

Primer piloto de vehículo autónomo en Latinoamérica

Cristián Navas Duk
Richard Mix Vidal

División de Transporte

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02148

Noviembre 2021

Primer piloto de vehículo autónomo en Latinoamérica

Cristián Navas Duk
Richard Mix Vidal

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Navas Duk, Cristián

Primer piloto de vehículo autónomo en Latinoamérica / Cristián Navas Duk, Richard Mix Vidal.
p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2148)

1. Automated vehicles-Latin America. 2. Electric vehicles-Latin America. 3. Urban
Transportation-Technological innovations-Latin America. 4. Urban transportation policy-Latin
America. I. Mix Vidal, Richard. II. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte.
III. Título. IV. Serie.
IDB-TN-2148

Códigos JEL: L91, I14, R41

Palabras Clave: Vehículos Autónomos, Innovación, Electromovilidad, Sostenibilidad Ambiental,
Tecnología Energética de Baja Emisión de Carbono, Modelo de Negocio

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2021] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





PRIMER PILOTO DE

VEHÍCULO AUTÓNOMO

EN LATINOAMÉRICA



Primer piloto de vehículo autónomo en latinoamérica

Nota Técnica

División de Transporte
Banco Interamericano de Desarrollo

Noviembre 2021

Autores:
Richard Mix Vidal
Cristián Navas Duk

Diseño:
Sahadia Yusari

CONTENIDO

Resumen ejecutivo	4
Introducción	5
Las oportunidades del transporte del mañana	6
Los desafíos de la movilidad autónoma	7
Un proceso incipiente en América Latina y el Caribe	9
Los primeros pasos hacia la movilidad autónoma en Chile	11
Los vehículos autónomos hoy	13
Avances tecnológicos	14
Actores relevantes	17
Estructura del piloto en Chile	18
Gobernanza del proyecto y actores involucrados	19
Líneas de acción	21
Planificación de la operación del vehículo autónomo	22
El piloto en terreno	24
Implementación del piloto	25
Operación del piloto	28
Capacitación	32
Análisis de resultados	33
El piloto en números	34
Desafíos en la implementación y operación	35
Encuesta	37
Exposición en los medios de comunicación	40
Otras actividades	41
Hub de conocimiento de vehículos autónomos	42
Desafío de innovación y emprendimiento	44
Avances en marcos regulatorios	44
Conclusiones	45
Referencias	46
Anexos	47
Imágenes	47

Resumen ejecutivo

El presente documento tiene como objetivo presentar los detalles del Primer Piloto de Vehículo Autónomo en Latinoamérica, correspondiente a las actividades relacionadas principalmente con la planificación, preparación, implementación, operación y análisis de resultados de la prueba de un vehículo autónomo compartido en las inmediaciones del Parque O'Higgins en Santiago de Chile entre 2019 y 2020. Este proyecto fue liderado de forma conjunta entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile (MTT) en el marco de la Cooperación Técnica para el estudio del uso de datos digitales y el estudio de tecnologías asociadas a los vehículos autónomos.

En primer lugar, se presentan algunos componentes introductorios sobre el desarrollo de la movilidad autónoma en el mundo y el contexto general que motivó la puesta en marcha de del piloto de movilidad autónoma en Chile. En segundo lugar, se exponen algunos contenidos generales de los avances de la movilidad autónoma hoy y los principales actores que están liderando esta revolución en la actualidad. En tercer lugar, se muestra el diseño con la que dio forma al Piloto en el contexto local, en términos de estructura orgánica de gobernanza, líneas de acción y la planificación con el operador. En cuarto lugar, se exhibe el desarrollo observado del piloto y los principales hitos asociados a esta experiencia. En quinto lugar, se realiza un análisis de los resultados obtenidos en el piloto. En sexto lugar, se comenta sobre algunos procesos complementarios al Piloto de Vehículo Autónomo, en el marco del trabajo del BID junto al MTT en materia de movilidad autónoma. Finalmente, se presentan las conclusiones de esta experiencia.

Introducción



Introducción

Las oportunidades del transporte del mañana

En la actualidad, la industria del transporte se encuentra frente a la oportunidad de llevar adelante un conjunto de cambios de alto impacto, los que tienen el potencial de transformar profundamente la manera como las personas se desplazan dentro y fuera de las ciudades. Tendencias como la movilidad compartida, la movilidad *on-demand*, las plataformas de transporte de viajes tipo *ride-hailing*, los vehículos de propulsión eléctrica, la movilidad como servicio (MaaS) y los sistemas de micro movilidad son solo algunas de las innovaciones que ya cuentan con soluciones operativas en las calles y que se encuentran en pleno proceso de crecimiento y perfeccionamiento, en camino hacia su posicionamiento definitivo como parte de los sistemas de transporte en el futuro cercano.

En este contexto, una de las disrupciones con mayores expectativas dentro del sector de transporte es la movilidad autónoma. Este concepto alberga las soluciones de transporte relacionadas con el uso de vehículos de conducción automatizada, los que se caracterizan por prescindir de la intervención humana para la ejecución de distintas funcionalidades tradicionalmente realizadas por una persona al volante en vehículos convencionales. De esta forma, en función de distintos niveles de automatización, la movilidad autónoma apunta hacia sistemas de transporte más seguros, eficientes y beneficiosos para la sociedad.

Según datos de la OMS, cerca de 1,35 millones de personas fallecen anualmente producto de incidentes viales, lo que es también la principal causa de muerte de personas entre 5 y 29 años.¹ Además, se estima que más del 90% de estos eventos son ocasionados por errores humanos.² Desde el punto de vista de la movilidad autónoma, estos errores y consecuentemente gran parte de los incidentes viales pueden ser mitigados por medio del uso de tecnologías complementarias a las presentes tradicionalmente de un vehículo convencional. De esta forma, a través del uso de sensores, software especializado y herramientas de inteligencia artificial, se espera que los vehículos vayan incorporando un mayor grado de automatización de procesos relacionados con la conducción en los próximos años y puedan minimizar los errores, faltas y negligencias humanas relacionadas con estas tareas y en consecuencia también las externalidades negativas generadas.

Por otra parte, la movilidad autónoma promete generar mayores eficiencias en distintas dimensiones relacionadas con el transporte. Por ejemplo, estas tecnologías permitirán un mejor uso del espacio público, debido a la liberación de sitios actualmente considerados para el estacionamiento de vehículos, así como una mayor eficiencia en el uso de los vehículos mismos, bajo el diseño de sistemas autónomos compartidos. Así también, las personas no tendrán que gastar tiempo al volante, por lo que podrán destinar esas horas a otros usos que pueden ser realizados al interior de un vehículo autónomo, con momentos de mayor productividad o para un espacio de ocio, entre otras alternativas.

Los beneficios económicos potenciales por la adopción de vehículos autónomos también son prometedores. Según estudios recientes, solamente para Estados Unidos se espera que esta tecnología genere beneficios sociales por más de 800 mil millones de dólares anuales hacia 2030, mientras que para Alemania se esperan reducciones de hasta 1,2 mil millones de euros anuales en gastos hospitalarios hacia 2040.³ Estos impactos serán principalmente percibidos a través de mayor seguridad, plusvalías del mercado inmobiliario y una menor congestión.

¹ World Health Organization (2018). Global status report on road safety 2018.

² Road accident investigation guidelines for Road Engineers 2013.

³ McKinsey & Company (2019). The trends transforming mobility's future.

Una discusión más profunda sobre el futuro del transporte, se desarrolla en el documento BID DIA2020 “De Estructuras a Servicios, el camino a una mejor infraestructura en América Latina y El Caribe”, donde se señalan los menores costos de movilidad y logística que los vehículos autónomos supondrían, dado principalmente por los costos laborales más bajos y la más eficiente asignación de ruta vehicular gracias al big data. Por otro lado, se estiman ahorros de combustible de hasta un 20%.

Arbib y Seba (2017) estiman que un vehículo autónomo, conectado, eléctrico y compartido (ACES, por sus siglas en Inglés) tendrá un costo operativo en 2030 de aproximadamente US\$0.06⁴ por kilómetro, muy por debajo de los US\$0.48 de un vehículo tradicional a gasolina. Estimaciones realizadas por Rivas et al(2019), señalan que la operación de vehículos ACES en la región de Latinoamérica y el Caribe, podría generar ahorros promedio de US\$3.091 anuales por hogar.

No obstante, la movilidad autónoma dará espacios para transformaciones en múltiples industrias, directa e indirectamente relacionadas con el transporte, y será un foco potencial de innovaciones y generación de empleos en el corto, mediano y largo plazo.

En términos sociales, la movilidad autónoma presenta la oportunidad de transformar la oferta de movilidad de las ciudades. En particular, se espera que a través de estas soluciones tecnológicas de transporte se puedan reducir las brechas de movilidad y acceso existentes para las personas más excluidas y que tienen mayores dificultades para su desplazamiento. Dentro de esta población se encuentran las personas con discapacidad y las pertenecientes a la tercera edad, quienes frente a la automatización de la conducción podrían acceder a más y mejores alternativas de viajes más adecuadas para sus capacidades.⁵

Los desafíos de la movilidad autónoma



Pese a los diversos beneficios que se espera que la movilidad autónoma genere en los próximos años, existen distintos desafíos relevantes que deben ser abarcados de forma proactiva desde los distintos sectores de la sociedad, en función de dirigir el desarrollo de esta tecnología por un camino adecuado y en beneficio de la sociedad. **Algunos de los retos que se pueden identificar con respecto a la movilidad autónoma son los siguientes:**

- Intervención de los nuevos servicios de movilidad en el espacio público.
- Cambios en el uso del suelo y los límites urbanos.
- Incorporación de estas tecnologías emergentes en los sistemas de transporte y su interacción con la infraestructura, los vehículos y las personas.
- Barreras de acceso por parte de distintos segmentos de la población.
- Determinación de consensos en éticos que guíen el uso de estas tecnologías.
- Asignación de responsabilidades en caso de un incidente vial.
- Desarrollo de nuevos modelos de negocio de movilidad.
- Transformación de la industria de los seguros.
- Aspectos de ciberseguridad y protección de datos personales.
- Mitigación de posibles externalidades negativas asociadas al transporte (congestión, ruido, emisiones de gases contaminantes, entre otros).
- Sustentabilidad urbana.

⁴ En modo individual, no compartido.

⁵ Harper et al. (2016).

Cada uno de estos aspectos requiere de múltiples esfuerzos por parte de distintos agentes presentes en la sociedad, no sólo dentro de sus ámbitos de acción, sino también de forma colaborativa, a través de espacios de creación conjunta y de discusión. Debido a la relevancia de efectos que estos cambios en la movilidad podrían tener en el día a día de las personas, es fundamental la promoción de un trabajo integrado y coordinado entre el sector privado, el sector público y la sociedad civil, para aprovechar correctamente las oportunidades que la movilidad autónoma plantea para las ciudades e impulsar un ecosistema de desarrollo tecnológico provechoso para todos los actores de la sociedad.

