes previos, como en visitas a terrenos, fotografías y perfiles tipo. Sin embargo, no se propone una metodología específica para dicho levantamiento de información.
- b) **Etapa B - Metodología de elección de ejes:** considera la identificación de atributos para la elección de ejes; la generación de una matriz de atributos; y el desarrollo de una Propuesta de Plan Maestro de Ciclo-rutas.

b.1. Atributos para la elección de ejes: valorización de cinco aspectos relevantes: factibilidad física de construcción; flujos de bicicletas en los ejes preliminares; análisis de accidentes; nivel de interferencia con otros modos de transporte; y análisis de impacto ambiental de la solución planteada. Cada atributo es valorado de acuerdo a un puntaje relativo propuesto. Estos puntajes se resumen en una matriz de atributos que entrega como resultado un valor agregado para cada eje, con lo que se elabora un ranking de los ejes preliminares, mediante el cual se aprueba o bien se descarta el eje analizado. Para esta sección de la metodología, se observa un mayor

detalle en cuanto a la generación de una matriz ponderada, la que se basa en el texto “Habilitación Red Ciclovías, Quillota”, MIDEPLAN –SECTRA (1997), el que funciona como guía metodológica de carácter cuantitativo, a seguir para la evaluación del resto de ciclovías. Sin embargo, para el componente ambiental, se utiliza el juicio experto, aplicado a través de una matriz guía, el cual debe ser validado oportunamente por la contraparte técnica del estudio.

b.2. Generación de una matriz de atributos: considera los 5 análisis efectuados a cada uno de los ejes a fin de obtener un puntaje ponderado, basado en los distintos valores obtenidos para cada atributo. El puntaje se calcula por medio de una suma ponderada entre el valor del atributo y un factor de peso relativo:

Cuadro Nº 10: Ejemplo de Aplicación Matriz de Atributos

Atributos	Ejes			
	Eje_1	Eje_2	.....	Eje_N
Factibilidad Física de Construcción	Medio	Alto	.....	Alto
Nivel de Flujo de Bicicletas	Alto	Bajo	.....	Medio
Riesgo de Accidentes	Medio	Medio	.....	Alto
Nivel de Interferencia	Bajo	Alto	.....	Medio
Análisis de Aspectos Ambientales	Bajo	Bajo	.....	Alto
Puntaje Ponderado	18	16		21

FUENTE: Construcción Red de Ciclovías, Copiapó”, MIDEPLAN –SECTRA, 2009

Fuente: SECTRA (2013)

b.3. Propuesta de Plan Maestro de Ciclo-rutas: se desprende de la Propuesta Inicial de Red que presentan los mayores puntajes ponderados. Idealmente deben constituir, en lo posible, una red conexas y continua que permita acoger una parte importante de los desplazamientos que se realizan en la zona estudiada.

- c) **Etapa C - Estimación de la demanda:** basada en el “Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana” (MESPIVU), considera estimar los flujos de bicicletas en las situaciones actual, base y con proyecto, para lo cual se requiere una definición del área de influencia, la zonificación, la identificación de los cortes temporales y la periodización. La información relacionada a la distribución y partición modal de los viajes depende de si la ciudad cuenta con un Plan Estratégico de Desarrollo y Gestión del Sistema de Transporte Urbano (STU). De no contar con dicho Plan, esta información se obtendrá de forma simplificada. Es decir, se utilizará un valor único o global, tanto de la tasa de generación de viajes como de la partición modal, los cuales se obtienen del promedio de ciudades de tamaños similares. Siempre se debe considerar la demanda por transferencia modal (las ecuaciones para estimar dicha demanda, se encuentran con detalle en el Manual).

En relación a las mediciones de tránsito, se menciona que estas son las derivadas del MESPIVU (mediciones de flujo periódicas, tasas de ocupación y mediciones de velocidad). Otro documento importante es el estudio “Construcción Red de Ciclovías, Copiapó” (MIDEPLAN – SECTRA, 2009), del que se extraen algunos valores para la realización de estimaciones (como el 4,7% sobre el total de viajes diarios de caminata para extraer la demanda por transferencia modal).

c.1 Desarrollo de Soluciones Físicas y Operacionales: prediseño que contemple una estimación confiable de los costos de inversión de cada eje. Contiene los siguientes

elementos: Diseño geométrico, pavimentación, saneamiento aguas lluvia, modificación de servicios, expropiaciones, iluminación y paisajismo.

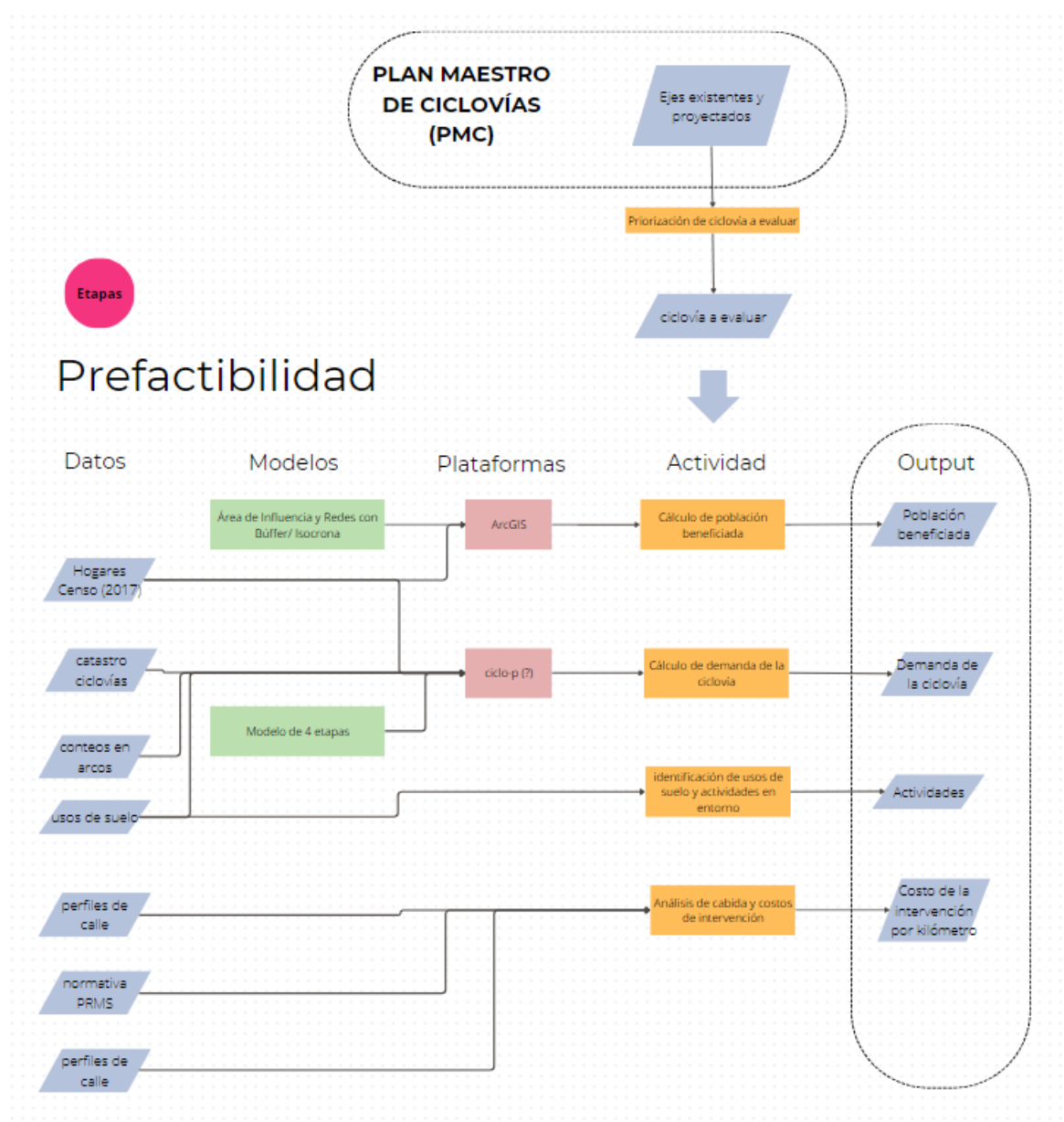
d) Etapa D - Red de corto plazo:

d.1 Recolección de antecedentes: contempla ingeniería (topografía, dimensiones de calzada, servicios, etc.), análisis de mecánica de suelos (no es obligatorio, sólo si la empresa ejecutante lo solicita) y saneamiento.

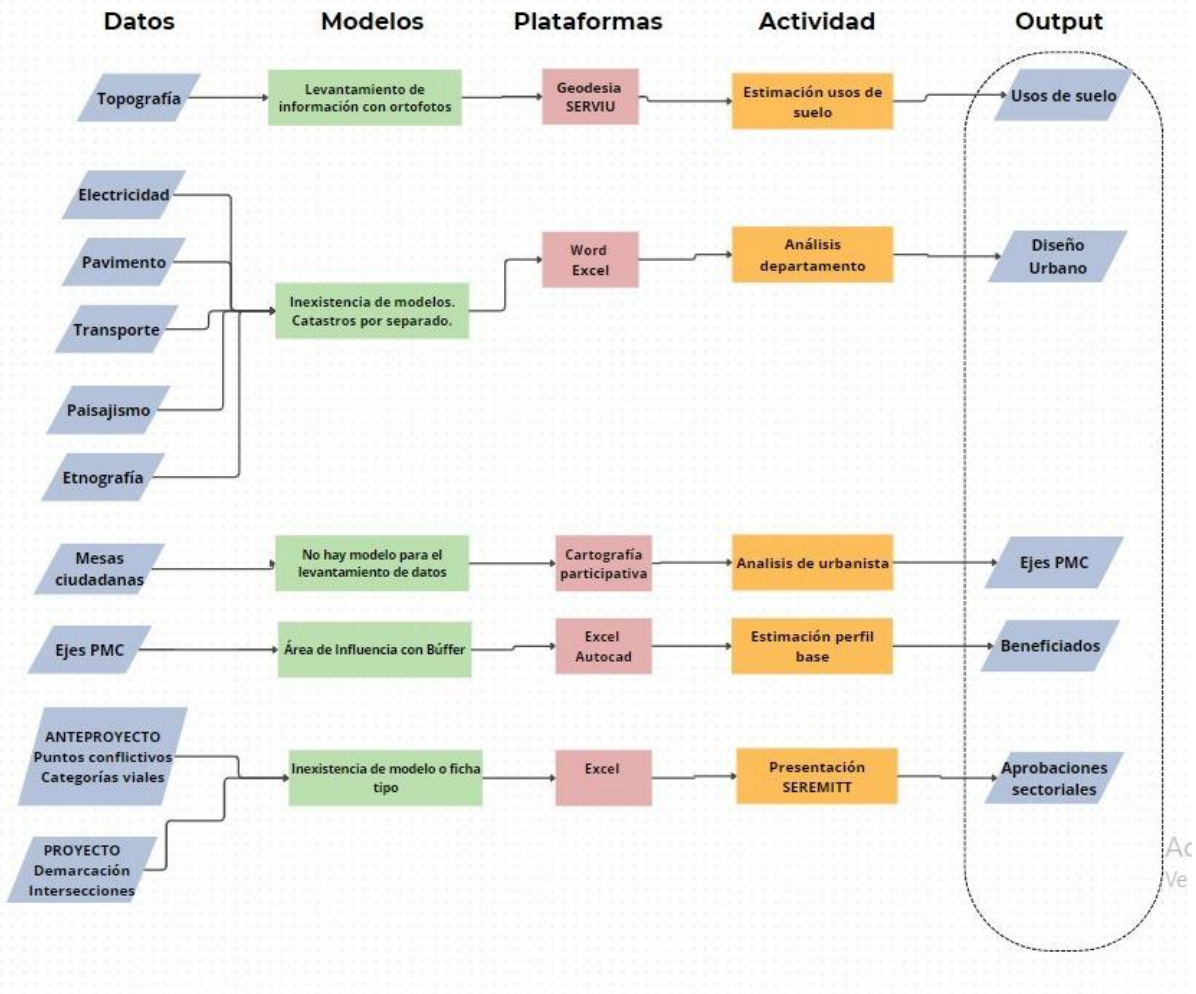
d.2 Diseño físico

d.3 Cálculo de inversiones.

Lineamientos propuesta Plan Maestro de Ciclovías GORE RM



Diseño



Ejemplo borrador de levantamiento de pasos en la etapa de prefactibilidad y diseño de ciclovías a partir de sesiones con GORE. Se identificaron datos, modelos y plataformas, con el objeto de luego proponer cómo intervenir en estos aspectos.

10. Criterios generales para Smart Data

Considerando la generación de Términos de Referencia para implementación de estrategias de datos en torno a la infraestructura ciclista, se considera relevante establecer criterios generales respecto al uso de datos. En primer lugar, se considera relevante el uso de un término más amplio pero también descriptivo como “Smart Data” (a diferencia de Big Data, que restringe la estrategia a datos masivos, cuando esta no necesariamente se basa en este tipo de datos, además de excluir otros aspectos como son los modelos analíticos o las plataformas para trabajar con los datos).

En cuanto estrategias de Smart Data ligadas a la gobernanza de datos, se encuentran 4 ejes de trabajo principales para la implementación efectiva.



Cuatro ejes de trabajo para la implementación de la gobernanza de datos. Fuente: Cabello, 2023.

En lo que respecta al marco organizativo, este implica establecer una estructura dedicada a la gobernanza de datos con roles y responsabilidades definidos, así como también la formulación de un conjunto de principios, políticas y procesos para orientar el uso de los datos. Además, es importante mantener la continuidad de las iniciativas ante cambios políticos, lo cual se logra mediante la implementación de una institucionalidad sólida y el fomento de una memoria institucional. También es esencial contar con un equipo capacitado y formado para respaldar este desarrollo.

En el segundo eje, relacionado con la cultura de datos, se enfatiza la importancia de inculcar esta cultura en la organización. Bajo esta línea, se encuentra la definición de criterios como los niveles de agregación y anonimización de datos, especialmente cuando se trata de información sensible. Asimismo, se aboga por la adopción de soluciones innovadoras, que permiten a los propietarios tener control sobre sus datos y gestionar los permisos de acceso.

El tercer eje se centra en la interoperabilidad, que implica la implementación de planes para estandarizar sistemas de información y garantizar la compatibilidad entre diferentes plataformas. Asimismo, cumplir las barreras regulatorias, como las leyes de protección de datos, mediante la definición de criterios claros para trabajar con datos sensibles.

Finalmente, el cuarto eje, relacionado con la arquitectura e infraestructura, guarda relación con la infraestructura tecnológica. Esto implica el diseño de una arquitectura robusta que permita la implementación de la infraestructura requerida para llevar a cabo el análisis de datos de manera efectiva. Además de la exploración de nuevas tecnologías para mejorar la toma de decisiones. Además, la infraestructura permite establecer el flujo de información desde proveedores de forma continua, y evitar trabajar con capas de información cuya actualización no esté asegurada.

Si se abordan estos cuatro ejes y no solo algunos de ellos, se puede asegurar una sustentabilidad en el tiempo de los proyectos de datos que se desarrollen.

Por otra parte, para que estas estrategias sean sostenibles, según Mattern (2015), se debe tener en cuenta el manejo adecuado de las imperfecciones en los datos generados. Es importante reconocer y abordar las imprecisiones inherentes a estos datos. Una forma efectiva de hacerlo es mediante la creación de una base de datos fundamentada en la teoría de la evidencia. Esta base de datos debería ser diseñada para acomodar tanto datos perfectos como imperfectos provenientes de diversas fuentes heterogéneas. Integrar estas bases de datos en las iniciativas, no solo mejora la calidad y confiabilidad de los datos, sino que también fomenta la sostenibilidad de las funciones urbanas.

Al manejar las imperfecciones de manera efectiva, las ciudades pueden tomar decisiones más informadas y aumentar la eficiencia en la implementación de tecnologías, además, al abordar las limitaciones de los datos, se establece una base sólida para el desarrollo continuo de soluciones inteligentes, garantizando así la sostenibilidad a largo plazo de las estrategias de Smart Data en el contexto urbano (Ben, 2016).

11. Diagnóstico de Brechas

De acuerdo a la información recabada sobre el estado de la situación en el contexto nacional, y las buenas prácticas que se han levantado en la bibliografía, se identifican algunas brechas para el buen uso de datos, modelos y plataformas en una estrategia de datos para ciclovías. Se separan estas brechas en cinco brechas que se detallan a continuación.

11.1. Información de infraestructura.

Uno de los elementos que, dado el estado de madurez actual del uso de la bicicleta en Santiago, más deben impulsarse es el desarrollo y mejora de infraestructura ciclista. Sin embargo, hay ciertas brechas respecto a la información existente y su uso para la planificación, diseño y gestión de éstas.

- a) **Actualización de catastro:** Se identifica que hay un catastro bastante actualizado de las ciclovías existentes (visor IDE y también catastro GORE - Á. Jordán), pero también hay riesgo de que pueda desactualizarse o que no tenga toda la información, dado que no hay necesariamente un instancia oficial en que los entes que aprueban la ejecución de infraestructura de ciclovías puedan informar a quien mantiene este catastro. Por otra parte, el mantener actualizada la calidad de las ciclovías también se identifica como un problema, dado que implica la revisión constante de estas.
- b) **Indicadores de red:** Se identifica que en el visor de ciclovías existente solo hay una cuantificación de los kilómetros ejecutados como indicador de seguimiento, pero no hay una estrategia para medir otros indicadores de suma relevancia para evaluar el estado de la red. Dentro de estos, hace falta indicadores que tengan relación con la continuidad de la red, aspecto que surge como una crítica recurrente en la distribución de esta infraestructura en Santiago. Es necesario no solo contar con ese indicador para lo existente, sino también tener alguna forma de medirlo también al momento de evaluar ciclovías tentativas.
- c) **Información de proyectos de pavimentación y topografías:** De acuerdo al análisis de los procesos de aprobación de ciclovías, y la información requerida, se identifica que hay dificultades para obtener información preliminar básica para presentar proyectos a nivel de perfil. Entre estos, por ejemplo, la topografía, que muchas veces se ha realizado para el área de estudio, pero no está disponible. En este aspecto, considerando que SERVIU recibe constantemente información de este tipo, hay una brecha en la sistematización y disponibilización de esta información para no duplicar esfuerzos y malgastar recursos (de acuerdo a las sesiones sostenidas, se puede estimar que un 20% del presupuesto en diseño de proyectos se destina a topografía). De todas formas, aunque SERVIU tiene un sistema en línea de seguimiento (PAVEL), y genera visores para georeferenciar pavimentaciones, hay brechas que salvar en cuanto sistematizar y disponibilizar esta información.

11.2. Información de uso actual

En esta primera etapa se ha podido relevar que uno de los puntos sensibles es la recopilación de información actual de uso de la bicicleta. Se pueden identificar ciertas brechas que se mencionan a continuación.

- a) **Desactualización y no continuidad de la Encuesta Origen Destino:** Esta encuesta es, actualmente, el principal insumo que permite identificar la demanda por transporte y que permite tomar decisiones en torno a provisión de nueva infraestructura y servicios de transporte. Sin embargo, su alto costo y rápida desactualización ha hecho que se ponga en duda su aplicación en una nueva versión (la última es de 2012 para Santiago, si bien se continúa aplicando para otras ciudades). Hay discusiones actualmente en SECTRA para que sea aplicada de forma resumida y más seguida, pero por el momento no hay definiciones concretas. De todas formas, aun teniendo este insumo, es una fuente de información que es muy acotada (18.000 hogares aproximadamente en la última versión) y no tiene información de las rutas, por lo que difícilmente se puede usar para estimar con mucha precisión el flujo de ciclistas por las vías de Santiago.
- b) **Disponibilización de Conteos Preexistentes:** Dentro de las etapas de prefactibilidad de proyectos de ciclovías, sería de gran utilidad el poder contar con información de conteos que se han realizado por ciclovías, dado que en esta etapa no se justifica ni hay recursos para realizar conteos únicamente para postular el proyecto a financiamiento. Sin embargo, sí hay conteos existentes que podrían estar disponibles para su uso en etapas tempranas de proyectos. Estos son los conteos que se solicitan a los consultores que ingresan Informes de Mitigación al Impacto Vial (IMIV) al Sistema de Evaluación del Impacto en la Movilidad (SEIM), sin embargo, la forma en que se informan estos conteos depende de cada consultor y no hay formatos estandarizados. Tampoco hay una georeferenciación de estos conteos. Actualmente, el material generado por los IMIV se puede consultar en la Biblioteca MTT, pero no de forma eficiente sino que informe por informe, y generalmente con tablas insertas dentro de informes pdf, lo cual hace que el uso de los conteos para evaluación de demanda sea muy poco práctico.
- c) **Discontinuidad de conteos automatizados en ciclovías:** Se identificó que la UOCT ya realizó un piloto de conteo en ciclovías (en torno a 2019), pero no fue fructífero por aspectos de la tecnología usada para los contadores (espiras instaladas por proveedor actual de espiras para automóviles), que no se adaptó a la superficie existente, como también por descoordinaciones con otras instituciones (recarpeteo de vía que inutiliza las espiras). Por otra parte, la construcción de ciclovías obligaba la instalación de contadores, sin embargo, de acuerdo a información del GORE RMS, una vez que se terminaron los contratos con proveedor (tras dos años, con empresa eco-counter) se dejaron de mantener y cayeron en desuso.
- d) **Trayectorias:** No hay actualmente información de trayectos efectuados por ciclistas (o viajeros en otros modos, que pueden ser útiles ya que se puede identificar demanda potencial), lo cual es vital para evaluar de buena forma los trazados óptimos para ciclovías. Se identifica un gran potencial en el uso de datos de telefonía móvil para identificar flujos, pero hay un gran camino a recorrer para su disponibilización, validación y presentación final para uso en evaluación y seguimiento del uso de ciclovías.

11.3. Modelamiento de demanda potencial

Generalmente, cuando se evalúa la construcción de una ciclovía se considera el conteo de flujo actual por esta vía para estimar la demanda futura, junto con algunos otros supuestos para calcular la demanda adicional que pueda inducir la construcción de la ciclovía.

Sin embargo, es muy importante considerar que el cálculo de la demanda adicional que pueda inducir la construcción de una ciclovía es complejo, ya que involucra diferentes motivos. Por una parte, está la reasignación (aquellos que viajan en bicicleta pero que cambian su ruta para tomar la nueva ciclovía), el cambio de modo (aquellos que se bajan de otros modos para usar la bicicleta producto de la nueva ciclovía), y la generación de nuevos viajes (aquellos que deciden viajar y antes no lo hacía producto de la nueva ciclovía). Cada uno de estos motivos aporta más o menos flujo nuevo, pero su aporte depende de múltiples factores (trazado de la ciclovía, preferencias, demografía, localización de los hogares, localización de los destinos, características de los modos y rutas alternativas, entre otros).

Es por esto que se hace necesario la consideración del uso de un modelo para estimar esta demanda, de la misma forma que se hace para los proyectos de transporte motorizado.

Se identifica que la plataforma Ciclo-p tiene un gran potencial para generar predicciones de demanda especializada en ciclos, considerando la demanda que se induce por los motivos mencionados. Sin embargo corre el riesgo de no ser incorporado a las políticas públicas si no cuenta con un modelo de negocios que lo sustente en el tiempo, incluyendo su validación y mantención en línea.

11.4. Aplicaciones de información ciclista.

Actualmente no se identifica ninguna aplicación en el contexto nacional que provea información relevante para mejorar la experiencia de uso de la bicicleta, salvo funcionalidades de ruteo que provee Google Maps y Ualabee, y otras aplicaciones como Strava, que están más enfocadas en el uso recreacional. Por lo demás, hay un potencial respecto a la provisión de información que puedan dar los mismos ciclistas respecto a la experiencia de viaje, en términos de denunciar cruces inseguros, tramos de ciclovías con diseño deficiente, entre otros. Esta información puede ser entregada de forma activa, como también mediante modelos que puedan informar la calidad de la ciclovía a partir de la interpretación del comportamiento del acelerómetro del celular (como el referido anteriormente de Valle et al, 2019).

Creemos que la mayor brecha a salvar sería la adopción de su uso por parte de los ciclistas, ya sea por información adicional que pueda entregar (criterios adicionales de información para sugerir rutas, como por ejemplo ambiental, flujo de transporte público, entre otros), por incentivos (por ejemplo, agregar la posibilidad de informar a la empresa o institución donde trabaja sobre su uso de la bicicleta para generar bonos), o por identificación y comunidad (informar sobre el beneficio del uso de la bicicleta en la ciudad, sus niveles actuales y las metas a lograr, entre otros).

De todas formas, vemos que esta brecha es de menos prioridad que las que se refieren a oferta y demanda ciclista, ya que es necesario en primer lugar crear la infraestructura adecuada, y luego ir mejorando incrementalmente su experiencia con aplicaciones e información.

11.5. Institucionalidad

Se identifica que el factor institucional es muy relevante cuando se deben abordar el diseño, implementación y sobre todo la sustentabilidad de los proyectos que proponen el uso de datos, modelos y plataformas.

En este sentido, vemos siempre un riesgo en Iniciativas que se interrumpen o que no tienen renovación, como por ejemplo la Encuesta Origen Destino, la instalación de espiras de conteo, o iniciativas de Smart Cities.