Caso de estudio: **Desarrollo de TNCs y Ley de Aplicaciones de Transporte Remunerado en Chile**

La correcta implementación y regulación de nuevas tecnologías en el sector transporte suele ser un desafío no menor. Esto se puede observar con claridad en el contexto de las plataformas de *ride-hailing*, soluciones de transporte que, a través del uso de una aplicación móvil, permiten conectar usuarios con personas que estén manejando su vehículo particular en las cercanías y así desplazarse a sus destinos de forma expedita y cómoda. Al igual que en múltiples otras localidades en el mundo, la llegada de estas plataformas de movilidad a Chile no ha estado exenta de polémicas en el sector transporte y ha estado involucrada en un proceso regulatorio que ha demorado varios años en su diseño y aprobación.

En 2012 fue la llegada de la primera plataforma de movilidad a Chile, con la aparición de Cabify, empresa de origen español. Luego, en 2014 llega Uber al país, empresa que en solo 3 años logra generar una cobertura del 90% de las áreas urbanas de Chile con su servicio (El Mercurio, 2017). Más adelante, otros actores como Beat y DiDi también se sumaron a la oferta de aplicaciones de *ride-hailing* en el país, lo que incorporó mayor competencia y evidenció aún más la necesidad de tener un marco normativo claro respecto al funcionamiento y uso de estas plataformas.

Si bien ha existido la preocupación de parte de distintos actores de la sociedad para generar una correcta regulación de estas plataformas, el proceso ha sido lento y difícil. En 2020 se cumplieron 8 años en que estas plataformas han podido operar sin una ley que establezca las reglas para su funcionamiento. Esto pone en evidencia la tardanza en la generación de un marco normativo para el control, fiscalización y certificación de estas plataformas de movilidad y sus conductores asociados. En este proceso, aspectos de responsabilidad jurídica, competencia, seguridad, derechos laborales y control tarifario se han mantenido sin regulación, a la espera de la aprobación en el congreso de la ley de transporte aplicaciones de transporte remunerado.

Las plataformas de movilidad han llegado para cubrir una necesidad evidente de las personas de un servicio de transporte flexible y confiable. Sin embargo, no son servicios carentes de problemas y externalidades negativas. Esta situación es un claro ejemplo de la importancia de analizar y generar marcos normativos sobre los desarrollos tecnológicos aplicados de forma oportuna y efectiva, con el fin de potenciar los impactos positivos asociados y mitigar los efectos adversos. En especial ante un desarrollo tecnológico tan disruptivo como lo es la movilidad autónoma.

En este contexto, el rol del sector público es particularmente importante. Por un lado, los organismos públicos cuentan con la facultad de diseñar políticas públicas innovadoras, las que puedan promover cambios efectivos y beneficiosos para la movilidad de las personas y otras dimensiones relacionadas. Por otro lado, este sector cuenta con la responsabilidad de generar regulaciones efectivas para el control y la supervisión de los cambios venideros en la industria de transporte. En conjunto, estas tareas deben ser abarcadas de forma oportuna, ágil y flexible, con el propósito de estar preparados ante los cambios que paulatinamente se irán incorporando en la movilidad en función del avance de la tecnología.

Un proceso incipiente en América Latina y el Caribe

Los desafíos relacionados a los sistemas de transporte y logística en América Latina y el Caribe abarcan distintas dimensiones en términos sociales, económicos y medioambientales, entre otros. **Entre de los desafíos más relevantes para la región en el sector transporte, se pueden identificar los siguientes:**⁶

Ampliar la eficiencia, calidad, inclusión y sostenibilidad de la movilidad urbana e interurbana

Mejorar el desempeño logístico, beneficiando así la competitividad de las economías de la región

Fortalecer la institucionalidad y los marcos regulatorios técnicos y económicos en el sector

Aprovechar las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías para lograr un transporte más eficiente, inclusivo y sostenible

⁶ Con base en el Documento de Marco Sectorial de Transporte del Banco Interamericano de Desarrollo (2020).

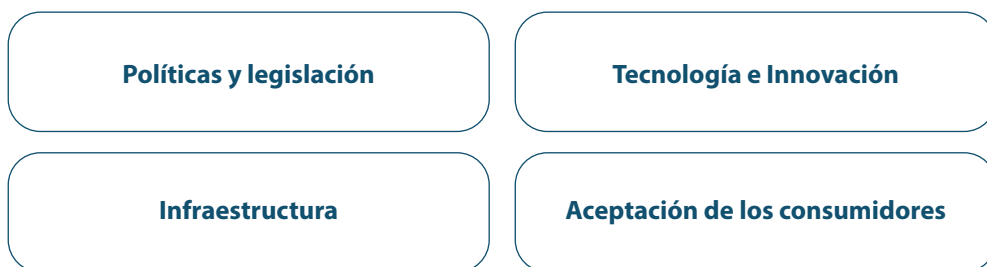
Con el fin de avanzar hacia el cumplimiento de metas en torno a estos desafíos, un aspecto fundamental a considerar es el uso de la tecnología. Actualmente, gracias a los progresos en distintas áreas de la ciencia y tecnología, existe una gran variedad de soluciones asociadas al transporte que se encuentran en desarrollo o ya disponibles para su uso, en ámbitos como los sistemas inteligentes de transporte, las plataformas digitales de movilidad y el desarrollo de los vehículos eléctricos, entre otros.

En función de aprovechar el potencial de estas innovaciones de forma adecuada y controlar los impactos asociados, es necesario que los países de la región generen estrategias de políticas y normativas efectivas, que puedan contener los posibles cambios venideros en la industria. Esto es particularmente relevante ante la llegada de la movilidad autónoma, tendencia que considera muchas tecnologías que se han desarrollado en los últimos años y que promete cambios en múltiples esferas de la vida urbana y suburbana.

Según un estudio del BID publicado en 2020, en el que se recopilaban opiniones de un conjunto de 136 expertos provenientes de 14 países distintos y de diversas esferas de acción a través de una metodología Delphi, se espera que los vehículos autónomos de niveles más avanzados (4 y 5) estén disponibles en 2025 en las economías desarrolladas y sólo 5 años después en América Latina y el Caribe.⁷ De este conjunto de expertos, más del 60% estimó que los servicios de transporte público en modalidad de buses verán su demanda disminuida con la llegada de los vehículos autónomos. Este efecto sería potenciado principalmente por el nivel de flexibilidad de los servicios de movilidad autónoma y la eficiencia de los vehículos autónomos. Por otro lado, estos efectos se podrían mitigar ante el diseño de sistemas multimodales que incluyan líneas de buses articuladas con servicios de vehículos autónomos, además de ventajas en costos que puedan seguir presentando los servicios tradicionales de buses. Otros elementos como los incentivos de política pública y la eficiencia de los buses tradicionales también fueron mencionados por los expertos, pero relacionados a menores impactos esperados. De forma similar, más de 40% de los expertos estimó que este efecto de menor demanda se observaría también en los servicios de metro.

Una de las principales conclusiones de este estudio es que los gobiernos de la región aún tienen camino importante por recorrer para estar preparados para los cambios que la movilidad autónoma generará en los sistemas de transporte. En una escala de 1 a 7, la respuesta indicada por los expertos ante la capacidad gubernamental de los países de América Latina y el Caribe para implementar un marco regulatorio adecuado para la entrada y el desarrollo de los vehículos autónomos apunta a una nota de 2,5 en promedio. Esto revela una percepción generalizada de parte de académicos, profesionales del sector público y especialistas del sector privado de que los países de la región deben avanzar en la generación de competencias y conocimiento para enfrentar estos cambios venideros.

En este escenario, algunos países de la región ya están realizando sus primeros pasos hacia la movilidad autónoma. Conforme al informe de KPMG sobre el índice de preparación de los países ante la llegada de los vehículos autónomos, tanto México como Brasil fueron considerados dentro de los 25 países más preparados del mundo en 2019.⁸ **En este reporte se valora el trabajo de los países cuatro ejes, correspondientes a los siguientes:**



⁷ BID (2020), Vehículos Autónomos: Resultado de la encuesta Delphi sobre su impacto y adopción en ciudades de América Latina y el Caribe.

⁸ KPMG (2019) Autonomous Vehicles Readiness Index 2019.

En el caso de México, el informe valora el tratado realizado por este país con Estados Unidos y Canadá, donde se estipula que al menos 75% de las partes de vehículos utilizadas a nivel local hacia 2023 deben ser producidas dentro de estos tres países, lo que marca un incentivo para la adaptación tecnológica en la industria mexicana de producción automotriz. En el caso de Brasil, se destaca el programa Rota 2030, iniciativa de 15 años de duración de incentivos tributarios para el fomento de la eficiencia del rendimiento de vehículos y de seguridad vial, además de apoyo en conocimiento y desarrollo. No obstante, ambos países presentan aún grandes brechas con respecto a los países que lideran el listado, dentro de los que destacan los Países Bajos, Singapur y Noruega, donde ya se manifiestan avances importantes en materias legales, académicas, estratégicas, operacionales e impositivas.

Desde 2019, uno de los países de la región que más interés a puesto sobre el posicionamiento de la movilidad autónoma en la agenda de transporte a nivel nacional ha sido Chile. Diversos esfuerzos realizados en este país entre 2019 y 2020 han sido una muestra de lo que se puede generar a nivel local y regional para afrontar de forma oportuna los desafíos de estas tecnologías, iniciativas que han permitido que este país haya sido incorporado en la versión de 2020 del estudio realizado por KPMG en torno a los vehículos autónomos, tomando el puesto número 27.⁹

Los primeros pasos hacia la movilidad autónoma en Chile

El Gobierno de Chile, a través del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), tiene dentro de sus prioridades actuales el desarrollo de diversos análisis para incorporar nuevas tecnologías que transformen la movilidad urbana para el beneficio de la sociedad y el medioambiente. En este camino sobresalen iniciativas como la electromovilidad, proceso en el que se han liderado cambios importantes en el transporte urbano, principalmente en los buses de transporte público. Igualmente, destacan los estudios relacionados con nuevas metodologías para la estimación de patrones de movilidad, los que por medio del uso de fuentes de datos digitales y de gran volumen permiten mejorar comprensión de las dinámicas del transporte urbano, para una mejor planificación y toma de decisiones.

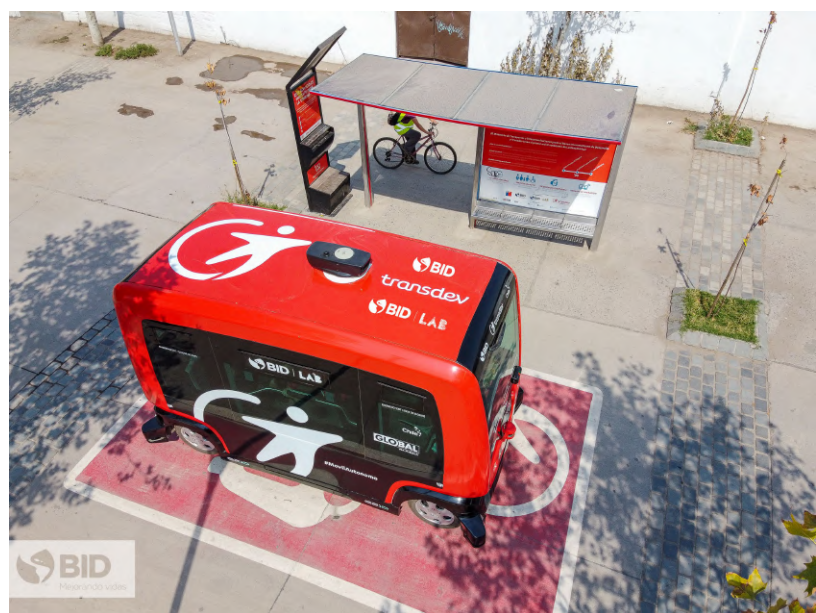
Dentro de este marco, una de las nuevas líneas del conocimiento que se están explorando con mayor interés desde 2019 por parte del MTT es la movilidad autónoma. Esta labor ha sido liderada desde la Unidad de Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) de este ministerio, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) como aliado estratégico. En particular, por medio de la firma de la cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el BID en julio de 2019, se oficializó el vínculo entre ambos organismos para el trabajo en temas de uso de datos digitales y tecnologías asociadas a los vehículos autónomos. De esta forma, se dio inicio al desarrollo del Primer Piloto de Vehículo Autónomo en Latinoamérica y del Hub de Conocimiento de Vehículos Autónomos, lo que marcó un hito en los primeros pasos de generación de conocimiento y experiencia a nivel local y regional en torno a este concepto.

⁹ 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index. KPMG International.

El principal objetivo de esta colaboración entre el Gobierno de Chile y el BID, particularmente a través de su División de Transporte y su laboratorio de innovación (BID Lab), es la generación de experiencias, oportunidades y aprendizajes a nivel local en torno a la movilidad autónoma, principalmente con relación a la prueba de un vehículo autónomo de transporte de pasajeros en un ambiente controlado y seguro. En función de este objetivo, **se han considerado una serie de objetivos específicos para ser trabajados:**

- I.** Analizar los avances actuales de los vehículos autónomos y sus tecnologías asociadas.
- II.** Estudiar las condiciones habilitantes en regulación, normativas e infraestructuras vial y digital que facilitan el desarrollo del transporte autónomo de pasajeros y carga.
- III.** Transferir conocimiento a partir de la implementación de pilotos tecnológicos de conducción autónoma.
- IV.** Dimensionar el potencial de la movilidad autónoma y los efectos esperados en su incorporación a los sistemas de transporte en Chile.
- V.** Elaborar recomendaciones y proponer estrategias para la introducción y adopción de tecnologías de vehículos autónomos aplicadas al transporte urbano.
- VI.** Estudiar gobernanza, roles y capacidades técnicas que permitan al Gobierno de Chile y en especial al MTT enfrentar los desafíos que imponen estos avances tecnológicos.
- VII.** Identificar oportunidades de innovación y emprendimiento en torno a esta nueva industria.

En este contexto, el presente documento busca poner en evidencia los distintos elementos que han sido parte de este proceso en Chile, particularmente con relación al **Primer Piloto de Vehículo Autónomo en Latinoamérica** y al desarrollo de las actividades vinculadas con el **Hub de Conocimiento de Vehículos Autónomos** que se está potenciando desde este país.





Los vehículos autónomos hoy

Los vehículos autónomos hoy

Avances tecnológicos

En los últimos años, las industrias automotrices y tecnológicas han invertido de gran manera en investigación y desarrollo de mejoras y nuevos componentes para los vehículos en general. Dentro de estos avances, se encuentra el conjunto de productos de hardware, software y de datos que han aportado en el camino hacia la automatización de la conducción, los que permiten complementar, respaldar y eventualmente reemplazar la toma de decisiones humana en las labores de conducción.

Niveles de automatización

Nivel 0

Conducción sin asistencia directa.

El conductor tiene completo control del vehículo. El vehículo puede tener funcionalidades de apoyo para el conductor, pero estas no inciden directamente en la conducción.

Nivel 1

Conducción con asistencia básica.

Alguna función individual está automatizada, como el control crucero adaptativo, por ejemplo.

Nivel 2

Automatización parcial de la conducción.

Algunas funciones de control primario automatizadas, como la velocidad y la dirección automática.

Nivel 3

Alta automatización de la conducción.

El conductor puede ceder el control al vehículo, pero manteniéndose alerta y preparado ante situaciones donde deba tomar el control.

Nivel 4

Automatización completa.

El vehículo funciona sin intervención humana, pero requiere que se cumplan ciertas condiciones del entorno.

Nivel 5

Autonomía.

El vehículo puede ir a cualquier lugar y tomar las decisiones de un conductor experimentado.

En función de dar estructura al grado de automatización de los vehículos, se ha establecido una escala de 6 niveles como estándar, la que va del nivel 0 al nivel 5:¹⁰ Estos van desde la conducción sin asistencia hasta la autonomía completa, pasando por distintos grados de automatización de las funcionalidades de la conducción. En la actualidad, vehículos nivel 3 y 4 ya se encuentran en etapa de prueba en la vía pública. Para el caso de los vehículos nivel 5, se espera que estos estén disponibles recién a partir del 2025 en adelante.¹¹

En términos generales, el funcionamiento de un vehículo automatizado se sostiene en el uso de una serie de sensores que permiten recopilar datos sobre el vehículo y su entorno. Estos constituyen parte de los componentes principales que diferencian un vehículo automatizado de uno convencional. **Algunos de los sensores frecuentemente encontrados en vehículos automatizados son los siguientes:**

Sensores GPS

Cámaras de alta calidad y de
visión envolvente

Radars de corto, mediano
y largo alcance

Sonares

Sensores LIDAR

Para que un vehículo pueda operar de forma automatizada, los datos que son recopilados por este conjunto de sensores son procesados por una serie de algoritmos y procedimientos computacionales que permiten generar información útil y gatillar decisiones que controlan el funcionamiento del vehículo. De esta forma, se establecen distintas unidades tecnológicas que permiten detectar o identificar personas y objetos, medir sus velocidades, anticiparse ante cambios en sus movimientos y tomar decisiones al respecto en tiempo real.

¹⁰ Según lo establecido por la Society of Automotive Engineers (SAE) a través de su norma J3016.

¹¹ Frost & Sullivan (2018).

En función del alcance de los módulos tecnológicos del vehículo, estos se pueden clasificar dentro de un nivel estratégico, táctico u operacional.¹² Primero, las componentes tecnológicas de carácter estratégico responden a la planificación del viaje, las ubicaciones relevantes (origen y destinos) y los puntos de referencia. Luego, las componentes tácticas engloban las decisiones que deben tomarse en respuesta ante otros objetos y eventos a lo largo del viaje. Finalmente, las componentes operativas son las que abarcan los mecanismos de control y reacción sobre el movimiento del vehículo en fracciones de segundo.

A lo largo del desarrollo tecnológico de los vehículos automatizados, uno de los ejes transversales que siempre ha mantenido un alto grado de importancia es la seguridad. Dentro de este contexto, la seguridad considera tanto el bienestar de las personas que van dentro del vehículo como el de las personas presentes en otros vehículos o en la vía pública, así como la capacidad general de que el vehículo funcione sin errores y no genere accidentes. Para poder cumplir con los rangos de seguridad establecidos para cada vehículo según su grado de automatización, la operación de los vehículos debe realizarse respetando ciertas características básicas del entorno y el contexto en que son utilizados.

Por ejemplo, para los vehículos automatizados disponibles en la actualidad es relevante que a lo largo del camino se respete un carril o ruta cuyo ancho cumpla con el estándar de seguridad, generalmente cercanos a 3 metros.¹³ Luego, dependiendo del sistema utilizado, el vehículo podrá desplazarse a través de este carril identificando las líneas de la vía o detectando la superficie de objetos en el espacio cercano y determinando por qué camino puede desplazarse de forma segura. Así también, a lo largo del recorrido no se pueden superar pendientes máximas, cuyos valores tolerables son cercanos al 12% en el presente.¹⁴

En función del grado de desarrollo de las tecnologías utilizadas en los vehículos, estos podrán desplazarse de forma segura en escenarios cada vez más complejos. Si bien en un principio estos se pudieron probar solamente a través de simulaciones y en experiencias prácticas en entornos controlados, hoy ya son cada vez más las experiencias del uso de estas tecnologías en la vía pública y entornos abiertos.

Pese a que ya existen ciertos prototipos capaces de operar de forma completamente automatizada bajo ciertas condiciones (nivel 4), estos son sólo parte de los primeros avances en el camino hacia la masificación de la presencia de vehículos autónomos en entornos urbanos y hacia su funcionamiento eficiente y confiable. La capacidad de operar de forma segura en las calles, con la interacción de otros agentes en las vías, como los peatones, ciclistas y otros vehículos, y con la exposición a situaciones imprevistas a velocidades medias y altas es algo que aún requiere de amplia inversión y creación de conocimiento y tecnología. Por esto, las compañías relacionadas con la movilidad autónoma se encuentran en pleno proceso de investigación, desarrollo e innovación para la generación de soluciones viables que permitan mejorar las funcionalidades de estos vehículos y reducir los riesgos asociados a su operación en la vía pública.

¹² Michon, J. (1985).

¹³ Oakes-Ash et al., 2018.

¹⁴ Hellström et al., 2008.

Actores relevantes

Si bien las primeras pruebas con vehículos automatizados datan de la primera parte del siglo XX, recién con el paso al siglo XXI y con los avances en inteligencia artificial y el procesamiento de Big Data la tecnología necesaria para elaborar vehículos automatizados ha proliferado con mayor rapidez. En consecuencia, múltiples actores provenientes de distintas industrias y sectores se han incorporado a la carrera por desarrollar vehículos autónomos en los últimos años.

Algunos casos relevantes de empresas de transporte que han realizado avances tecnológicos, con diversos niveles de apoyo regulatorio, se dan cuenta en el documento BID *“Vehículos Autónomos y el Rol del Sector Público. Sandbox regulatorio: Guía para formuladores de política en América Latina y el Caribe”*, en ellos aparecen como relevantes los desarrollos efectuados por:

Waymo, empresa estadounidense que se dedica al desarrollo de tecnología relacionada con los vehículos autónomos y que ha participado en experiencias que combinan la regulación /normativa y el desarrollo de la tecnología.

Uber Advanced Technologies Group (ATG), que cuenta con la colaboración de algunos de los principales fabricantes de automóviles (i.e. Toyota, Volvo, y Daimler).

Navya, empresa especializada en el desarrollo de vehículos autónomos y eléctricos.

Embark, enfocada exclusivamente en el desarrollo del software necesario para la conducción autónoma de transporte de mercancías de larga distancia.

En el documento BID¹⁵, se presentan además las pruebas realizadas, los resultados obtenidos, las prácticas fallidas, los accidentes ocurridos y las lecciones aprendidas de estas y otras empresas.

¹⁵ Vehículos Autónomos y el Rol del Sector Público Sandbox regulatorio: Guía para formuladores de política en América Latina y el Caribe, BID (2021). <https://publications.iadb.org/es/vehiculos-autonomos-y-el-rol-del-sector-publico-sandbox-regulatorio-guia-para-formuladores-de>

Estructura del piloto en Chile



Estructura del piloto en Chile

Una vez firmado el acuerdo de cooperación entre el Gobierno de Chile y el Banco Interamericano de Desarrollo relacionado con el estudio y prueba de tecnologías de vehículos autónomos a mediados de 2019, se procedió a estructurar el piloto que sería desarrollado en los meses posteriores. En este proceso de preparación se estableció la gobernanza del proyecto, se firmó el contrato con la empresa operadora del vehículo a ser probado en Chile (Transdev) y se realizaron las gestiones necesarias para que el proyecto pudiera ser ejecutado de forma adecuada. A continuación, se presentan algunos de los componentes relevantes que dieron forma al Piloto de Vehículo Autónomo en Chile.