En este último caso, las iniciativas de Smart Cities, siempre hay un riesgo cuando se plantea como un desafío meramente tecnológico y de visualización, sin hacer una identificación de los usuarios potenciales y las decisiones que se pueden tomar a partir de esta información. Identificamos que una de las formas más seguras de implementar el uso de datos en la planificación de infraestructura tiene relación con hacer más eficiente o ahorrar costos en procesos ya establecidos, como por ejemplo, la provisión de conteos o información de demanda potencial para el ingreso de proyectos a MIDESO. En este sentido, hay una brecha en la información que está disponible para instancias de prefactibilidad y que puede ser salvada a partir de instalar ciertas plataformas que sistematicen datos, algunos de ellos preexistentes.

A partir de las conversaciones con actores relevantes, como también de la bibliografía, se identifica que en términos de uso de datos masivos para políticas públicas, en general es importante identificar cuál es el uso que se le pretende dar a los datos, y cómo se puede institucionalizar su levantamiento y aplicación, con el objetivo de evitar que sean iniciativas puntuales y que no tengan una continuidad en el tiempo.

Es por esto que los pasos a seguir tienen relación con una profundización en la identificación de los procesos y actores que inciden en la planificación, diseño y gestión de ciclovías, y el uso que hacen de información para tomar decisiones o gestionar la aprobación de los proyectos. También, por otra parte, las limitaciones en la continuidad respecto al levantamiento de datos, procesamiento y disponibilización. Se observa que hay algunas fuentes de datos que tienen continuidad natural (generalmente asociado a datos pasivos), como son las trazas de telefonía móvil, pero hay otros que requieren esfuerzos continuos para gestionar su continuidad.

12. Hoja de Ruta de Desarrollos tentativos

A partir de la identificación de las brechas, y los conceptos relativos a buenas prácticas en Smart Data urbana, se identifica una hoja de ruta con los siguientes desarrollos. El desarrollo principal es el Módulo a alojar en CEGIR, el cual es alimentado por los otros desarrollos (principalmente una Aplicación de información ciudadana, y sensorización de ciclovías). Adicionalmente, se plantea el desarrollo de otros elementos (integración con SERVIU, Datos TELCO y modelo Ciclo-p).

12.1. Módulo de Infraestructura y Demanda Ciclista en CEGIR

Se considera el desarrollo de un módulo dedicado en CEGIR para integrar los datos propios del modo bicicleta.

12.1.1. Datos potenciales de integrar

Por una parte, se debe considerar la integración de datos de infraestructura, para lo cual se deben abordar los siguientes aspectos:

Unificación de catastro de ciclovías: Institucionalizar, complementar y hacer escalable el visor de ciclovías (<https://ciclovias.visorterritorial.cl/>). Para esto se debe trabajar en una propuesta de una modificación de la normativa para que cada actor que proponga y apruebe ciclovías deba ingresar la información básica a un catastro en MTT, al cual se pueda tener acceso libre. Este catastro debiera tener tanto proyectos construidos como en etapas previas, así como también el Plan Maestro de Ciclovías. Por otra parte, también setear algunos lineamientos para avanzar en el uso de dispositivos móviles para medir la calidad de las ciclovías y que puedan ser informadas en tiempo real a esta misma plataforma de catastro.

Enriquecimiento del catastro: se deben integrar a la descripción de cada ciclovía los conteos, mediciones ambientales y evaluaciones de calidad de cada una. Esta información proviene de las integraciones que se describen más adelante.

Indicadores de red: la información de la red no solo debe considerar kilómetros construidos, sino que también indicadores conectividad, entre otros que se deben proponer.

Reportes de seguimiento de cada ciclovía: El módulo debe tener la posibilidad de reportar secuencias históricas de flujo y calidad por eje, que permitan hacer seguimiento de su uso en el tiempo y así medir tanto tendencias como también el efecto de intervenciones específicas.

Información de Contexto: De acuerdo al levantamiento de los procesos en actores que tienen que proponer ciclovías y encargarse de las aprobaciones respectivas, se vuelve relevante el desarrollo de un kit de herramientas, algunas de ellas sencillas y otras que implican integraciones. Entre estas herramientas, sería de gran utilidad una interfaz que permita, en función de un eje propuesto, obtener información del contexto para alimentar los análisis de demanda y cabida de los proyectos. Para esto, es posible pensar en una interfaz georeferenciada (visor de mapa) que permita definir el eje, y que entregue la siguiente información: Cantidad de personas en buffer definido (a partir de capa de manzanas censales con población segmentada), proyectos de pavimentación, topografías existentes y posibilidad de descargarlas (a partir de integración con PAVEL y visor RED-IT de Serviu), entre otra información a proponer.

12.1.2 Aspectos tecnológicos y de infraestructura de datos

En el proceso de integración de datos desde distintas fuentes (en este caso infraestructura de ciclovías, conteos, mediciones de calidad, información desde aplicación ciudadana, entre otros), se deben considerar distintos aspectos en el momento de definir los criterios técnicos de una arquitectura que se adapte acorde a las necesidades levantadas:

- **Público objetivo:** Se deben definir con claridad y tener en consideración los distintos usuarios del sistema, quienes condicionarán los distintos aspectos de salida, despliegue y difusión de los datos, tales como granularidad, tecnologías, acceso, etc. A grandes rasgos, los usuarios potenciales del CEGIR pueden ser categorizados dentro de tres clases:
 - **Organismos públicos:** Estas entidades necesitan información para tomar decisiones acertadas sobre la infraestructura vial y de movilidad en la ciudad, y así poder optimizar y mejorar la red de ciclovías. Ejemplos: Municipalidades, Gobiernos Regionales.
 - **Academia:** Universidades, institutos de investigación y expertos que pueden utilizar los datos recopilados para realizar estudios y análisis más profundos que puedan influir en futuras decisiones de planeación y diseño urbano. En particular, académicos de las escuelas de Ingeniería en Transporte, Geografía y Arquitectura; y centros de investigación asociados (CEDEUS, ISCI, etc).
 - **Sector privado:** Empresas que desarrollan soluciones de movilidad, aplicaciones de navegación, o aquellas relacionadas con la infraestructura vial, que pueden beneficiarse de un acceso a estos datos para mejorar sus servicios o diseñar nuevos productos acorde a las necesidades detectadas. Particularmente, también consultoras que requieren hacer estudios de movilidad y requieren datos para esto.
- **Objetivos del consumo de los datos:** Se deben definir los objetivos y los fines con los que el público objetivo del sistema consumirá los datos provistos por el mismo. Estos pueden ser tales como la toma de decisiones (en el caso de organismos públicos), análisis de datos y búsqueda de insights, investigación, línea base y referencia para nuevos levantamientos (en el caso del

sector privado), etc. Esto condicionará aspectos tales como la granularidad espacial y temporal, así como el tipo de reportería asociada y accesos de descarga y consumo de los datos.

- **Naturaleza de las fuentes de datos:** Es necesario considerar los formatos y características asociadas a los datos de entrada, para determinar las mejores alternativas de integración, almacenamiento y procesamiento de los mismos.
- **Periodicidad de actualización:** dentro del mismo contexto del punto anterior, es necesario definir cuáles serán las frecuencias de actualización tanto de los datos de entrada como de salida, según la naturaleza de las fuentes de datos y las características funcionales para los distintos casos de uso definidos, respectivamente.
- **Ecosistema de aplicaciones vinculadas:** En conjunto con los casos de uso, es necesario definir si es que habrán sistemas interactuando con el CEGIR, y cuáles son sus características, de modo que las integraciones permitan mantenibilidad en el tiempo y escalabilidad a futuro.
- **Gobernanza de los datos y seguridad:** La definición de los puntos mencionados se relaciona fuertemente con la identificación y definición de gobernabilidad de los datos (de entrada y salida), que definirán aspectos de implementación relacionados a la granularidad de accesos y permisos de lectura, escritura y edición dentro del sistema.
- **Escalabilidad y predictibilidad a futuro:** En el diseño del sistema se deben realizar estimaciones técnicas que condicionarán las tecnologías específicas a utilizar, tales como el tamaño esperado de los datos, la naturaleza de los datos (como se ha mencionado anteriormente), cantidad de usuarios, la frecuencia de consumo, concurrencia, ancho de banda, etc. Esta estimación se debe realizar considerando no sólo los casos de uso identificados, sino que también teniendo en cuenta casos hipotéticos o referenciales de uso, en los que sea posible revisar distintos escenarios de crecimiento del volumen de almacenamiento, transacciones, cuentas, etc. para evaluar de mejor manera los requerimientos tecnológicos asociados al sistema.

Dentro de este contexto, las aproximaciones utilizadas en el estado del arte consultado, para dar solución a este tipo de problemas corresponden a soluciones basadas en repositorios y software ad-hoc, data warehouses, data lakes y soluciones híbridas (El Aissi, 2022). Así, las arquitecturas descritas en las siguientes secciones son referenciales, y pueden contener variaciones en el flujo de datos, así como en sus distintos componentes dependiendo del contexto específico de los casos de uso y la naturaleza de los datos de entrada, salida y accesibilidad a los mismos (y las tecnologías asociadas con los procesos de ETL, ELT y disposición de los datos).

Repositorios y software ad-hoc

Los repositorios ad-hoc son bases de datos o sistemas de almacenamiento diseñados para un propósito específico o particular, en lugar de soluciones genéricas. Estos suelen ser construidos para responder a necesidades muy específicas que no pueden ser satisfechas por soluciones estándar del mercado. El software ad-hoc, por su parte, es software diseñado a medida para gestionar, analizar o visualizar datos de estos repositorios particulares.

En el contexto del sistema CEGIR, los repositorios pueden ser construidos para almacenar datos en formatos particulares provenientes de sensores específicos, encuestas, o plataformas de crowdsourcing. Además, el software ad-hoc puede ser desarrollado para integrar fuentes heterogéneas, realizar análisis específicos o para visualizar información en formas muy particulares que respondan a las necesidades de los tomadores de decisiones y analistas de datos.

Estas soluciones son especialmente útiles cuando se tiene un control total sobre el flujo de datos y se requiere una flexibilidad que las soluciones estándar no pueden ofrecer. **Sin embargo, suelen requerir más esfuerzos en términos de desarrollo, mantenimiento y adaptabilidad a futuro,**

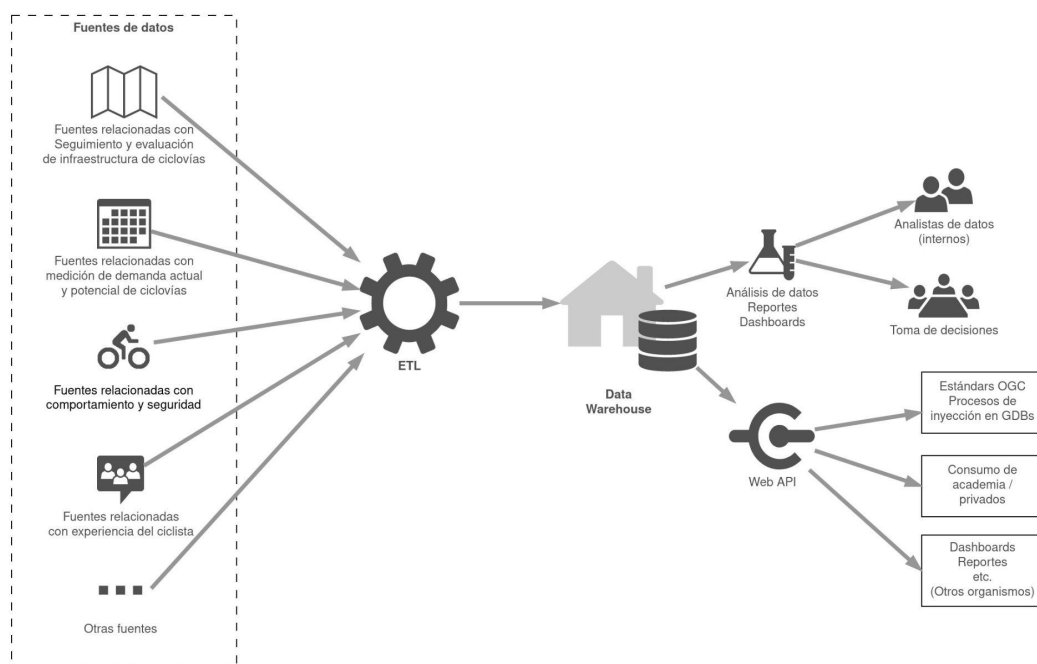
implicando generalmente un difícil escalamiento del sistema al integrar nuevas fuentes de datos o nuevas salidas del mismo (reportes adicionales, nuevos endpoints de descarga, etc.).

Data Warehouses

Un *Data Warehouse* (Almacén de datos) corresponde a un repositorio de datos que almacena datos estructurados, filtrados y procesados que han sido tratados para propósitos definidos y específicos. (Kumar, 2019) Este tipo de arquitectura se basa en una base de datos de gran tamaño y centralizada, diseñada específicamente para ser consultada y para análisis, consolidando datos desde distintas fuentes en un solo repositorio.