Gobernanza del proyecto y actores involucrados

Uno de los aspectos relevantes en la esquematización del piloto fue la definición de las responsabilidades y atribuciones que cada uno de los actores principales tendría. En este proceso, se estableció un esquema de gobernanza del proyecto conformado por dos instancias de coordinación principales, las que tuvieron influencia sobre distintas tareas y decisiones dentro del proyecto. Estas eran el Comité Estratégico y el Comité Directivo.

El **Comité Estratégico** se estableció como el espacio principal en el liderazgo del piloto. Esta instancia estuvo conformada por representantes del MTT, a través de la Unidad de SIT (Sistemas Inteligentes de Transporte), y por el equipo del BID a cargo del proyecto. Dentro de sus principales responsabilidades, el Comité Estratégico tenía a su cargo la toma de decisiones de carácter estratégico en el proyecto. En términos del piloto, estas decisiones consideraban, por ejemplo, los aspectos comunicacionales, la generación de alianzas, la incorporación de nuevas entidades interesadas en ser parte de la iniciativa, entre otras determinaciones relevantes dentro de la cooperación establecida entre el Gobierno de Chile y el BID. Además, el Comité Estratégico tenía a su cargo la determinación de los pasos a seguir frente a las propuestas que fueran levantadas en la segunda instancia de coordinación: el Comité Directivo.

El **Comité Directivo** se estableció como el espacio de liderazgo operativo del piloto. Esta instancia estuvo conformada por equipos del MTT, del BID y de la empresa encargada de realizar la experiencia piloto con el vehículo autónomo en Chile, Transdev. Si bien existía la flexibilidad de incorporar nuevos actores como parte de esta mesa directiva, siempre que estas incorporaciones estuvieran justificadas y estuvieran comprendidas dentro de los lineamientos del piloto, finalmente fueron solamente estas tres entidades las que participaron de este espacio.

En cuanto a las responsabilidades del Comité Directivo, éste tenía como principal tarea la ejecución de las decisiones que fueran tomadas en torno al proyecto a lo largo de su desarrollo. En línea con esta misión, dentro de este espacio se realizaron las labores de coordinación de las tareas a cargo de cada una de las partes involucradas, el seguimiento de los avances semanales del proyecto, el análisis de nuevas oportunidades e iniciativas anexas al piloto, el diálogo con *stakeholders* relacionados con el proyecto y la propuesta de eventuales alianzas con instituciones públicas o entidades privadas que aportaran valor al piloto. Así también, estaba encargado de facilitar los requerimientos que tuvieran los distintos actores a lo largo de las distintas etapas del proyecto. Particularmente importante fue el rol de esta instancia en el análisis de cambios y ajustes sobre la propuesta original de plan de trabajo y sobre los detalles del proyecto, tales como la localización, los horarios y fechas de operación, el trazado del recorrido y el esquema de servicio del piloto.

Dentro de la orgánica del piloto, se estableció también la figura de Grupos de Trabajo, los que inicialmente estaban orientados a aportar en el desarrollo del ecosistema de la movilidad autónoma en el país. Estos estarían separados por temas y estarían conformados por participantes de organismos públicos y/o privados que se quisieran sumar al proyecto. Estos serían propuestos por el Comité Directivo y aprobados por el Comité Estratégico. No obstante, en el trabajo desarrollado en el marco del piloto finalmente no se hizo uso de estas instancias, principalmente debido a las contingencias del estallido social y posteriormente de la pandemia COVID-19, razones que obligaron a cambiar el alcance y la planificación inicial del proyecto y no enfocar el trabajo en estos Grupos de Trabajo.

Conforme al transcurso del proyecto, distintos actores externos se hicieron parte y colaboraron en que la experiencia se realizara exitosamente. Dentro de estas organizaciones destaca la participación la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Esta institución contribuyó con el apoyo académico del proyecto, además de poner a disposición sus instalaciones y recursos humanos para realizar eventos y reuniones. Posteriormente, tomó un rol protagónico en la gestión del proceso de innovación a través de su plataforma de innovación y emprendimiento OpenBeauchef¹⁶ y, participó activamente en etapas posteriores del proyecto, relacionadas con el Hub de Innovación y Emprendimiento.

Un segundo actor relevante fue la Municipalidad de Santiago, institución que fue un apoyo importante en la gestión de permisos (a ser solicitados con la Subsecretaría de Bienes Nacionales), espacios y contingencias del piloto, particularmente desde los equipos de Espacios Públicos y la administración del Parque O'Higgins, lugar donde se realizó el piloto.

Otras organizaciones que colaboraron en el piloto fueron la Dirección de Aduanas de Chile, quienes facilitaron el proceso de internalización del vehículo autónomo desde el extranjero; SURA y RG Group, por su aporte en la gestión del primer seguro para la operación de un vehículo autónomo en Latinoamérica; Movistar, por su colaboración con la prueba de cámaras para el registro inteligente de pasajeros sobre el bus; Fundación VIABLE, por su apoyo en la activación del ecosistema de movilidad local; y Global, por su colaboración con las instalaciones informativas sobre el piloto en el parque.

¹⁶ <https://openbeauchef.cl>

Líneas de acción

Tal como fue presentado en la introducción, el objetivo principal de esta experiencia piloto comprende la generación de experiencias y aprendizajes relevantes para preparación del sector transporte a nivel local ante el inminente desarrollo y masificación de soluciones relacionadas con la movilidad autónoma. En este contexto, se establecieron una serie de ejes de trabajo que deberían ser abarcados durante el desarrollo del piloto y contemplados igualmente en proyectos posteriores dentro del marco del Hub de Conocimiento de Movilidad Autónoma. **Las líneas de acción contempladas fueron las siguientes:**

Exploración:

Tener un dominio de los cambios tecnológicos y alcances de la movilidad autónoma previo a su llegada, con el fin de generar regulaciones adecuadas de su operación con miras a los próximos años. Capacitar a profesionales y generar productos de conocimiento. De esta forma, potenciar los impactos positivos y mitigar los posibles impactos negativos en las futuras decisiones a ser tomadas en torno a estos cambios tecnológicos y de paradigmas de movilidad.

Testeo:

Concebir oportunidades de pruebas y desarrollos en terreno para la generación de experticia sobre vehículos autónomos a nivel local.

Ciberseguridad:

Reconocer los controles de seguridad que certifiquen la integridad, autenticidad, disponibilidad y confidencialidad de los datos generados en la operación de un vehículo autónomo en la actualidad. Además, identificar futuras necesidades de seguridad de los datos que surgirán ante la expansión de este tipo de tecnologías en las calles.

Innovación:

Fortalecer el ecosistema de innovación a nivel local a través de la difusión de conocimiento sobre la movilidad autónoma y el apoyo en la generación de ideas y propuestas que aporten en cubrir necesidades reales frente a los cambios que se esperan en los sistemas de transporte en los próximos años.

Sustentabilidad:

Promover el desarrollo de la movilidad autónoma conforme a los objetivos de desarrollo sostenible, con especial énfasis en minimizar el impacto en el medioambiente y la promoción de sistemas urbanos sustentables.

Seguridad Vial:

Promover la reducción de los siniestros de tránsito.

Ética:

Identificar y visibilizar posibles situaciones que formen conflictos éticos relacionados con el desarrollo de las tecnologías de transporte autónomo, para abordarlas de forma adecuada en la toma de decisiones. Fomentar un uso ético y responsable de la información.

Planificación de la operación del vehículo autónomo

Para concretar las intenciones del Gobierno de Chile y del Banco Interamericano de Desarrollo de realizar una experiencia de prueba de tecnologías de movilidad autónoma, se realizó en primer lugar un estudio previo a la estructuración del piloto. En esta investigación se generaron los lineamientos básicos para el proyecto y se dieron a conocer ciertas recomendaciones para la ejecución de un piloto de vehículo autónomo en el contexto de Chile. En función de estos resultados preliminares, se estructuró entonces el proyecto piloto, el que estaría centrado en la prueba en terreno de un vehículo de conducción autónoma para pasajeros. Esta experiencia debía ser preparada y ejecutada por una empresa operadora que tuviera la capacidad técnica adecuada y contara con experiencia en operación de vehículos autónomos en otras ciudades del mundo.

Para que el plan cumpliera con los objetivos planteados por el Comité Estratégico del proyecto, se establecieron algunas condiciones generales básicas relacionadas con el servicio a ser provisto por la empresa operadora. En primer lugar, el piloto debía considerar un vehículo autónomo con características de minibús o *shuttle* para el transporte de pasajeros. Es decir, a diferencia de gran parte del desarrollo relacionado con vehículos autónomos en la actualidad, esta experiencia se centraría en un modo de transporte compartido, no para el uso individual. Esto responde al potencial de la movilidad autónoma de generar mejoras operacionales en el transporte público y en consecuencia ser un promotor de formas más eficientes de desplazamiento de las personas en entornos urbanos. La evidencia de diversas iniciativas realizadas en Europa y Estados Unidos ha mostrado buenos resultados, lo que es prometedor para regiones donde la proporción de viajes en transporte público es alta, como en las ciudades de América Latina y el Caribe.

En segundo lugar, el piloto debía desarrollarse en un lugar controlado a ser identificado en la ciudad de Santiago de Chile. Esta ubicación debía cumplir con las normativas vigentes para el uso de vehículos de prueba, los que no cuentan con autorización para transitar por las calles pero sí bajo ciertas condiciones en entornos controlados. Además, esta localización debía cumplir con el estándar de seguridad recomendado para este tipo de pruebas abiertas con vehículos automatizados. No obstante, el lugar a seleccionar debía ser lo suficientemente interesante como para justificar la operación del vehículo en el territorio chileno y para evaluar la experiencia del vehículo con el público local. En consecuencia, la selección del lugar para el piloto pasó a ser el segundo pilar en la planificación del proyecto.

En cuanto a las **tareas específicas para el proveedor del servicio de operación del vehículo autónomo**, se establecieron los siguientes puntos a ser cumplidos:

Logística y coordinación:

Cumplir con las labores necesarias para la importación e internalización del vehículo, gestión de espacios y permisos, relación con colaboradores, entre otras actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Estudios previos:

Analizar tres localizaciones para el piloto, que cumplan con las condiciones técnicas y regulatorias necesarias para el funcionamiento del vehículo. Esto considera los trazados del recorrido del vehículo, el diseño para la instalación de infraestructura provisoria, los puntos de detención del servicio y el flujo de personas y otros vehículos en el sector, entre otras características relevantes del lugar analizado.