El esquema de los datos es aplicado cuando los datos son inyectados en la base de datos. Además, el tipo de bases de datos utilizado en estos sistemas utiliza métodos OLAP (Online Analytical Processing), en lugar de métodos OLTP (Online Transaction Processing), orientados a bases de datos funcionales.

En la siguiente Figura se presenta una implementación referencial de esta arquitectura según, considerando el contexto del sistema presentado.



Implementación ejemplo de Arquitectura de Warehouse

El sistema considera la integración de las distintas fuentes de datos descritas al comienzo de esta sección. Los datos tienen orígenes diversos, por lo que sus formatos y características también lo son.

La carga de los datos en el Data Warehouse, se realiza mediante procesos ETL (Extract, Transform, Load), en donde se extraen los datos de sus fuentes originales, se transforman (limpieza, normalización, agregación, etc.). Estos procesos actúan como conectores, y permiten consolidar los datos en las estructuras requeridas por los casos de uso de forma independiente del formato de origen.

Como se ha descrito, un Data Warehouse es una base de datos especializada diseñada para el análisis y consulta de grandes volúmenes de datos. A diferencia de las bases de datos operacionales tradicionales, un Data Warehouse está optimizado para realizar análisis y generar reportes. Aquí es donde se almacenarán los datos una vez estructurados.

Los procesos de análisis de datos, generación de Reportes y Dashboards corresponden a la generación de herramientas y procesos que permiten explorar, analizar y visualizar la información almacenada en el Data Warehouse para extraer insights y conocimientos con enfoque en los casos de uso definidos (puede variar desde la mera exploración de patrones hasta la toma de decisiones con indicadores claramente definidos).

Con respecto a la disposición de los datos a organismos externos al sistema, o la conexión con distintos sistemas, se consideran interfaces de programación de aplicaciones (API), que permiten a otros sistemas y aplicaciones acceder a los datos almacenados en el Data Warehouse de manera programática y segura en términos de gestión de permisos de lectura y escritura de datos.

En otra capa se encuentra el despliegue de datos geográficamente explícitos, o cuando el caso de uso de los mismos exige su consumo en sistemas de servicios de mapas (como pueden ser soluciones basadas en ArcGIS o Geoserver), tales como el visor de ciclovías desarrollado por el IDE Chile. En tal caso, se deben considerar los estándares definidos por la OGC (Open Geospatial Consortium), tales como WMS y WFS, entre otros. Así mismo, en el caso de tecnologías ESRI, comúnmente se desarrollan procesos de inyección de datos en GeoDataBases de forma periódica.

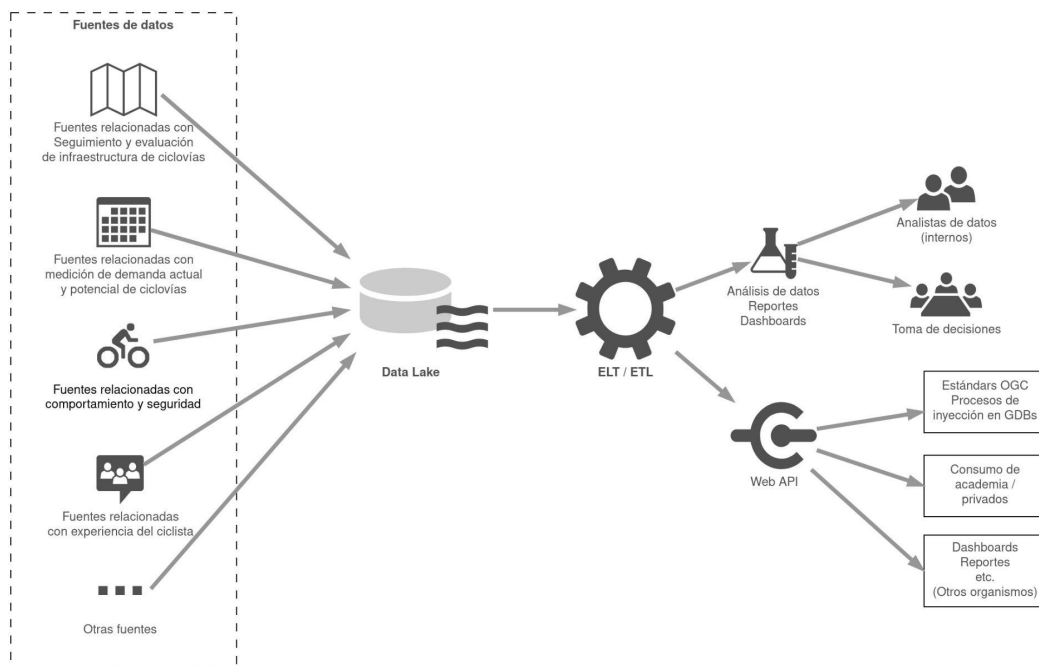
Desde las interfaces API, se pueden integrar procesos de consumo de los datos por parte de otros organismos, tales como otros organismos públicos, academia, privados, o incluso el público en general (asegurándose de que todos los actores acceden a información oficial y consistente independientemente del nivel de acceso y de los datasets consultados).

Así mismo, el consumo desde interfaces API permite la generación de dashboards y reportes por usuarios finales y externos al sistema, según el nivel apropiado de acceso.

Data Lakes

Un *Data Lake* es un conjunto amplio de datos en formatos estructurados, semiestructurados y no estructurados, cuyo propósito no está definido. Su principal característica es que los datos almacenados no suelen tener procesamientos previos, por lo que la ingesta de datos suele ser más rápida que en el caso de los Data Warehouses y su flexibilidad mayor (incluyendo escalabilidad en el tiempo).

En la siguiente Figura se presenta una implementación referencial de esta arquitectura según, considerando el contexto del sistema presentado.



Implementación ejemplo de Arquitectura de DataLake.

Al igual que se presenta en la esta sección, este sistema también considera la integración de distintas fuentes de datos de orígenes diversos. La principal diferencia radica en que los datos son almacenados de forma centralizada en su estado original (tal y como entran al sistema), es decir, tanto de forma estructurada como no estructurada a cualquier escala. Este enfoque facilita el almacenamiento de grandes volúmenes de datos de forma más flexible y a menudo a un costo más bajo.

Así, ya que los datos no están estructurados ni preparados para su consumo, éstos necesitan la aplicación de procesos ETL o ELT (Extract, Load, Transform).

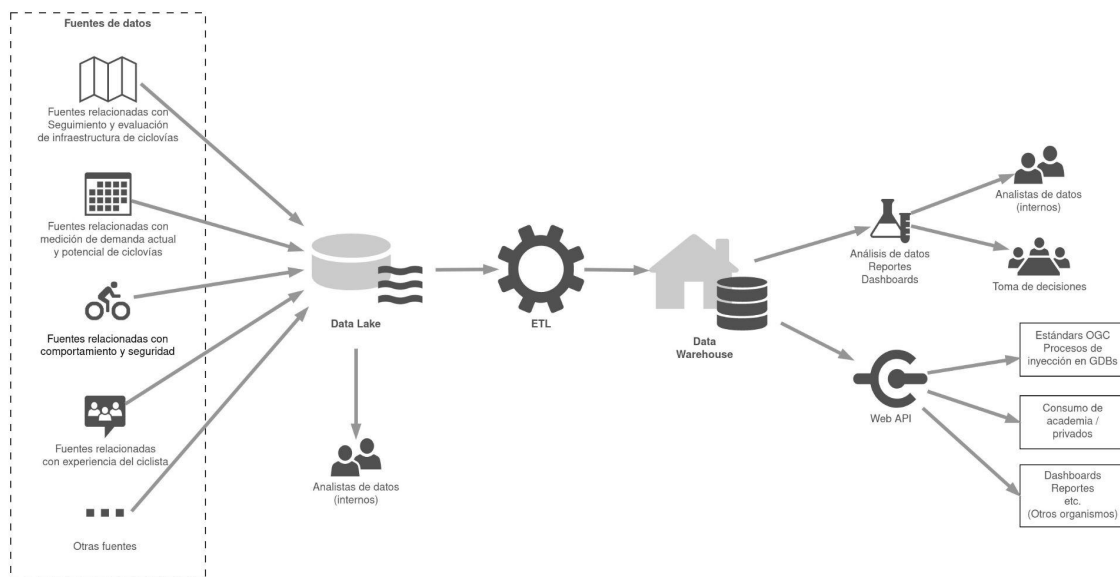
Diferencias entre Data Warehouses, Data Lakes y Soluciones híbridas

Data Warehouses y Data Lakes son soluciones de almacenamiento de datos que sirven a diferentes propósitos y necesidades en la gestión de información. Los Data Warehouses están centrados en procesos claramente definidos, alojando datos altamente procesados, principalmente en formas tabulares y estructuradas. Están optimizados para la recuperación de datos y son menos ágiles al presentar configuraciones más fijas. Utilizan esquemas predefinidos escritos para el almacenamiento de los datos. Por otro lado, los Data Lakes almacenan todo tipo de datos, ya sean procesados o no. Pueden contener datos no estructurados, semi-estructurados o estructurados, y son altamente ágiles, pudiendo ser configurados y reconfigurados según sea necesario. Ofrecen esquemas en la lectura y su diseño está orientado hacia un almacenamiento de bajo costo, permitiendo una rápida ingesta de nuevos datos con herramientas de código abierto como Hadoop o MapReduce. En la siguiente tabla se presentan sus principales diferencias.

Características	Data Warehouses	Data Lakes
Datos	Se centran en procesos empresariales	Almacenan en todo tipo de contextos
Procesamiento	Datos altamente procesados	Datos principalmente sin procesar
Tipo de Datos	Principalmente en forma y estructura tabular	Pueden ser no estructurados, semi-estructurados o estructurados
Tarea	Optimizado para la recuperación de datos	Administración de datos compartida
Agilidad	Menos ágil y tiene una configuración fija en comparación con los Data Lakes	Altamente ágil y se puede configurar y reconfigurar según sea necesario
Usuarios	Ampliamente utilizado por profesionales de negocios y analistas de datos	Los lagos de datos son utilizados por científicos de datos, desarrolladores de datos y analistas de datos
Almacenamiento	Almacenamiento costoso que ofrece tiempos de respuesta rápidos	Diseñado para almacenamiento de bajo costo
Seguridad	Permite un mejor control de los datos	Ofrece menos control
Esquema	Esquema definido al escribir (predefinidos)	Esquema al leer (sin esquemas predefinidos)
Procesamiento de Datos	Lleva tiempo introducir nuevo contenido	Rápida ingesta de nuevos datos
Granularidad de los Datos	Datos resumidos o detalle agregado	Datos a un nivel detallado o granularidad alta
Herramientas	Herramientas principalmente comerciales	Herramientas de código abierto como Hadoop o MapReduce

Diferencias entre Data Warehouses y Data Lakes. Fuente: Nambiar & Mundra (2022).

Las arquitecturas basadas en Data Warehouses y Data Lakes no son mutuamente excluyentes, y es posible construir soluciones híbridas basadas de analítica y disposición de datos, según se indica en la Figura siguiente. Mientras que el Data lake puede actuar como un repositorio central para todos los datos, incluidos los datos no estructurados, el data warehouse puede ser utilizado para procesos analíticos y de consulta que requieran datos estructurados y limpios. Esta combinación ofrece flexibilidad y escalabilidad, asegurando que el sistema pueda responder rápidamente a nuevos casos de uso. Además, esta estructura híbrida facilita la gobernanza de datos, al equilibrar el control y la seguridad de un Data Warehouse con la agilidad y amplitud de un Data Lake.



Implementación ejemplo de Arquitectura híbrida.

El flujo de datos, considera el almacenamiento de datos en estado sin procesar en el Data Lake. Posteriormente, los datos son transformados utilizando técnicas de ETL tradicionales, en donde son estructurados y almacenados en el Data Warehouse. Esta arquitectura permite tener una trazabilidad completa del flujo de datos, al almacenar los datos en forma redundante (en estado sin procesar en el Data Lake, y procesados en el Data Warehouse), optimizando la capacidad de respuesta del sistema para los distintos casos de uso definidos (a través del Data Warehouse), y permitiendo flexibilidad para incorporar nuevos casos de uso en el futuro: tanto en las fuentes de datos como en el despliegue de los mismos.

Criterios de integración de datos

Existen principalmente dos métodos de inyección de datos en los Data Lakes:

- **Modelo “Pull”:** En este modelo, es el propio Data Lake quien solicita los datos desde las fuentes originales. Es especialmente útil cuando los datos se reciben en batch (lotes) de fuentes externas en intervalos regulares. Por ejemplo, conteos de bicicletas diarios obtenidos de cámaras instaladas en cruces específicos podrían ser recopilados una vez al día (de forma agregada), o la lectura desde una API REST externa al sistema a intervalos regulares.
- **Modelo “Push”:** Aquí, son las fuentes de datos las que envían la información directamente al Data Lake. Este modelo es apropiado para datos en tiempo real, near real time o streaming. Por ejemplo, una cámara ubicada en una ciclovía que detecta y cuenta bicicletas en tiempo real podría enviar esos datos continuamente al Data Lake para su posterior análisis. La factibilidad de utilizar este método depende de la fuente de datos y de su compatibilidad con los sistemas de almacenamiento utilizados en CEGIR.

En particular, dado que el formato de los datos que puede recibir un Data Lake puede ser estructurado, semiestructurado o no estructurado, y que según se ha indicado, este puede recibir datos mediante la utilización de un Modelo “Pull” o “Push”, dependiendo de la fuente de datos, los criterios que quien la integración deben considerar al menos:

- **Definición de datos según casos de uso:** la periodicidad y granularidad de los datos dependerá de su disponibilidad por una parte, y de su pertinencia para el caso de uso, por la otra. Además, se debe evaluar la naturaleza de los mismos para escoger un modelo de ingesta pertinente según se ha descrito.
- **Estructura de datos:** si bien el sistema permite datos estructurados, semiestructurados y no estructurados, se recomienda definir con claridad el nivel de estructura de la fuente de datos para definir el método de ingesta adecuado en el sistema.

A continuación se presentan algunos casos de uso de integración de fuentes de datos comunes (y potenciales) del CEGIR:

- **Ingesta desde repositorios externos:** En esta categoría se clasifican los repositorios de datos almacenados en servicios de almacenamiento como Amazon S3, Buckets de Google Storage o tecnologías como repositorios FTP. En tal caso, se recomienda la ingesta de datos mediante métodos “Pull” en donde es el propio sistema CEGIR quien lee y descarga los datos desde las fuentes externas en el datalake, por medio de herramientas como AWS Glue.
- **Ingesta desde interfaces API y de mensajería:** Las APIs, o Interfaces de Programación de Aplicaciones, son conjuntos de reglas y protocolos que permiten a diferentes aplicaciones software interactuar entre sí. Las APIs suelen ser utilizadas para acceder a servicios en la nube o sistemas de terceros. Dependiendo de la naturaleza de la API, se puede optar por el modelo “Pull” o “Push”. En el caso del modelo “Pull”, el sistema CEGIR podría programar consultas regulares a la API para obtener los datos más recientes. En contraste, algunas APIs ofrecen mecanismos de webhook o suscripción, donde los datos se envían automáticamente al sistema CEGIR cuando hay una actualización, ajustándose más al modelo “Push”. Así, muchos sistemas y aplicaciones ofrecen acceso a sus datos por medio de endpoints de conexión (que pueden manejar distintos tipos de parámetros, filtros y niveles de acceso). Nuevamente, criterios específicos como la frecuencia de consulta o filtros específicos dependerán de las características de los casos de uso y de las capacidades técnicas que ofrezca la fuente de datos a ingestar.

- **Ingesta desde dispositivos IOT:** Los dispositivos del Internet de las Cosas (IoT) generan grandes cantidades de datos en tiempo real. Estos dispositivos pueden incluir sensores, cámaras IP, dispositivos wearables, entre otros. La naturaleza en tiempo real de estos datos a menudo se adapta mejor al modelo "Push", donde los dispositivos envían datos directamente al Data Lake tan pronto como se generan. Sin embargo, en escenarios donde los datos se recopilan en el propio dispositivo y se envían en lotes, el modelo "Pull" también puede ser aplicable. Es fundamental considerar la conectividad, la frecuencia de envío y el volumen de datos al integrar dispositivos IoT con el Data Lake. Además, debido a la diversidad de dispositivos IoT, es esencial garantizar la compatibilidad y la uniformidad en el formato de los datos recibidos.

Tecnologías y herramientas

Para la implementación de arquitecturas basadas en Data Warehouses, se cuenta con las siguientes alternativas más populares:

- **Amazon Web Services (AWS):** AWS Redshift, AWS S3, and Amazon Relational Database Service (Amazon RDS).
- **Google:** Google BigQuery, Google Cloud Data Fusion, Dataflow y Google Looker Studio.
- **Microsoft Azure:** Azure SQL Database, Azure Synapse Analytics, Microsoft Fabric.
- **Oracle:** Oracle Autonomous Data Warehouse.
- **Snowflake:** Provee distintos servicios especialmente diseñados para la implementación de Data Lakes y Data Warehouses.
- **IBM:** IBM DB2 Warehouse, IBM Datastage.

Para la implementación de arquitecturas basadas en Data Lakes, se cuenta con las siguientes alternativas más populares:

- **Microsoft Azure:** Azure Data Lake.
- **AWS:** AWS Lake Formation, Amazon Simple Storage Service (S3), AWS Glue, Amazon Redshift Spectrum.
- **Google:** Google BigLake.
- **Cloudera:** Cloudera SDX.
- **Snowflake:** Provee distintos servicios especialmente diseñados para la implementación de Data Lakes y Data Warehouses.

Con respecto a tecnologías disponibles de análisis de datos y reportería:

- **Microsoft Azure:** PowerBI.
- **AWS:** Amazon QuickSight.
- **Google:** Google Looker.
- **Tableau y QlikView:** Herramientas flexibles que es capaz de integrar i visualizar datos de distintas fuentes.

Además de las herramientas mencionadas anteriormente, los datos pueden ser utilizados para hacer analítica avanzada (por ejemplo para entrenar modelos de Machine Learning) o para ser integrados en distintos sistemas integrados.

12.2. Aplicación de información ciudadana

En función de lo expuesto en la sección 7, si bien existe información pública relativa a la infraestructura de la red de ciclovías, ésta tiene un carácter de divulgación y referencia para la toma

de decisiones, siendo difícil de utilizar en aspectos como generación de rutas según criterios de usuarios (como pendiente, seguridad o presencia de transporte público), o la calidad de las ciclovías según la ubicación de los mismos.

De este modo, se considera importante contar con un medio que permita informar a la comunidad ciclista sobre la condición de las vías, generar involucramiento, y mejorar la experiencia en función de criterios de importancia, por lo que se propone el desarrollo de una aplicación móvil que permita satisfacer las necesidades de información de la comunidad ciclista y al mismo tiempo, capturar datos a través de sistemas de crowdsourcing.

Las posibilidades tecnológicas que ofrecen los aparatos de telefonía móvil permiten incorporar soluciones novedosas al levantamiento y monitoreo de información relevantes para los usuarios, y por lo tanto, los convierten en una herramienta poderosa para apoyar en la solución a las problemáticas planteadas. Además de los datos directamente ingresados, este tipo de aparatos cuenta con cámaras digitales (registro visual y asistido por algoritmos de inteligencia artificial), GPS (no sólo para capturar información básica de posicionamiento, sino que permite aplicar algoritmos predictivos y de ruteo, o cálculo de velocidad), acelerómetros (para detectar baches, por ejemplo), o magnetómetros.

Desde un punto de vista conceptual, la aplicación propuesta debiese considerar al menos los siguientes aspectos:

- Información de la red de ciclovías: Localización
- Ruteo con criterios: distancia, pendiente, calidad de la ciclovía, presencia de transporte público, seguridad.
- Información hacia el servidor de calidad de las ciclovías.
- Información hacia el servidor de tiempos de viaje.

Por otra parte, desde un punto de vista funcional, la aplicación propuesta debe considerar al menos las siguientes funcionalidades:

- Gestión de usuarios: Solo administrador(es) con logeo. Visualización y descarga de datos abierta.
- Almacenamiento de las tablas descritas en datalake CEGIR AWS
- Ingreso de información: agregar y editar ciclovías.
- Descargas: tablas de ciclovías, tablas de conteos, etc.
- Integraciones:
 - Información de conteo en espiras de ciclovías (desde UOCT)
 - Información de conteos de IMIVs (desde plataforma propuesta en MTT)
 - Información de flujos observados (desde data telefonía ENTEL o similar).
 - Información de mediciones ambientales.
 - Información de mediciones de calidad con aplicaciones móviles.
- Disponibilización de información vía API: abierta, entre otros para uso en plataforma Ciclo-p y para aplicación de información ciudadana.
- Visualización de paneles de información.

12.2.1. Administración y Acciones institucionales

La administración de la aplicación se debe llevar a cabo a través de un sistema centralizado que requerirá la designación de un mantenedor responsable. Este mantenedor debería ser asignado en las entidades UGIT GORE o CEGIR. El objetivo principal del mantenedor es garantizar que la aplicación esté actualizada, funcione correctamente y que cualquier feedback o información

proveniente de la comunidad ciclista sea adecuadamente procesada y considerada para futuras actualizaciones.

En relación con el Decreto 102, una actualización a este podría indicar que cada ciclovía propuesta dentro de SEREMITT debiese ser informada al mantenedor designado (o presentar consistencia dentro de los datos dispuestos por el CEGIR). Esta comunicación debe incluir las características básicas de la ciclovía propuesta para asegurar que todos los usuarios tengan acceso a información precisa y actualizada.

Además, se debiese promover la colaboración interinstitucional para asegurar la integración con los datos de CEGIR (tanto como consumidor, como proveedor), estableciendo canales de comunicación directos con las entidades pertinentes para garantizar una actualización oportuna y adecuada de los datos.

Finalmente, se recomienda la realización de talleres y capacitaciones periódicas para los administradores de la aplicación, y un plan de difusión y sociabilización para los usuarios (comunidad ciclista), con el fin de maximizar su potencial y asegurar que todas las partes involucradas estén informadas y capacitadas para utilizar y contribuir de manera efectiva al sistema.

12.2.2. Lineamientos de definición de características específicas y diseño

Para asegurar que la aplicación cumpla con las expectativas de los organismos públicos involucrados y de la comunidad ciclista (usuarios), y brinde una experiencia óptima, se debería seguir un enfoque estructurado y centrado en el usuario al definir características específicas y diseño de interfaces. Los siguientes pasos genéricos deben ser considerados:

- **Investigación Preliminar:** Comprender a profundidad las necesidades y preferencias de la comunidad ciclista y las autoridades. Esto incluye entrevistas, encuestas y análisis de comportamiento en aplicaciones similares.
- **Definición de Funcionalidades:** Basándose en la investigación, se seleccionan las funcionalidades clave que deben ser incorporadas. Si bien en este documento se presentan funcionalidad sugeridas, estas son referenciales y deben ser validadas con una investigación específica para este fin. Los criterios para esta selección incluyen la relevancia para el usuario, viabilidad técnica y alineación con los objetivos generales que se definan.
- **Diseño UX/UI:**
 - **Wireframing:** Esbozar la estructura básica de la aplicación para definir la disposición de elementos y flujo de navegación.
 - **Prototipado:** Crear prototipos interactivos para simular la experiencia real del usuario.
 - **Diseño de Interfaz:** Seleccionar paletas de colores, tipografías, y desarrollar iconografía y demás elementos visuales, a definir en conjunto con los organismos públicos involucrados.
- **Pruebas con Usuarios:** Llevar a cabo sesiones de prueba con representantes de la comunidad ciclista y autoridades pertinentes para obtener feedback sobre el diseño y funcionalidades. Estas pruebas ayudan a identificar áreas de mejora y validar la eficacia de la solución propuesta.
- **Iteración:** Basado en el feedback de las pruebas, realizar ajustes y mejoras necesarias en el diseño y funcionalidades de la aplicación.
- **Selección de Tecnologías:** Identificar y seleccionar las tecnologías y herramientas adecuadas para el desarrollo de la aplicación. Los criterios para esta elección deben basarse en la compatibilidad, escalabilidad, seguridad y facilidad de integración con otros sistemas (por ejemplo para el consumo de datos desde CEGIR y la inyección de datos al mismo).

- **Documentación:** Generar una documentación exhaustiva que detalle las características, funcionalidades, decisiones de diseño y tecnologías seleccionadas. Esta documentación servirá como guía para los desarrolladores y otros stakeholders involucrados en el proyecto, así como para la mantención del mismo en el tiempo.
- **Lanzamiento y Feedback Continuo:** Una vez lanzada la aplicación, es vital establecer mecanismos de retroalimentación para que los usuarios puedan reportar errores, sugerencias o inquietudes.