Condiciones de operación:

Realizar la operación del vehículo abierta al público por un período de 12 semanas como mínimo, con una operación de lunes a viernes, en dos bloques diarios de 3 horas, sin contar días feriados y con la posibilidad de solicitar el cambio de hasta 4 días de operación regular por días de operación especial no considerados inicialmente en el cronograma. Esta operación sería monitorizada por un equipo capacitado de la empresa en terreno. Por otra parte, se establecería un bloque semanal de 3 horas para la recepción de delegaciones o visitas particulares programadas, donde el equipo en terreno estaría a cargo de dar una presentación básica de la operación del vehículo y la tecnología involucrada, además de dar un paseo con el vehículo a lo largo del trayecto. Finalmente, la aprobación de cualquier solicitud de cambio o prueba del vehículo fuera del cronograma oficial le compete al Comité Estratégico.

Protocolos de seguridad:

Cumplir con procedimientos que certifiquen la seguridad del piloto y gestionar un seguro ante posibles daños a pasajeros y terceros. Además, considerar un operador capacitado a bordo para la ejecución de protocolos de seguridad y la activación de frenado de emergencia en caso de ser necesaria.

Capacitación:

En el marco del proyecto se considera una etapa de capacitación para los equipos del MTT y del BID. El objetivo principal de esta componente es el entendimiento de los conceptos relevantes relacionados con la movilidad autónoma, más los elementos que conforman la ejecución de un piloto de vehículos autónomos en la actualidad. Estos contenidos serán presentados en una sesión teórica y posteriormente revisados en una sesión práctica con el vehículo.

Registro de viajes y usuarios:

Completar una bitácora de viajes del vehículo conforme al paso de los días de información. Esta señalaría información de las horas en las que operó el vehículo cada día, el número de pasajeros que a bordo del vehículo en cada viaje, más los detalles de eventuales incidentes, inconvenientes o problemas del vehículo. Además, realizar una encuesta a una proporción representativa de los usuarios, que registre información de la percepción de los viajeros y otros datos que permitan análisis socioeconómicos posteriores.

Productos:

Al finalizar la experiencia, poner a disposición los datos del posicionamiento del vehículo (GPS y señal satelital) y los mapas digitales que son construidos por el vehículo a través del procesamiento de la información registrada a través de sus sensores, más otros datos útiles que sean generados durante el piloto. Además, entregar un reporte con un análisis sobre los resultados de operación, las visitas, la encuesta y los datos registrados.

Además de las tareas asociadas con la empresa operadora de transporte, dentro del piloto se consideraron otras actividades a ser realizadas por otros agentes que fueron parte del proceso. Por una parte, se realizaría un trabajo de investigación en torno a las estructuras normativas relacionadas con la movilidad autónoma presentes en el mundo y las posibles oportunidades de cambios que la normativa chilena debería considerar para comenzar el proceso de adaptación ante la llegada de estas tecnologías. Este trabajo sería realizado por la División de Normas del MTT, con apoyo del BID.

Por otra parte, en paralelo al desarrollo del piloto se debían gestionar las tareas de coordinación y preparación del posterior desarrollo del Hub de Conocimiento de Vehículos Autónomos y del Proceso de Emprendimiento en torno a la movilidad autónoma. Estas labores serían lideradas por el BID y el MTT a través del Comité Estratégico, para luego ser ejecutadas a través del Comité Directivo. Dentro de estas actividades se consideraron el Ciclo de Charlas de Movilidad Autónoma y el Futuro del Transporte, el Autónomo Mobility Challenge, la generación de una red de expertos a nivel local y el diseño de propuestas para nuevos proyectos de operación de vehículos autónomos, entre otras iniciativas.



El piloto en terreno



El piloto en terreno

Implementación del piloto

Importación del Vehículo

Dentro de la planificación del proyecto, uno de los primeros hitos de gran relevancia consistía en una importación e internalización exitosa del vehículo en el país, debido al traslado requerido y a las condiciones existentes para la importación de un vehículo hacia el territorio chileno. En este contexto, una vez firmados los acuerdos con la firma consultora del proyecto, comenzó el proceso de traer el vehículo desde Francia hasta Chile vía marítima. Desde el comienzo de las gestiones de traslado e importación hasta que el vehículo está disponible para operar se estimaron 4 meses para este caso, dentro de los que el traslado por vía marítima consideraba poco más de un mes. Esto último, debido a la distancia que debe recorrer una embarcación al viajar desde la costa francesa a la chilena.

Al ser una parte de una tecnología de reciente desarrollo, los vehículos autónomos se encuentran aún sin una regulación que establezca un marco legal específico para su importación al país. Conforme a esto, se realizó un proceso de revisión y consulta de la regulación existente en Chile, para determinar en qué términos se podía importar el vehículo legalmente. Luego de un análisis de distintas alternativas, se optó por ingresar el vehículo con el uso de un permiso provisorio otorgado por el Servicio Nacional de Aduanas de Chile, usado para la importación de recursos de Investigación y Desarrollo (R&D). Este tiene una validez de un año, renovable.

Finalmente, el día 9 de octubre de 2019 llegó el vehículo a Chile, a través del Puerto de San Antonio. En este lugar, el vehículo fue desembarcado y revisado por el personal de Aduanas. Si bien existía la posibilidad de que este proceso incluyera una etapa adicional relacionada con la desinfección del Vehículo Autónomo, esta no fue necesaria. Por lo tanto, se mantuvo la programación inicial y se pudo trasladar el Vehículo Autónomo a la ciudad de Santiago el martes 15 de octubre. Una vez llegado el Vehículo Autónomo a su destino inicial, el centro de operaciones de Redbus Urbano, ubicado en el parque empresariales de ENEA en Pudahuel, el personal local de Transdev pudo hacer una revisión preliminar del vehículo y cerciorarse de que este efectivamente había llegado en buenas condiciones al país. En definitiva, el proceso de internación del Vehículo Autónomo fue exitoso y se mantuvo dentro de la planificación esperada, con el vehículo disponible para la operación a mediados de octubre.

Selección de la ubicación para el Piloto

La operación de un Vehículo Autónomo dentro del marco legal del país está solamente autorizada en recintos que no se consideren como vía pública. Por lo tanto, esta restricción restringe los posibles lugares para la prueba del Vehículo Autónomo a recintos privados de uso privado o lugares de índole privada de uso público. Estos últimos incluyen los terrenos de universidades, parques industriales y los recintos municipales, entre otros.

Por otra parte, el recinto a ser escogido debe cumplir con ciertos criterios técnicos para la operación del vehículo. Estos requisitos van desde la presencia de un trayecto con un camino en buen estado, que permita el paso del vehículo sin la necesidad de realizar maniobras manuales en el recorrido y que no tenga alto flujo de vehículos ni peatones. Además, debe ser un lugar sin gran presencia de polvo ambiental, fuentes de agua operativas, ni árboles de hoja caduca (si el piloto se realiza en otoño) en las cercanías, debido a la detección tanto de las partículas de aguas y tierra suspendidas en el aire como de las hojas que caen por detector de señales de LIDAR y la interpretación del sistema como un posible objeto cercano, lo que produce detenciones por parte del vehículo. Además, es relevante que la infraestructura presente en un radio de 200 metros no sufra de grandes cambios durante el desarrollo del piloto, por la posible necesidad de realizar un ajuste en los mapas de referencia del vehículo, lo que podría tardar unos días. Esto es un factor para considerar en lugares que suelen albergar eventos en sus inmediaciones frecuentemente.

Inicialmente se consideraron tres locaciones para el desarrollo del piloto. Estas correspondían al Campus San Joaquín de la Pontificia Universidad Católica de Chile, el Campus de la Universidad de Santiago de Chile y el Parque O'Higgins. Si bien todos cumplían con las características técnicas básicas necesarias para realizar el proyecto, finalmente el Comité Estratégico del proyecto logró acordar la realización del piloto en las inmediaciones del Parque O'Higgins, recinto de mayor exposición a público general y cuya ubicación es más cercana al Campus de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (FCFM), institución académica asociada al desarrollo del proyecto. Entonces, para contar con la aprobación para el uso del espacio en el Parque O'Higgins, se gestionó el apoyo del alcalde de la Municipalidad de Santiago, entidad a cargo de la administración del parque, y se coordinó la planificación del piloto con el equipo de Espacios Públicos de la Municipalidad, por un periodo de base de 12 semanas de operación más posibles ajustes.

En términos formales, la selección de este espacio implicó la tramitación adicional de un permiso con el Servicio de Bienes Nacionales, debido al uso de un espacio de propiedad del Estado. Debido a las características del piloto, se debían hacer modificaciones en el parque para un correcto funcionamiento de la operación, los que contemplaban desde la instalación de paraderos, la demarcación de señales con pintura en el piso y la aplicación de eventuales otros cambios en la infraestructura presente. Esto dificultó la aprobación del permiso de operación en un principio, pero finalmente se pudo llegar a un acuerdo con la Municipalidad y Bienes Nacionales, bajo el compromiso de revertir todos los posibles cambios en la infraestructura una vez finalizado el piloto y así volver al estado original de las instalaciones. Este proceso fue gestionado entre septiembre y octubre de 2019.

Dentro del mismo parque, existían distintos trayectos posibles para operar el vehículo. En principio, el recorrido sería habilitado en caminos internos del parque que unen las entradas norte (Av. Tupper) y oriente (Av. Viel) del parque. Lo bueno de esta opción era la posibilidad de capturar viajes utilitarios para conectar personas entre el campus universitario y el acceso al metro Parque O'Higgins. Además, esta opción hacía factible el uso de las instalaciones del Campus de la FCFM para la carga y el almacenaje del vehículo en los periodos que no estuviera en operación. Sin embargo, esta opción fue posteriormente descartada, principalmente por la ocurrencia de eventos en esa zona del parque que estaban planificados para fechas que topaban con la operación del piloto, además de ciertos problemas de señal 3G en el recorrido y dificultades para mover el vehículo entre el Campus y el parque, al tener que cruzar una calle que es parte de la vía pública.

En respuesta, se optó por usar un recorrido de alrededor de 400m de longitud en una calle interna del parque, desde la entrada contigua al acceso del metro hasta la Piscina Olímpica del parque. En este recorrido el vehículo se desplazaría de ida y vuelta, recorriendo cerca de 800m en cada ciclo. Si bien en esta calle también estaría permitido el paso de transeúntes y otros vehículos, estos flujos no eran suficientemente altos como para generar interrupciones significativas en el servicio en principio.

Para habilitar el espacio seleccionado para el piloto, se procedió a preparar la zona con la infraestructura adecuada de paraderos, señales verticales y en el piso. Se pusieron también tótems con información del piloto y para el acceso de Wifi por parte de los usuarios. Además, se establecieron nexos con las personas que trabajaban en los restaurantes e instalaciones presentes al costado del camino, para informarlos del proyecto y gestionar posibles medidas para evitar eventuales inconvenientes por ambas partes. Además, se llegó a un acuerdo con la administración de la Piscina Olímpica para la adaptación de un espacio al costado de la piscina, presente cerca de uno de los puntos extremos del recorrido del vehículo. En este lugar se instaló una estructura de madera que sirvió de refugio y zona de carga eléctrica para el vehículo durante los meses que estuvo en operación.