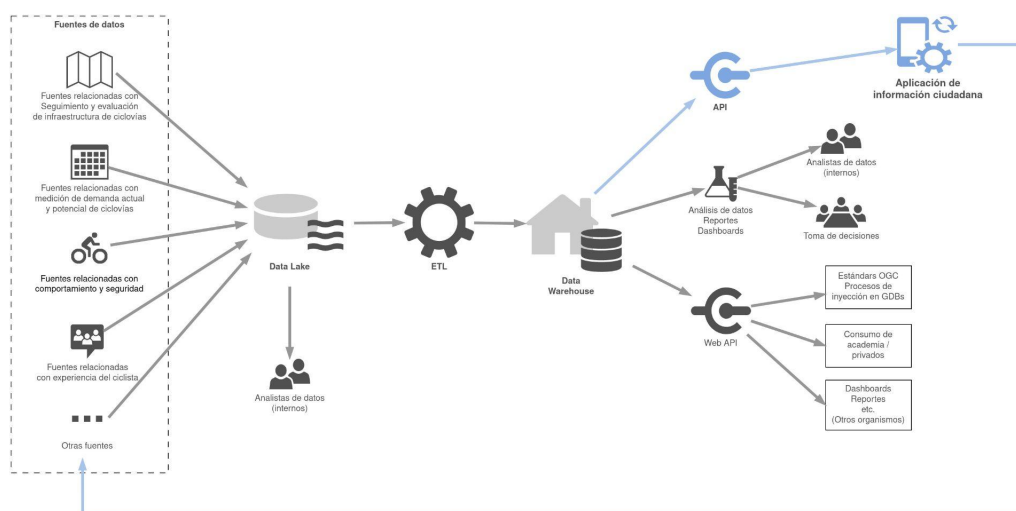
12.2.3. Lineamientos técnicos

La aplicación de información ciudadana propuesta cumple una doble función:

- Informar de manera efectiva a la comunidad ciclista.
- Proveer al CEGIR de información levantada mediante técnicas de crowdsourcing.

Así, desde un punto de vista técnico, la aplicación debe comunicarse con CEGIR, como un subsistema independiente que forma parte del ecosistema de aplicaciones descrito anteriormente, y que forma parte también de uno de los potenciales casos de uso del mismo.

Según se indica en la Figura a continuación, la aplicación como un subsistema aislado, debe consumir datos para su caso de uso específico, a través de una interfaz web (API) que contenga información agregada, actualizada y consistente de ciclovías e infraestructura vial (incluyendo todas las características mencionadas relevantes para el caso de uso, como la pendiente, calidad, seguridad, etc). Además, la aplicación levantará información relevante a través de técnicas de crowdsourcing, como puede ser calidad, seguridad, comentarios, etc., que será utilizada para complementar y/o mejorar la información base leída desde el CEGIR, para ser posteriormente presentada a los usuarios. Este enfoque transforma a la aplicación no solo en consumidora de datos, sino que también en productora de datos. Así, los datos generados por la aplicación pueden ser inyectados en el CEGIR siguiendo el flujo de una fuente de datos más en el sistema. Estos datos pueden venir con metadata adicional, como la localización de las observaciones, la hora de captura, etc., o puede ser agregada antes de ser enviada, dependiendo de las definiciones tomadas entre los distintos actores del sistema.

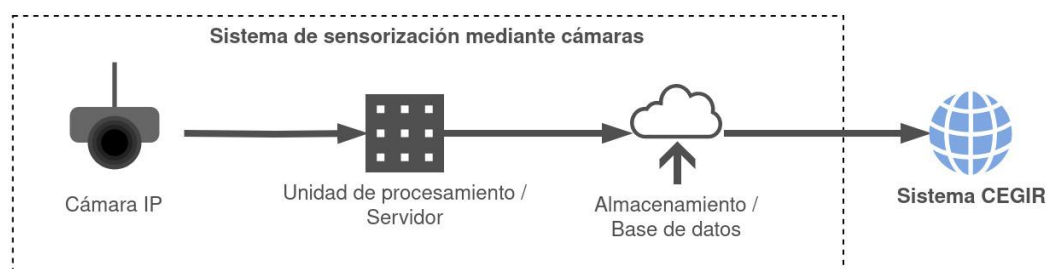


Implementación ejemplo de Aplicación de Información Ciudadana y su integración en una Arquitectura híbrida.

En específico, las tecnologías a utilizar para la construcción de los componentes internos de la aplicación pueden variar entre un amplio rango de posibilidades, dependiendo de los enfoques de diseño adoptados.

12.3. Input desde Sensorizaciones (cámaras)

Según se ha visto, la integración de datos de conteo de bicicletas mediante técnicas basadas en análisis de imágenes capturadas utilizando cámaras IP es una estrategia cada vez más presente en los sistemas especializados debido a su alta precisión, capacidad de funcionar en diversas condiciones de iluminación, posibilidad de reconocimiento en tiempo real y capacidad de integrarse con sistemas modernos de análisis de datos, y aprendizaje automático, lo que presenta un enorme potencial en contar con datos en donde la integridad y la precisión son esenciales para una toma de decisiones informada y para la implementación de soluciones de movilidad urbana. Así, desde un punto de vista técnico, y según se indica en la Figura a continuación, estos sistemas se componen a grandes rasgos de dispositivos de captura de video (cámaras IP), unidades de procesamiento de los datos de video, almacenamiento de los datos relevantes y sistemas de publicación o comunicación de datos.



Implementación genérica de sistema de sensorización mediante cámaras.

Las cámaras IP son los dispositivos de captura de datos principales en este tipo de sistemas. Captan y transmiten continuamente secuencias de vídeo para su posterior análisis. En sistemas que dependen de datos en tiempo real, estas cámaras deben proporcionar la calidad de vídeo y velocidad de fotogramas adecuada para capturar con la precisión necesaria las bicicletas (considerando, por ejemplo su velocidad de movimiento, tamaño dentro del cuadro y perfiles). Compañías como AXIS Communications, Hikvision, Bosch o Dahua ofrecen modelos de cámaras con distintas prestaciones acordes a los diferentes usos que éstas puedan tener.

Las unidades de procesamiento o servidores corresponden al motor computacional del sistema. Ejecutan el software que procesa las transmisiones de video, así como los algoritmos de conteo y detección de vehículos, y manejan las operaciones de almacenamiento y recuperación de datos. Dependiendo del diseño del sistema, podría ejecutar algoritmos tradicionales de Computer Vision, modelos complejos de aprendizaje automático o coordinarse con servicios basados en la nube. Desde el punto de vista de arquitectura, es en este componente donde los datos se procesan y se transforman en datos útiles para ser almacenados. Algunos ejemplos de unidades de procesamiento pueden ser los dispositivos de la serie NVIDIA Jetson o Flo Edge, para procesamiento. La unidad de procesamiento puede estar en algún servicio de nube a través de AWS IoT Greengrass, Google Cloud IoT Core o Azure IoT Edge, por ejemplo. O en soluciones complejas que utilizan hardware para procesar, como AWS Snowball o Azure Data Box Edge.

Finalmente, las unidades de procesamiento envían los datos relevantes a sistemas de almacenamiento (usualmente en servicios de nube) como data lakes o bases de datos. Desde acá,

los datos pueden ser consumidos mediante métodos “Pull” por el sistema CEGIR. Esto considera datos agregados de conteos, por ejemplo en consultas por lotes, o la suscripción a algún sistema de mensajería (para consulta mediante streaming). Dependiendo del caso de uso, el mismo sistema de sensorización podría conectarse con el sistema CEGIR y enviar datos directamente mediante métodos “PUSH” hacia el data lake del CEGIR. Nuevamente, el método dependerá de las condiciones de implementación y casos de uso, así como los formatos y protocolos específicos de comunicación establecidos.

12.4. Biblioteca de Conteos MTT

Se plantea la adaptación de la plataforma SEIM (Sistema de Evaluación de Impacto en la Movilidad) del MTT para que los conteos que se realizan para los IMIV intermedios y Mayores (Informes de Mitigación del Impacto Vial) sean ingresados en tablas estandarizadas (unificando nomenclatura de campos y formato de los valores), y luego almacenados en una base de datos consultable vía API o que permita descargas. La posibilidad de consultar vía API hace que se pueda alimentar el Módulo de Infraestructura y Demanda Ciclista de estos conteos.

Para lograr esto se debiera modificar el D.S. 30 (Reglamento sobre mitigación de impactos al sistema de movilidad local derivados de proyectos de crecimiento urbano) para incluir la obligación de los consultores de informar los conteos en un formato digital específico.

Esto genera la ventaja de que se puede contar con información de diferentes modos de transporte de forma sistematizada, lo cual se podría fácilmente disponibilizar para todo tipo de actores en una plataforma georeferenciada y con filtros que permita descargar esta información.

12.5. Integración Información SERVIU (Pavel, Topografías, Visor geo de pavimentaciones)

De acuerdo a lo que se comenta en el primer punto de esta sección, sobre la posibilidad de contar en el módulo de infraestructura y demanda ciclista en CEGIR con un submódulo de información de contexto para ejes, se hace muy relevante que se pueda impulsar un proyecto que permita consultar de forma externa la información contenida en las plataformas PAVEL y RED-IT de Serviú. Para esto, se hace imprescindible que se puede gestionar desde SERVIU la posibilidad de disponer de una API de consulta que permita, dado un polígono georeferenciado, obtener la geometría de los proyectos de pavimentación como también la información existente que puede ser descargada.

Si bien sería de gran utilidad poder uniformar la entrega de topografías, por parte de los consultores, en archivos con capas y simbologías estandarizadas, que luego puedan ser integradas en un gran visor de los elementos urbanos, también es relevante considerar que esto implicaría una exigencia no despreciable para topógrafos que tienen métodos ya asentados. Es muy probable que una exigencia de este tipo haga subir el precio de las topografías y por lo tanto dificultar el desarrollo de los proyectos.

Por lo tanto se considera suficiente que se pueda entregar a través de API la localización de los proyectos y qué archivos relevantes tiene cada uno de estos. Este es un desarrollo que depende de otra institución fuera del GORE, por lo que se considera relevante las gestiones que se puedan hacer para levantar de forma detallada el requerimiento ante el SERVIU, junto con la identificación de la infraestructura tecnológica en que se basan las plataformas mencionadas y la forma más eficiente de consultar de forma externa esa información (ya sea a través de API u otro método).

12.6. Validación y Disponibilización de Información de demanda a partir de datos de telefonía

A partir de lo que se expuso en la sección de datos de este informe, la información de movilidad a través de los *Call Detail Records* (CDR) de telefonía móvil tiene un gran potencial para informar de manera constante y representativa los flujos de viajes en la ciudad. Las brechas importantes se refieren a su disponibilización (ya que son generados a nivel de BigData y se requiere su procesamiento para ser entregados y usados) y a la validación (ya que no tienen atributos de modo o ruta).

Se proponen los siguientes pasos para que las brechas en este aspecto puedan ser salvadas.

1. **Aproximación a las empresas ofertantes de esta información:** En la actualidad, ENTEL, Telefónica y Claro (al conocimiento de estos consultores) cuentan con información de CDR. Entel tiene un área de analítica (Célula Crowds en ENTEL Digital) que procesa esta información, y desarrolla proyectos para terceros de análisis de movilidad y retail; Telefónica tiene una alianza con Universidad del Desarrollo para el análisis de esta información; y Claro tiene un vínculo con Kido Dynamics para los mismos fines. Se debe levantar las capacidades de generar un piloto como se indica a continuación, además de requerir a las empresas que indiquen las características técnicas de los datos con que cuentan (por ejemplo, precisión de la geolocalización, cantidad de datos, continuidad, entre otros). Se debe poner énfasis en la anonimización que se le den a los datos, para mantener estándares de privacidad que permitan no tener conflictos con su uso para política pública.
2. **Piloto de Viajes con Imputación de Modos y Rutas con validaciones:** Se debe proponer una modalidad para contratar o concursar un piloto en que el o los proveedores puedan demostrar que son capaces de entregar información de movilidad que tenga tanto orígenes, destinos de viajes, con caracterización de modo (incluyendo bicicleta) y de ruta. Se debe poner énfasis en la validación de esta información, a través de uso de dataset de validación (por ejemplo, la realización de trayectos tanto con celular como GPS y con registro del modo). Los términos de referencia del piloto deben incluir las métricas de ajuste deseables y estándares mínimos de validación.
Se debe tener en cuenta que actualmente (octubre 2023), ANID acaba de terminar la primera etapa de un “Desafío Transporte MTT”, en el cual se presentan diferentes consultores para proveer de modelos basados en Datos para reportar indicadores de transporte en la ciudad. Entre los proyectos presentados hay por lo menos uno (ENTEL-ISCI) que se basa, en parte, en este tipo de datos. Se debe explorar la compatibilidad con esta iniciativa.
Estos pilotos de validación pueden tener más de una etapa, considerando que es un proceso complejo y que está en el estado del arte en términos de transporte y Big Data.
3. **Establecer formatos de entrega y periodicidad:** Una vez que se demuestra la validación de esta información en las variables indicadas (Orígenes-Destinos, Modo y Ruta) por parte de alguno de los proveedores, se debe establecer un formato de entrega de la información que permita hacer una agregación adecuada de los datos que permita, por una parte, mantener cierto nivel de detalle, pero por otro, mantenga el volumen de los datos acotado para su transmisión y uso en el cliente final (CEGIR tentativamente). El proveedor debe explicitar su método de procesamiento de los datos y aplicación de los algoritmos desarrollados en el piloto, como también métodos automatizados de aseguramiento de la calidad del dato (por ejemplo, algoritmos que detecten caídas de datos) y procedimientos estandarizados para cubrir estas contingencias. El nivel de automatización que el proveedor pueda asegurar, permite evaluar positivamente que la información pueda entregarse de forma continua (mediante, por ejemplo una API que sea consultada día a día por el cliente final) o que tenga que ser entregada de

forma menos periódica, para incluir instancias de revisión manual. A partir de estos acuerdos y pruebas, se puede generar el contrato de provisión de la información.