Presencia del Vehículo Autónomo en los eventos de la APEC y la COP25

Tanto el evento del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) de 2019 como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2019 (COP25) serían realizados en Santiago de Chile en los meses de octubre y noviembre de 2019, respectivamente. En vista de que la operación del vehículo autónomo se efectuaría inicialmente en paralelo a estos eventos, se realizaron gestiones desde el Comité Estratégico del Piloto para incluir actividades relacionadas con el piloto en la agenda de ambos. Por un lado, se evaluó la programación de visitas guiadas para de las delegaciones de instituciones y países asistentes a estos eventos que estuvieran interesados en temas de movilidad autónoma. Por otro lado, para el caso de la COP25, se avanzó en la posibilidad de habilitar un espacio físico para la exposición del vehículo en terreno dentro del Parque Bicentenario de Cerrillos, donde se efectuaría el evento. No obstante, frente a la cancelación de ambos eventos producto del estallido social del 18 de octubre en Chile, estas ideas fueron descartadas y el mismo desarrollo del piloto del vehículo autónomo fue postergado.

Seguro

La exposición de este piloto al público general fue razón suficiente para gestionar un seguro, el que cubriera aspectos de la operación ante eventuales incidentes con terceros, además de posibles fallas en el funcionamiento del Vehículo. Dadas las características de esta experiencia, este sería el primer seguro para un vehículo autónomo en operación abierta al público en Latinoamérica, iniciativa que motivó a la empresa SURA para diseñar un seguro acorde con las condiciones del proyecto y la tecnología asociada. Este fue firmado durante la implementación del proyecto y previo al comienzo de la operación del vehículo en terreno, respaldando el funcionamiento del vehículo durante toda la experiencia posterior.

Equipo en terreno

En cuanto al personal asociado al proyecto, este consistió en un director de proyecto, 4 operadores certificados, 2 asistentes y un técnico de mantenimiento. Este último es el único que tuvo una dedicación parcial a estas tareas, mientras que el resto del equipo se encargó a tiempo completo de las labores relacionadas con este piloto.

Operación del piloto



Ajuste de planificación

Ante los eventos ocurridos desde el 18 de octubre de 2019 en Chile, día que marca el comienzo del estallido social vivido en el país, el contexto general en el que de esta experiencia piloto sería realizada tuvo un cambio inesperado. En primer lugar, los eventos inicialmente programados para dar inicio al piloto, organizados en principio en relación con las agendas de la APEC 2019 y de la COP25, debieron ser cancelados. En segundo lugar, el alcance comunicacional de la experiencia piloto, que se posicionaba como uno de los principales hitos del año a nivel nacional en términos de la exploración de nuevas tecnologías desde el MTT, debió ser replanteado. Esto principalmente en respuesta al alto nivel de destrozos observado en las instalaciones del Metro de Santiago y en los buses del transporte público metropolitano, lo que era una señal de que posiblemente el vehículo podría ser visto como un blanco de vandalismo y consecuentemente se pusiera en riesgo tanto la seguridad del proyecto como la de los mismos equipos de trabajo en terreno. Igualmente, en respuesta a las demandas sociales de la población en ese período, la estrategia comunicacional del MTT se enfocó más en temas de tarifas, equidad y de la reconstrucción de la infraestructura destrozada, para volver a habilitar el servicio de transporte público de forma completa para los habitantes de Santiago lo antes posible.

En respuesta, se desarrollaron distintos planes de acción, para viabilizar el proyecto en un plazo prudente y cumpliendo con protocolos de seguridad adecuados para el contexto. Un ejemplo de estas medidas fue la de tapar los logos de las distintas instituciones relacionadas con el piloto durante las semanas en que el vehículo estuvo presente y en funcionamiento en el parque. Afortunadamente no se observó ningún hecho de violencia con relación al vehículo. De hecho, la recepción de los visitantes del parque fue positiva desde el comienzo.

Set-up y marcha blanca

Dentro de la programación del Piloto del Vehículo Autónomo, el hito que permite dar paso al comienzo de la operación es el proceso de set-up. Este paso consiste en el conjunto de actividades que están relacionadas tanto con la calibración del recorrido por donde va a circular el vehículo autónomo como con el reconocimiento del entorno por donde se moverá el vehículo. Para esto, se debe referenciar el trayecto con respecto a la señal satelital y con respecto a los objetos instalados en las cercanías, a través del uso de la antena del vehículo y de sus distintos sensores, para así generar los mapas y las referencias parametrizadas que permiten el vehículo interpretar en qué lugar se encuentra mientras se desplaza. Además, dentro de este procedimiento el equipo técnico debe confirmar que efectivamente se cumple con todas las condiciones técnicas y de seguridad que son necesarias para una correcta ejecución del piloto. Una vez culminada esta fase, se puede proceder con la recepción de pasajeros de forma controlada, en un periodo de marcha blanca, proceso en el que se testea si el vehículo está en condiciones de ofrecer un servicio de transporte de forma continua a lo largo de su recorrido.

Producto de los acontecimientos vividos en Chile en octubre de 2019, las actividades de set-up del piloto fueron postergadas y comenzaron recién en la semana del 25 de noviembre. Los días previos al set-up ya se había comenzado con ciertas obras para preparar la llegada del vehículo, como la instalación del refugio y las instalaciones eléctricas para albergar y cargar el vehículo de noche en un costado de la piscina olímpica. Además, ya se encontraban listas las obras de instalación de los paraderos y de demarcación de la señalética para la orientación de los visitantes del parque. Entonces, el lunes 25 de noviembre llegó el vehículo al parque y comenzó su proceso de calibración dentro del recorrido del piloto.

La calibración en terreno del vehículo duró aproximadamente una semana y fue realizada de forma más expedita a la inicialmente planificada. De hecho, el día 27 de noviembre quedó registrado como la fecha en que se pudo hacer el primer viaje en modo autónomo con el vehículo en el recorrido del piloto. En estos días también fueron los entrenamientos del equipo en terreno de la empresa operadora del vehículo, Transdev, realizado por parte de los especialistas de la empresa que a cargo de la customización de estos vehículos y que desarrolla la tecnología de software para su funcionamiento autónomo, EasyMile.

Luego, durante la semana siguiente se pudo empezar con la marcha blanca, periodo en el que se observó alta afluencia de personas con el propósito de conocer y subirse al minibus. Estas personas eran en su mayoría personas de tercera edad o niños, quienes se dirigían a la piscina olímpica desde la entrada del parque cercana al metro Parque O'Higgins. En este punto aún no se contaba con presencia de público externo al habitualmente presente en el parque, pues el piloto aún no era difundido por redes sociales ni medios de comunicación.

Durante los primeros días de diciembre se realizaron también las primeras visitas oficiales de parte de los organismos que lideraron el piloto. El día 3 de diciembre se contó con la presencia de Yolanda Martínez, representante del BID en Chile y de Hernán Berrios, CEO Transdev Chile, más los equipos de comunicaciones del MTT para evaluar la situación en terreno. En esta instancia se determinó que el proyecto se encontraba en menor riesgo del esperado, por lo que se generaría una invitación para que la Ministra de Transportes y Telecomunicaciones, Gloria Hutt, pudiera visitar el piloto y dar el inicio oficial al piloto.

Comienzo de la operación y desarrollo oficial del piloto

Luego del periodo de marcha blanca y previa autorización del Comité Estratégico y de sus partes, se inició la operación oficial del vehículo en el parque. Esto se concretó el día 10 de diciembre, fecha en que se realizó la visita oficial de parte de la Ministra Gloria Hutt y de los representantes del BID y Transdev Chile.

Posteriormente, el 16 de diciembre llegaron los carteles con información del piloto que fueron instalados en los paraderos, con lo que ya estaban las instalaciones mínimas para empezar a hacer difusión oficial del piloto en los medios. En respuesta, se confirmó el visto bueno para operar el vehículo bajo el esquema oficial de operación, adaptado de la planificación inicial dadas las condiciones del contexto general del país a fines de 2019. El proyecto fue finalmente promocionado en la última semana de diciembre en las redes sociales y medios de comunicación.

El vehículo autónomo operó de forma oficial en horario continuado entre 9:00 y 14:00 horas. Esto fue validado durante la marcha blanca y establecido como estándar para la operación. Este horario respondía a las medidas de seguridad planteadas para el funcionamiento del vehículo en el contexto nacional de estas fechas. Además, se adaptaba a la autonomía de la batería del vehículo, la que tras 5 horas de operación con aire acondicionado y bajo la radiación directa del sol sobre el vehículo consumía 80% de la energía almacenada, quedando con 20% de margen de seguridad para desplazar el vehículo al punto de almacenamiento y carga.

En cada extremo del recorrido los usuarios podían subirse y bajarse del vehículo frente a los paraderos respectivos con asistencia del personal de operación en terreno. A pesar de la presencia de un tercer paradero en la mitad del recorrido, se optó por detener el vehículo en ese lugar solo en caso de haber alguna persona esperando o cuando alguien solicitara bajarse ahí.

Si bien la operación se proyectaría inicialmente por 12 semanas, el piloto final tuvo una extensión mayor, debido a algunos inconvenientes que detuvieron la operación en algunos días. Finalmente, el funcionamiento oficial del vehículo en el parque se extendió entre el 10 de diciembre de 2019 y el 7 de marzo de 2020, considerando principalmente días hábiles más 2 días de operación especial: el sábado 29 de febrero y el sábado 7 de marzo.

Gestión de asistentes

Para un mejor control del público del piloto, se habilitó una plataforma de reserva de viajes por internet. Con esto se pudo llevar un control más acabado de la gente que planificaba su visita al parque, determinando un total de cupos por cada segmento de horario para hacer uso del vehículo. Esta plataforma se abrió a los usuarios e invitados en la última semana de diciembre, para registrar la asistencia de personas desde la semana del 2 de enero en adelante. Por otra parte, las visitas guiadas fueron registradas a través de un registro coordinado entre las partes que formaron el Comité Directivo.

Bitácora y Encuesta

Parte de los datos observados diariamente durante la operación fueron registrados en una bitácora de viajes. En un principio, solamente se contabilizaron los pasajeros transportados, pero conforme a las decisiones del comité estratégico del proyecto se incorporaron nuevos tipos de registro en el camino. Primero, se incorporaron diferenciaciones entre niños y adultos y entre usuarios nuevos y antiguos. Luego, se incluyó una diferenciación por género. En paralelo, se registraron también los incidentes que interrumpían la operación, tanto por razones externas como internas.

Por otra parte, un requisito establecido para la operación del Vehículo Autónomo fue la implementación de un mecanismo de encuesta a los usuarios, para poder evaluar distintos elementos relacionados con la percepción de los usuarios sobre el servicio y otros aspectos. Para esto, Transdev compartió una encuesta de ejemplo que es utilizada comúnmente en sus operaciones en el mundo. Esta fue modificada y complementada dentro del Comité Directivo para incluir preguntas que sirvieran para rescatar información útil de parte de los usuarios. Esta encuesta tuvo distintas versiones y pasó de ser registrada en papel a ser tomada en formato virtual, a través de una encuesta en Microsoft Forms.

Inconvenientes y Fallas del Vehículo

Durante el desarrollo del piloto se observaron algunos inconvenientes de causas internas y externas que interrumpieron el normal funcionamiento del vehículo en el parque. Entre los incidentes internos, se identificaron problemas relacionados con un bloqueo del freno del vehículo, las pantallas y las conexiones de telecomunicaciones. Entre los incidentes externos, se presentaron las dificultades de conexión satelital, especialmente relacionadas con la interferencia de otros equipos en la zona, como en los días cercanos a la Fórmula E¹⁷ realizada igualmente en el Parque O'Higgins. También se observaron inconvenientes relacionados con roturas de una matriz de agua al costado del camino por donde transitaba el vehículo y con frecuentes acumulaciones de barro y polvo en la zona.

A continuación se presenta un resumen de los sucesos ocurridos:

El día 17 de diciembre se generó una falla de recepción de señal, la que bloqueó el funcionamiento autónomo del vehículo. Este problema fue analizado por personal de la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) y por el socio de telecomunicaciones de Transdev, Telefónica. Finalmente, un técnico local identificó un cambio que se podía hacer en la antena interna del vehículo, con lo que mejoró su recepción de GPS y pudo ponerse nuevamente en operación autónoma.

Un segundo problema fue identificado al finalizar la operación del día 8 de enero, fecha en que las pantallas internas del vehículo se encontraban en malfuncionamiento. Esto se extendió hasta el día siguiente y recién el 10 de enero se pudo retomar la operación.

Desde el día 15 de enero el vehículo empezó a tener nuevamente problemas de señal, originados probablemente por los preparativos de la carrera de la Fórmula E programada para el 18 de enero. Por esto no se operó en ese día ni los siguientes de esa semana. Luego, los días 20 y 21 de enero el vehículo se volvió a probar, pero se tuvo que cambiar el chip de la conexión 4G a otro proveedor de señal para mejorar la recepción. Después, el 22 de enero se tuvo de detener nuevamente la operación por una falla mayor de conexión. Recién el 27 de enero se pudo volver a operar normalmente, luego de identificar que el modem del vehículo no había sido correctamente inscrito en el sistema y había sido automáticamente bloqueado.

Fuera de las fallas internas del vehículo y de los problemas asociados con telecomunicaciones, también se han identificado otras situaciones externas que han impedido el su normal funcionamiento. En particular, la presencia de vehículos municipales obstruyendo el camino ha sido una situación recurrente en terreno. Además, varios días se bloqueó la operación por la presencia de polvo en exceso, asociado a la rotura de cañerías y posterior movimiento de agua y barro por el camino del parque. Lamentablemente, la sensibilidad de los sensores no permite obviar el polvo del camino, por lo que el vehículo se ve obligado a detenerse al identificar al polvo como un obstáculo en su trayecto.

¹⁷ Categoría de competición de vehículos eléctricos organizada por la Federación Internacional del Automóvil (FIA), creada con la intención de servir como laboratorio de investigación y desarrollo de vehículos eléctricos y para promoverlos y acelerar su popularidad.

Capacitación

Uno de los primeros hitos importantes con relación al Piloto del Vehículo Autónomo fue la capacitación. Como parte del trabajo de esta consultoría, se contribuyó en la organización y gestión de este evento, en conjunto con el equipo técnico del Piloto del Vehículo Autónomo, conformado por personal de Transdev y de la Unidad de Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile (MTT). Si bien la planificación inicial del proyecto sugería que la realización de esta actividad fuera una vez concluida la operación del vehículo, la contingencia nacional obligó a reagendar las actividades y se generó la oportunidad de adelantar este hito para los primeros días diciembre, específicamente entre el miércoles 4 y el viernes 6 de este mes.

La capacitación estuvo estructurada en dos partes. Primero, una capacitación teórica, en la que se entregaron contenidos básicos de la movilidad autónoma en el mundo, el presente y futuro de los vehículos autónomos, los aspectos importantes del proyecto en Chile, las características técnicas del vehículo probado en Chile y otros puntos importantes con relación a la gestión de un proyecto de este tipo. Esta actividad se realizó en un espacio facilitado por OpenBeauchef, la plataforma de incubación de proyectos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, y tuvo una duración aproximada de 4 horas. Los contenidos fueron presentados principalmente por el equipo de Transdev y por un especialista de EasyMile. Este último expositor, encargado del proceso de calibración, expuso sobre de aspectos técnicos del vehículo autónomo.

Segundo, se realizó una capacitación práctica. Esta actividad consistió en una serie de visitas grupales a conocer el vehículo en operación en las inmediaciones del Parque O'Higgins. En cada visita se les comentó a los asistentes sobre la operación del vehículo, su funcionamiento y se les hizo un paseo en el recorrido programado para el piloto. Esto complementó los contenidos revisados en la capacitación teórica con una experiencia real a bordo del vehículo en terreno.

La actividad contó con la participación de alrededor de 30 asistentes. Entre ellos se encontraban representadas distintas áreas del MTT, como CONASET, Normas y Operaciones, SIT y 3CV. Además, se coordinó una misión del equipo TSP para participar de esta capacitación. Esta comitiva estuvo conformada por los especialistas Mauricio Bayona, desde la representación de Costa Rica, Anna Figueiredo, desde la representación de Brasil y por las consultoras Sheila Fernández y Paola Robles, desde la sede en Washington DC. También participaron del evento los equipos locales de BID Transporte, BID-Lab y la representante del BID en la oficina de Chile, Yolanda Martínez. Finalmente, la lista de asistentes la completaron invitados de la FCFM de la Universidad de Chile.

La impresión general de los asistentes con respecto a la experiencia de capacitación fue positiva. Se lograron revisar los contenidos contemplados de forma completa y se dieron espacios para preguntas en más de una ocasión para resolver las dudas del público, las que fueron respondidas por el staff de Transdev y EasyMile. Además, se entregaron contenidos en formato físico y digital, con las diapositivas presentadas y material de revisión.



Análisis de resultados



Análisis de resultados

El piloto en números

Operación

En los tres meses de operación se registraron 179 horas de funcionamiento abierta al público, dentro de las que se transportaron 6.685 pasajeros en 2.649 viajes completados por el vehículo, lo que implica cerca de 37 pasajeros transportados por hora y casi 15 viajes realizados por hora. En total, el vehículo recorrió alrededor de 1.107 kilómetros en esta experiencia.

Respecto a la operación técnica propiamente tal, el vehículo pudo operar de acuerdo con lo programado, sin incidencias, un 63% de los 51 días oficiales de operación, es decir, por 32 días. Durante el resto del periodo, en 7 días se presentaron inconvenientes de corta duración (resueltos el mismo día) y en 12 días se presentaron impedimentos mayores que detuvieron el servicio durante toda la jornada. En total, el vehículo autónomo totalizó 73% de horas disponibles realizadas correctamente. Los inconvenientes detectados fueron ocasionados principalmente por fallas en la conexión a redes móviles de datos, lo que confirma la dependencia de estas tecnologías a este factor para una normal operación.

En función de lo anterior, fue importante contar con un equipo capacitado para la respuesta ante contingencias. Esto confirma la relevancia de incorporar un componente de flexibilidad y responsabilidad operativa en el diseño del contrato con los operadores del vehículo, elementos que permitieron asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y fomentar una respuesta eficaz ante imprevistos.

Pasajeros

Pese a los problemas, el piloto fue exitoso en cuanto a cantidad de personas transportadas en sus días operativos. En promedio, se han podido transportar cerca de 216 pasajeros diarios, con un máximo de 413 pasajeros el día 7 de enero. Una proporción importante de estos usuarios ha accedido a responder la encuesta también, por lo que se espera cumplir con la cantidad esperada de respuestas hacia fines del periodo de operación.

Se pudo identificar que existía una proporción importante de usuarios recurrentes, los que usaron el servicio en más de una ocasión. Además, se contabilizaron mayores niveles de uso por parte de mujeres, especialmente por usuarias frecuentes del servicio, cuyos viajes representaron alrededor de 31% del total, al considerar los datos generados desde la implementación del conteo por género.

Entre las visitas especiales, se contó con la presencia de la Ministra de Transportes y Telecomunicaciones, Gloria Hutt, en tres ocasiones, el Subsecretario de Transportes, José Luis Domínguez, en dos ocasiones y con la asistencia de Yolanda Martínez, Representante del BID en Chile, y de Hernán Berrios, CEO de Transdev Chile, en múltiples ocasiones. Además, se realizaron visitas institucionales con más de 30 organizaciones distintas, entre las que se encuentran la Municipalidad de Providencia, AWTO, Automóvil Club de Chile, el Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística UC, el Consejo de Políticas de Infraestructura y la Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte (SOCHITRAN), entre otras.



Desafíos en la implementación y operación

Interacción con otras actividades en el mismo espacio

Coordinar las fechas y el espacio de operación de un piloto de vehículo autónomo es una labor con dificultades no menores. En la experiencia en Santiago de Chile, el espacio finalmente seleccionado fue sede en paralelo al piloto de un evento de la Fórmula E y estaba planificado para ser sede de un concierto multitudinario que podría haber afectado la operación, el que finalmente no se realizó (Lollapalooza 2020).

Es importante reconocer que los parques de gran tamaño, al menos en Santiago, tienden a albergar distintos eventos al aire libre, por lo que se hace más difícil la operación de los pilotos en ellos. Entonces, es importante considerar estas actividades para la toma de decisiones tácticas y estratégicas del proyecto.

Por ejemplo, el diseño del recorrido final, entre la entrada del metro Parque O'Higgins y la piscina del parque, fue elegido principalmente al ser un lugar donde las obras de la Fórmula E no intervendrían. El recorrido principalmente planteado, en conexión del metro con la entrada de la FCFM, sí tendría cambios en su infraestructura por la Fórmula E, por lo que tuvo que ser descartado. Otras decisiones tomadas en función de la Fórmula E fueron la cancelación de la operación durante el evento, para evitar posibles aglomeraciones de gente e interrupciones del funcionamiento del vehículo.

Selección del lugar y aspectos técnicos

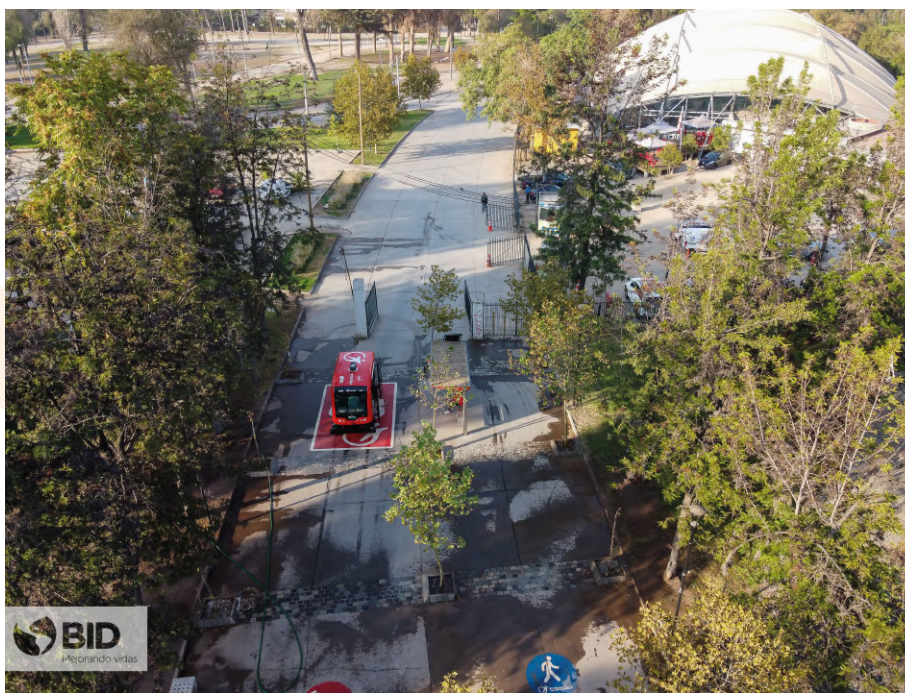
La elección del recorrido donde realizar la operación de un vehículo autónomo con la tecnología disponible en la actualidad es sin duda un aspecto importante. Para un buen diseño de recorrido, es esencial tomar en cuenta su extensión, la presencia de flujos vehiculares y peatonales, el nivel de polvo y hojas, el vínculo con los actores clave y los potenciales usuarios, entre otros factores. En el piloto realizado en Chile, los resultados muestran que el lugar seleccionado dentro del Parque O'Higgins fue un acierto, donde si bien se presentaron dificultades estas pudieron ser abarcadas de forma oportuna y permitieron obtener algunos aprendizajes para próximas experiencias. Además, el recorrido seleccionado permitió tener un alto nivel de afluencia de usuarios cuyo propósito de viaje era de transporte de última milla y no solo visitantes que asistían a conocer el vehículo. Así también, la instalación de paraderos, del refugio del vehículo y de señalización horizontal y vertical permitió generar un ambiente adecuado para la realización del piloto.