Idealmente, la tabla a proveer debiera tener la cantidad de viajes que se realizan entre cada par de zonas, desglosados por día, bloque horario, ruta y modo de transporte.

4. **Integración a CEGIR:** las tablas deberían ser almacenadas en el datalake AWS propuesto para el CEGIR. La forma en que se insertan las tablas depende del modo de transmisión acordado. Si es vía consulta API, debieran diseñarse los módulos con el código que hace las consultas periódicas.

12.7. Modelo de demanda ciclista

Contar con modelos funcionales y que permitan de forma amigable cuantificar la demanda ciclista en función de nueva infraestructura es vital para tener una correcta evaluación del beneficio de alternativas proyectadas de ciclovías.

En este sentido, no sería necesario el desarrollo de una herramienta desde cero ya que actualmente hay un modelo que está siendo desarrollado y que tiene bastante camino avanzado, como es Ciclo-p (ya detallado en la sección 7).

Si bien el proyecto tiene financiamiento actual y tiene un equipo que se encuentra a cargo del proyecto, sería importante integrar a la hoja de ruta ciertas acciones que permitan asegurar su institucionalización para la evaluación de ciclovías.

En este sentido, sería interesante contratar por parte de GORE un piloto de validación de la herramienta, que incluya los pasos de recalibración (actualmente se ha calibrado, a conocimiento de este consultor, con conteos de 2019, por lo que sería importante la recalibración con conteos actualizados, que podrían ser obtenidos de la biblioteca digital MTT).

A partir de esta recalibración, se deberían solicitar validaciones con por lo menos tres casos de ciclovías construidas en las cuales se pida informar el antes y después. La ausencia de conteos en el tiempo es uno de los factores clave de éxito de las validaciones, ya que no existen muchos registros. Es por esto que revisar conteos en los IMIV de la Biblioteca Digital MTT podría suplir esta falta.

Una vez hechas las validaciones, de ser exitosas, se debería avanzar en un licenciamiento de la plataforma a GORE, para asegurar su sostenibilidad en el tiempo como plataforma.

Una última etapa se refiere a empujar la validación de la metodología por parte de MIDESO para el uso de la demanda que proyecta Ciclo-p en la evaluación de proyectos de ciclovías.

13. Estimación preliminar de Recursos Necesarios

En función de lo indicado en el presente informe, se recomienda modularizar el avance en cinco desarrollos particulares, para los cuales se define en esta sección un dimensionamiento preliminar de los recursos necesarios, en base a licitaciones previas que se observan en Mercado Público.

1. **Diseño de Módulo en CEGIR:** Se considera un proyecto que defina aspectos tales como: funcionalidades, fuentes de datos, arquitectura de datos, infraestructura tecnológica, integraciones, lineamientos de UX/UI, usuarios, gobernanza de los datos y plataformas, equipo para mantenimiento y mejoras. El objetivo de la consultoría es generar todas las especificaciones para luego licitar la ejecución.

- Plazo aproximado de la consultoría: 12 meses (Mercado Público)
 - Costo de licitaciones similares: 1500 - 5600 UF (Licitación Metro)⁸, 2600 UF (Licitación ANID y CONICYT)⁹, 1400 UF (Licitación Subsecretaría del Ministerio de Hacienda)¹⁰, 1000 UF (Licitación Instituto de Desarrollo Agropecuario)¹¹.
2. **Diseño de Aplicación Ciudadana:** Para este módulo se considera un proyecto que defina las funcionalidades específicas, diseño (UX-UI), modelos, usabilidad, tecnologías, integración con CEGIR (u otra plataforma base) y lenguajes. El objetivo de la consultoría es generar todas las especificaciones para luego licitar la ejecución.
 - Plazos de la consultoría: 2 - 6 meses (Mercado Público)
 - Costo Preliminar del Diseño: 120 - 800 UF (distintas licitaciones similares de Mercado Público)¹²
 3. **Sensorización:** El costeo de este aspecto se está desarrollando en el producto 4 y 5 de esta misma iniciativa.
 4. **Datos de telefonía:** Piloto de validación de datos y provisión periódica de tablas de flujo, de acuerdo a lo detallado en sección 12.6.
 - Plazos de la consultoría: 6 meses.
 - Costo preliminar del piloto: Se estima un costo de 1.500 a 2.000 UF, de acuerdo a referencias de pilotos desarrollados por la empresa ENTEL a empresas.
 5. **Consultoría para Estrategias de desarrollo en otros Actores u Organismos:** Se considera que se puede empaquetar una consultoría que lleve a cabo las estrategias de desarrollo para Ciclo-p, Biblioteca de transporte MTT y SERVIU, de acuerdo a lo detallado en la hoja de ruta. Esta consultoría debiera encargarse del acercamiento a estas instituciones, levantar en detalle la infraestructura tecnológica y características de las plataformas, y luego desarrollar una propuesta de cumplimiento de lo indicado en la hoja de ruta para cada uno de estos actores.
 - Plazos de la consultoría: 7 a 8 meses
 - Costo preliminar de la consultoría: 2.000 UF

14. Estándares de uso de datos (normativa aplicable)

A continuación, se listan algunas de las normativas y guías clave a tener en consideración con respecto al diseño, desarrollo e implementación del módulo CEGIR y otras iniciativas en la hoja de ruta.

⁸ Precios de referencia según ofertas económicas en Licitación ID: 681563-22-LE22 “Servicio Gestionado de Data Lake Metro RLB110021448”.

⁹ Precios de referencia según ofertas económicas en Licitación ID: 1571-111-LP09 “Levantamiento, Diseño e Implementación de un Data Warehouse para CONICYT”.

¹⁰ Precios de referencia según ofertas económicas en Licitación ID: 894244-1-LE20 “Servicio de desarrollo de Data Warehouse”. Cuenta con una segunda etapa por un monto similar con código 894244-4-LE21.

¹¹ Precios de referencia según ofertas económicas en Licitación ID: 609-58-LE22 “Diseño e implementación de Data Warehouse”. Tuvo solo 2 oferentes por el máximo, lo que significa que el precio está bajo el precio de mercado.

¹² Precios de referencia según licitaciones con IDs: 1232820-16-L123, 2318-13-LE23, 2434-27-LE23, 1469-136-L123 y 1736-51-LE23.

- **Lineamientos de Gobierno Digital:** El mandato de Gobierno Digital es coordinar y asesorar intersectorialmente a los órganos de la Administración del Estado en el uso estratégico de las tecnologías digitales, apoyando su uso, datos e información pública para mejorar la gestión y la entrega de servicios cercanos y de calidad a las personas. Aunque está enfocado en la Transformación Digital, provee también lineamientos generales sobre el uso de TIC en la administración pública (<https://digital.gob.cl/transformacion-digital/estandares-y-guias>).
- **Ley de Protección de Datos Personales (Ley N° 19.628):** Esta ley establece las condiciones en las que se pueden tratar datos personales. Es el marco principal en lo que respecta al tratamiento de datos personales en Chile.
- **Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública (Ley N° 20.285):** Esta normativa establece la obligación de los organismos del Estado de garantizar el derecho de acceso a la información pública y los principios de transparencia en su actuar.
- **Normas técnicas de interoperabilidad y arquitectura internas:** El Estado o los organismos públicos pertinentes pueden contar con normas técnicas que regulen la forma en que los sistemas informáticos deben interactuar y compartir información. Estas son esenciales al implementar soluciones que necesitan comunicarse con otros sistemas existentes.
- **Normativas Internas de Seguridad de la Información:** El Estado o los organismos públicos pertinentes pueden existir regulaciones internas que establezcan estándares de seguridad informática y protección de datos.
- **Guías de Buenas Prácticas:** A nivel sectorial, algunos ministerios o servicios pueden contar con guías de buenas prácticas en áreas específicas (por ejemplo, salud, educación, etc.), que podrían tener recomendaciones o requisitos sobre el manejo de datos.

15. Bibliografía

- Alexander, L., Jiang, S., Murga, M., & González, M. C. (2015). Origin–destination trips by purpose and time of day inferred from mobile phone data. *Transportation research part c: emerging technologies*, 58, 240-250. <https://humnetlab.berkeley.edu/wp-content/uploads/2020/02/FiveSamplePapersChronological_2015-2018.pdf>
- Ben, H. (2016). Quality and the efficiency of data in “smart-cities”. *Future Generation Computer Systems* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2016.12.021>. <<https://sci-hub.se/10.1016/j.future.2016.12.021>>
- Blanco, M. (2023). Joaquín Di Mario, CEO de Ualabee: ‘Si seguimos construyendo ciudades en función del automóvil y no de la persona, no nos vamos a poder mover’. Obtenido de: <<https://forbes.cl/negocios/2023-03-03/joaquin-di-mario-ceo-de-ualabee-si-seguimos-construyendo-ciudades-en-funcion-del-automovil-y-no-de-la-persona-no-nos-vamos-a-poder-mover>>
- Cabello, S. (2023). Análisis de los modelos de gobernanza de datos en el sector público. CEPAL. <<https://www.cepal.org/es/publicaciones/49009-analisis-modelos-gobernanza-datos-sector-publico-mi-rada-bogota-buenos-aires>>
- Chen, C., Ma, J., Susilo, Y., Liu, Y., & Wang, M. (2016). The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. *Transportation research part C: emerging technologies*, 68, 285-299. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X16300092>>

El Aissi, M. E. M., Benjelloun, S., Loukili, Y., Lakhrissi, Y., Boushaki, A. E., Chougrad, H., & Elhaj Ben Ali, S. (2022). Data lake versus data warehouse architecture: a comparative study. In *WITS 2020: Proceedings of the 6th International Conference on Wireless Technologies, Embedded, and Intelligent Systems* (pp. 201-210). Springer Singapore.

Fishman, E. (2016). Cycling as transport. *Transport reviews*, 36 (1), 1-8. <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2015.1114271>>

Fuenmayor, J. (2017). Actores en las decisiones públicas: aportes desde el enfoque de análisis de políticas. *Económicas CUC*, 38(2), 43-60. Obtenido de: <<http://dx.doi.org/10.17981/econcuc.38.2.2017.04>>

Golbaff L. & Aldred R, (2012). Cycling policy in the UK, A historical and thematic overview. Reporte técnico. <https://rachelaldred.org/wp-content/uploads/2012/10/cycling-review1.pdf>

Gomes, H., Redinha, N., Lavado, N., & Mendes, M. (2022). Counting People and Bicycles in Real Time Using YOLO on Jetson Nano. *Energies*, 15(23), 8816. <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/23/8816#B1-energies-15-08816>

Huang, H., Cheng, Y., & Weibel, R. (2019). Transport mode detection based on mobile phone network data: A systematic review. In *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* (Vol. 101, pp. 297–312). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.02.008>. <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/177487/1/Transport_Mode_Detection_Based_on_Mobile_Phone_Network_Data_v5.pdf>

Hurtubia, R, Billikopf, S, Abé, I, Schuwirth, J, Larraín, H, Raveau, S (2021) Ciclo-p, una herramienta para la simulación de la demanda y planificación de la infraestructura ciclista. 20° Congreso de Ingeniería en Transporte, Octubre 2021 (on-line). <En Drive: <https://drive.google.com/drive/folders/1JpPw085KvQcMACV0rLRQKisvPtIJWBeN>>

Kędziorek, P., Kasprzyk, Z., Rychlicki, M., & Rosiński, A. (2023). Analysis and Evaluation of Methods Used in Measuring the Intensity of Bicycle Traffic. *Energies*, 16(2), 752. <<https://www.mdpi.com/1996-1073/16/2/752>>

Kumar, S. (2019). *What Is a Data Repository and What Is it Used for?* Online: <https://stealthbits.com/blog/what-is-a-data-repository-and-what-is-it-used-for/> (accedido el 27 de Octubre de 2022).

Lizana, A. (2023). ¿Cómo funciona Ualabee? La aplicación conocida como el “Waze” del transporte público. Obtenido de: <<https://www.pauta.cl/ciudad/2023/06/16/como-funciona-ualabee-la-aplicacion-que-te-entrega-las-mejores.html#:~:text=Ualabee%2C%20disponible%20en%20dispositivos%20Android,de%20un%20punto%20a%20otro.>>>

Lu, Z., Long, Z., Xia, J., & An, C. (2019). A random forest model for travel mode identification based on mobile phone signaling data. *Sustainability* (Switzerland), 11(21). <https://doi.org/10.3390/su11215950>. <<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/5950>>

Nambiar, A.; Mundra, D. An Overview of Data Warehouse and Data Lake in Modern Enterprise Data Management. *Big Data Cogn. Comput.* 2022, 6, 132. <https://doi.org/10.3390/bdcc6040132>

Mattern, S. (2015). Mission Control: A History of the Urban Dashboard. Places Journal, March 2015. <https://doi.org/10.22269/150309>

MetroCount. (2021). Monitoring cycling in the world's bicycle capital. <<https://metrocount.com/monitoring-cycling-in-the-worlds-bicycle-capital/>>

Moreno, C. (2018). Radiografía de las rutas preferidas por Los Ciclistas de Madrid. El País. <https://elpais.com/ccaa/2018/04/06/madrid/1523036796_210729.html>

Ochoa, M. C., Engelmann, G. (2020). In the pandemic, cities are scrambling to expand cycling infrastructure: Big data can help. World Bank Blogs. <<https://blogs.worldbank.org/transport/pandemic-cities-are-scrambling-expand-cycling-infrastructure-big-data-can-help>>

Oliveira, F., Nery, D., Costa, D. G., Silva, I., & Lima, L. (2021). A Survey of Technologies and Recent Developments for Sustainable Smart Cycling. Sustainability, 13(6), 3422. <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3422>>

Olmos, L., Tadeo, M., Vlachogiannis, D., Alhasoun, F., Espinet, X., Ochoa, C., Targa, F. & González, M. (2020). A data science framework for planning the growth of bicycle infrastructures. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 115, 102640. <https://humnetlab.berkeley.edu/wp-content/uploads/2020/04/Olmos_TRC20.pdf>

Ozan, E., Searcy, S., Geiger, B. C., Vaughan, C., Carnes, C., Baird, C., & Hipp, A. (2021). *State-of-the-art approaches to bicycle and pedestrian counters* (No. FHWA/NC/2020-39). North Carolina Department of Transportation. <<https://connect.ncdot.gov/projects/research/RNAProjDocs/RP2020-39%20Final%20Report.pdf>>

Parra, D. (2018). Automovilización y su impacto en las actividades peatonales. Tesis de Magister en Desarrollo Urbano, Pontificia Universidad Católica de Chile. <<https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2018/08/TESIS-DPO.pdf>>

Proulx, F. R., Schneider, R. J., & Miranda-Moreno, L. F. (2016). Performance evaluation and correction functions for automated pedestrian and bicycle counting technologies. *Journal of transportation engineering*, 142(3), 04016002. <[https://sci-hub.se/10.1061/\(asce\)te.1943-5436.0000828](https://sci-hub.se/10.1061/(asce)te.1943-5436.0000828)>

J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick and A. Farhadi, "You only look once: Unified real-time object detection", *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)*, pp. 779-788, Jun. 2016. <<https://arxiv.org/pdf/1506.02640.pdf>>

Romanillos, G., Zaltz Austwick, M., Ettema, D., & De Kruijf, J. (2016). Big data and cycling. *Transport Reviews*, 36(1), 114-133. <<https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1084067>>

StreetLight Data. (sin fecha). Bike and Pedestrian Safety for an Equitable City. <https://learn.streetlightdata.com/hubfs/Case%20Studies/Bike%20and%20Pedestrian%20Safety%20for%20an%20Equitable%20City/Bike%20and%20Pedestrian%20Safety%20for%20an%20Equitable%20City.pdf?utm_campaign=TOPIC_Safety_032021&utm_medium=email&hsmi=116771405&hsenc=p2ANqtz-euJsZCg5p9usTrxJ7JapvTZozmoISzsRnKXxQNjLZA81QIC2h1NuFkTYN6oMUXJlkh4efx-SG8tlcOV5c2V8lTh7tg&utm_content=116771405&utm_source=hs_automation>

Temuco Te Mueve. (2020). Conoce más del proyecto Smart City y cómo este se aplica al Transporte Público. <<https://www.temucotemueve.cl/ttm/?p=2464>>

Tironi, M., & Valderrama Barragán, M. (2016). Transformando la bicicleta en laboratorios móviles. El caso de un self-tracking ciudadano para la ciudad de Santiago. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5632999>>

Valle, M., & Herrera, J. C. (2019). Uso De Datos Pasivos Obtenidos Mediante Dispositivos Inerciales Para Inferir La Condición Del Pavimento En Ciclovías. *Revista ingeniería de construcción*, 34(1), 33-44. <https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000100033>

Willberg, E., Tenkanen, H., Poom, A., Salonen, M. & Toivonen, T. (2021). Comparing spatial data sources for cycling studies: a review. *Transport in Human Scale Cities*, 169 -187. <https://www.researchgate.net/publication/353834653_Comparing_spatial_data_sources_for_cycling_studies_a_review>

Zhou, Z., Yang, J., Qi, Y., & Cai, Y. (2018). Support vector Machine and back propagation neural network approaches for trip mode prediction using mobile phone data. *IET Intelligent Transport Systems*, 12(10), 1220–1226. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.5203>. <<https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/iet-its.2018.5203>>

16. Anexos

16.1. Anexo 1: Cuadro Resumen de Datos, Modelos y Plataformas

Se está completando una tabla con fuentes de datos, modelos y plataformas, en el siguiente link:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1S1ql3H5vaF67gwiL7JhVhhT_U4DowpaxyE0BAzbhbZo/edit#gid=0

16.2. Anexo 2: Detalle de Actividades por Objetivo

Objetivo 1:

Desarrollar un levantamiento inicial de información, tanto en el estado de la discusión sobre esta temática, de casos de éxito (y fracaso), datos existentes, y mapeo de actores relevantes.

1.1 Estado del arte en la discusión teórica sobre el uso de Datos en la planificación y gestión de redes de ciclovías, en función de los factores que atraen y repelen a las personas en el uso de la bicicleta: Se levanta la literatura reciente especializada y se extraen los principales lineamientos y conclusiones. En este sentido, en una búsqueda preliminar, se identifican 211 artículos desde 2016 que se refieren al concepto de Big Data and Cycling, de los cuales se seleccionará los más relevantes para ser revisados, resumidos y extraídos los ejes principales de avance en la materia. Sobre los factores que influyen el uso de bicicleta (que permiten orientar la selección de las tecnologías y datos relevantes), se identifica un cuerpo de literatura, como por ejemplo el trabajo de Factors influencing the propensity to cycle to work (Wardman et al, 2007), que indica como los más relevantes los incentivos monetarios, y los facilities en la ruta y final del trayecto.

1.2 Descripción de casos de uso internacional: Investigar buenas prácticas y estudios de caso de otras ciudades o regiones que hayan llevado a cabo una transformación exitosa de su red de ciclovías inteligente. Adicionalmente evaluar modelos de gobernanza en la gestión de datos.

1.3 Identificación de fuentes de datos: Explorar sitios web de instituciones gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro, instituciones académicas y otros organismos que puedan tener datos relevantes. Definir el tipo de información existente, los usuarios de esta información, accesibilidad de la información. Recabar información existente sobre red de ciclovías en Santiago para posterior análisis. Entre estos, se mapea también fuentes de datos que pueden ser de potencial uso, como telefonía celular, GPS, bike sharing data, además de fuentes estáticas como coberturas georeferenciadas (shapes), y otros. En este sentido, también se levanta la información de visores y plataformas, como por ejemplo el visor de ciclovías de IDE Chile, entre otros. Las fuentes de datos se analizan según criterios de disponibilidad, actualización, institucionalización, confiabilidad, desagregación (temporal, espacial), representatividad y sesgos, entre otros.

1.4 Identificación y contacto con actores existentes en Chile: Identificar y establecer contacto con las instituciones, agencias y administradores de información relevantes que podrían tener los datos, y hacer una identificación inicial de su rol y uso de esta información, lo cual se traduce en un cuadro de actores. Entre estos: UOCT (Mirna Ramírez), CEGIR (Benjamín Blanco), SECTRA (Rodrigo Henríquez), Big Data MTT (Viviana Muñoz), ciclovías MTT (Tomás Echiburú), Academia (Ricardo Hurtubia, Rodrigo Mora), entre otros.

1.5 Orientaciones iniciales sobre el uso de datos y modelamiento para una red de ciclo vías inteligente: Identificar los principales objetivos y beneficios asociados a la transformación de la red de ciclovías inteligente. Se deben identificar objetivos directos como: levantar datos y generar modelos para estudiar la demanda actual y potencial de ciclovías, y así planificar la red futura; y Objetivos derivados como: la promoción de la movilidad sostenible para la reducción de la congestión del tráfico, mejora de la calidad del aire y salud de las personas.

Objetivo 2:

Identificar características de los datos existentes, análisis de la red de ciclovías, capacidades y uso de datos de los actores relevantes, modelos de análisis y uso de los datos, y plataformas de disponibilización de los datos.

2.1. Análisis de la Red de ciclovías existente en RM: En base a la información existente, se estudia su cobertura, nivel de conectividad, entre otros análisis geométricos de la red. Se hace una descripción de estándar en base a observaciones puntuales. Se verifica y describe el uso de tecnologías de captura de datos y su uso potencial para planificación y gestión

2.2. Catastro y descripción de actores en institucionalidad vigente: Se levanta las capacidades, infraestructura de datos y toma de decisiones con éstos, y se identifican brechas administrativas, legales o técnicas asociadas para acceder o difundir la información. Para esto, se desarrolla taller de mapeo de procesos, institucionalidad y requerimiento de datos con equipo GORE Transporte, además de contrastar con lo indicado por otros actores.

2.3. Identificación de recursos tecnológicos existentes y proyectados: Basado en los identificados en el punto 1.3, se profundiza en las características técnicas de cada recurso (almacenamiento, procesamiento, gobernanza de los datos, disponibilización). Entre ellos se catastra CEGIR, junto con otras fuentes. También se hace un análisis del estado de la aplicación Ualabee, que tiene el potencial de convertirse en aplicación de MaaS en Chile.

2.4. Descripción de tipos de modelos para análisis de datos y toma de decisiones: A partir del análisis de literatura, se identifican y describen modelos para el análisis de los datos, los cuales permiten el aprovechamiento de los datos existentes y a levantar, para generar información relevante para toma de decisiones atinentes a los objetivos de una red de ciclovías inteligentes. Entre estos, se exploran el uso de modelos para agregación de información (por ejemplo, métodos para agregación de Big Data de movilidad a matrices origen destino, modelos de machine learning para imputación de modo o caracterización de usuarios, modelos de elección discreta para identificar propensión de uso, entre otros). También se identifican los niveles de agregación de datos (por zona, por arco, por hora, por día, etc).

2.5. Plataformas para la captura, almacenamiento, gestión y visualización de datos: Se presentan las alternativas recomendables en este ámbito, con sus características técnicas, costos y compatibilidad entre ellas. Se hace énfasis en las soluciones basadas en la nube (Cloud Computing), diferenciando proveedores (Amazon Web Service, Google Cloud Computing, por ejemplo), arquitecturas de datos y formas de disponibilización/comunicación (APIs), y visualización (plataformas predefinidas como CARTO, u otras).

Objetivo 3:

Desarrollar una síntesis en base a un análisis FODA de la situación existentes, una propuesta general, de modelos y tecnologías asociadas, y su relación con elementos institucionales, y finalmente una hoja de ruta que responda a estos elementos.

3.1. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Desafío y Amenazas (FODA): en base a la información recabada, se desarrolla este análisis para evaluar la implementación de una estrategia de ciclovías inteligentes considerando la infraestructura física, tecnológica, información, analítica, e institucionalidad. Se desarrolla un cuadro de brechas y acciones potenciales para disminuir estas brechas, cada uno siempre en términos de Datos, Plataformas y Modelos. Tentativamente se definen estos aspectos en cuatro ejes:

a) Seguimiento y evaluación de infraestructura de ciclovías: catastros de ciclovías, indicadores de calidad, indicadores de continuidad, modelos para priorizar ciertos tramos que aumenten continuidad, indicadores de carencia en calidad, catastro de estado de pavimentos (texturas) y trazado urbano (plano de calles, soleras). Todo esto en beneficio de la futura coordinación de las especialidades para facilitar la ejecución de las obras.

b) Seguimiento y medición de demanda actual y potencial de ciclovías: unificación de conteos y encuestas, metodologías para implementar conteos. Uso de datos de telefonía, modelos, plataformas y validaciones necesarias para su uso. Considerar incorporación de monitoreo de contaminantes (producto 4).

c) Comportamiento y Seguridad: Sistematización de encuestas sobre conflictos y accidentes (por ejemplo, Encuestas de Bicicultura y de Fondecyt Rodrigo Mora/Tomás Cox), mediciones antes y después de comportamiento en intersecciones (uso de drones con reconocimiento de vehículos) para identificar diseños recomendables. Monitoreo (Cámaras UOCT actuales y posibles) considerando situación actual e incorporación de monitoreo de contaminantes (producto 4).

d) Experiencia del ciclista: aplicaciones existentes de MaaS (Ualabee), planificadores de ruta, bicicletas compartidas, entre otros elementos. Otros elementos ligados a IoT.