En cuanto a los requerimientos técnicos, se necesita de una antena repetidora que entregue una buena señal de internet 4G. Además, se requiere de un servicio de georreferencia satelital que por primera vez se probará de esta forma en el hemisferio sur. La disponibilidad de satélites es menor a la del hemisferio norte. Los mecanismos de seguridad están relacionados con los sistemas satelitales Galileo y GLONASS.

Otro de los aprendizajes de la experiencia se relaciona con la autonomía de la batería del vehículo. En principio, esta permitía una operación continua por 6 horas, pero las condiciones de exposición solar y la temperatura en Santiago en pleno verano limitaron la autonomía a 5 horas, lo que muestra la importancia de hacer este tipo de experiencias en un contexto local.

Adaptación a otros escenarios

Inicialmente, se gestionó la posibilidad de operar el vehículo en la COP25. Esto implicaba hacer un nuevo proceso de set-up, en un lugar dentro del parque Bicentenario de Cerrillos que cumpliera con las características técnicas necesarias para el funcionamiento del vehículo y que estuviera alineado con la puesta en escena del evento en ese lugar. Si bien el evento fue suspendido y posteriormente traslado a España, esta coordinación preliminar para el funcionamiento del vehículo en otro escenario de operación sirvió para entender las dificultades logísticas asociadas con esto, lo que incluye actividades de planificación, traslado, preparación, set-up y marcha blanca adicionales por cada vez que se genere un cambio en la ubicación donde el vehículo funcionará. Esto es un punto relacionado con el nivel de avance actual de los vehículos autónomos, que todavía no pueden adaptarse a nuevos escenarios de operación de forma rápida.



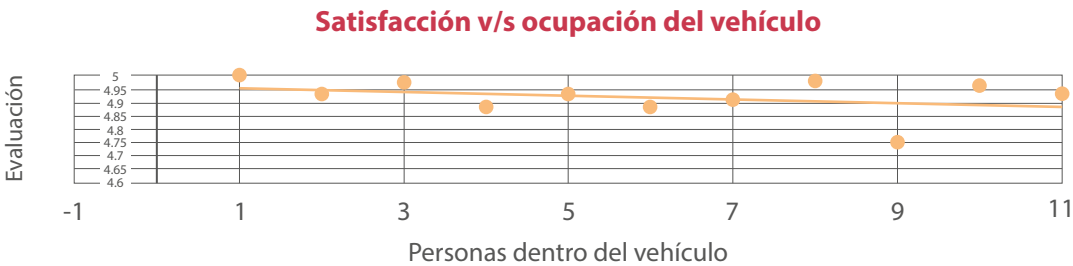
Encuesta

En total, hubo 38 días de aplicación de la encuesta en terreno por parte de una persona encargada de Transdev, quien logró recopilar 503 respuestas de forma presencial y 24 respuestas que enviaron usuarios posteriormente. El tiempo de respuesta promedio de la encuesta final fue de 6 minutos, después de acotar la versión preliminar de la encuesta que tenía una duración aproximada de 10 minutos. En total, 474 encuestas fueron respondidas en el formato definitivo.

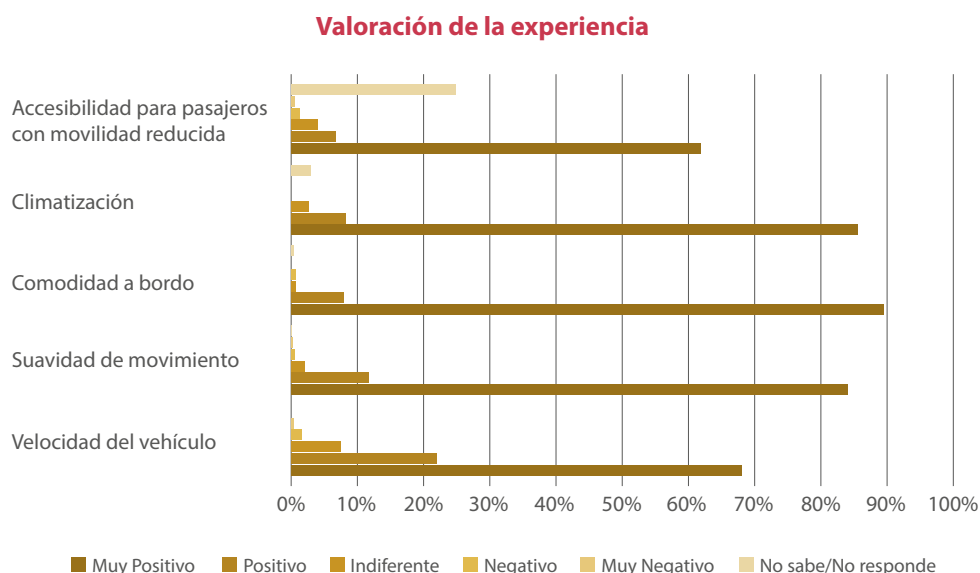
Se reconoció una alta voluntad de los usuarios en general para responder la encuesta. Esto puede haber estado asociado, al menos en parte, a la entrega de un incentivo por realizar la encuesta, correspondiente a calcomanías, libretas y figuras de cartón armables del vehículo autónomo a escala.

A continuación, se muestran algunos resultados obtenidos tras un análisis propio sobre los registros de la encuesta realizada, los que complementan el análisis realizado por Transdev en su informe.

- La evaluación promedio de la experiencia para los usuarios sentados fue de 4,94 puntos, mientras que para los usuarios que iban de pie fue de 4,76 puntos. Del total, 84% de los usuarios encuestados viajaron sentados, 7% de pie y para 9% no se registró este dato.
- Al descomponer la evaluación de la experiencia de los usuarios por la cantidad de pasajeros hay una tendencia débil de reducción del nivel de satisfacción, pero no es concluyente.



- Solo 7 de 492 personas (1,4% del total) manifestaron sentirse no seguras en general en el viaje. Estas personas evaluaron con 4 o 5 puntos su experiencia en el vehículo, pero efectivamente 6 de ellos vivieron un frenado brusco del vehículo y 4 de ellos hicieron comentarios con respecto a lo brusco del frenado, lo que probablemente fue decisivo en su percepción del viaje.
- La valoración de diferentes aspectos del servicio tendió a ser positiva o muy positiva. Solo en el caso de la accesibilidad para personas con movilidad reducida hubo 25% de respuestas de "No sabe/No responde", probablemente asociadas a su desconocimiento del tema.



Al considerar sólo los usuarios que manifestaron tener una discapacidad o movilidad reducida (42 personas), 71% evaluó la accesibilidad de forma muy positiva, 7% positiva, 2% indiferente y 19% No sabe/No responde.

47% de los encuestados cree que los vehículos como este no están en condiciones de transitar por las calles. Al desagregar por rango etario, esta respuesta sube a valores cercanos a 50% para personas entre 18 y 25 años, 26 y 35 años y 36 y 45 años. Luego baja a 40% entre las personas entre 46 y 65 años y a 35% entre personas de más de 65 años. Es decir, las personas mayores tienen mayor tendencia que los adultos más jóvenes a responder que este tipo de vehículos sí está en condiciones de transitar en las calles.

78% de los usuarios manifestaron que se sentirían seguros si viajaran en este vehículo sin un operador a bordo. Este porcentaje sube a 79% al considerar solo personas que se conectan frecuentemente a internet (n=458). También sube a 79% al considerar solo personas que se comunican frecuentemente vía aplicaciones de mensajería (n=468). Igualmente sube a 79% al considerar solo personas que participan frecuentemente en redes sociales (n=391). En cambio, este porcentaje sube a 82% al considerar solo personas que usan frecuentemente otro tipo de accesorios conectados a internet, como consolas de videojuegos, relojes inteligentes y asistentes virtuales (n=221). Finalmente, solo 14 personas manifestaron no realizar ninguna de las actividades anteriores de forma frecuente en la semana. Entre estos últimos, 64% se sentirían seguros sin el operador a bordo. En resumen, hay una tendencia débil a una mayor sensación de seguridad por andar en este tipo de vehículos sin operador para personas que interactúan activamente con la tecnología en su vida cotidiana.

Al evaluar diferencias de respuestas entre hombres y mujeres se notan algunas diferencias. Por ejemplo, 85% de los hombres manifestó que se sentiría seguro viajando sin un operador a bordo, mientras que en el caso de las mujeres esta respuesta se dio en 74% de ellas. Por otro lado, 50% de los hombres cree que este tipo de vehículos está en condiciones de andar por las calles, mientras que en el caso de las mujeres este valor fue de 56%.

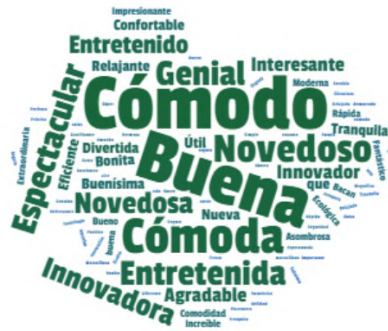
Al separar por nivel de educación, se observa que para personas que han alcanzado un mayor grado de estudios aumenta la tendencia a responder que sí se sentirían seguros viajando en este vehículo sin un operador a bordo. Entre las personas con postgrado, nivel universitario o nivel técnico profesional hubo una proporción de respuesta afirmativa en esta pregunta superior a 80%, mientras que dentro de las personas que solo terminaron educación media este porcentaje fue 76% y para quienes solo concretaron educación básica el porcentaje fue 64%.

A continuación, se muestran algunas nubes de palabras obtenidas al aplicar ciertos filtros en la siguiente pregunta:
¿Puede describir la experiencia a bordo de este vehículo en una palabra?

Personas que manifestaron no usar frecuentemente internet, ni redes sociales, ni aplicaciones de mensajería ni otros accesorios conectados a internet.



Personas que manifiestan usar frecuentemente accesorios conectados a internet como relojes inteligentes, consolas de videojuegos y asistentes virtuales.



Personas mayores a 65 años.



Personas entre 18 y 25 años.

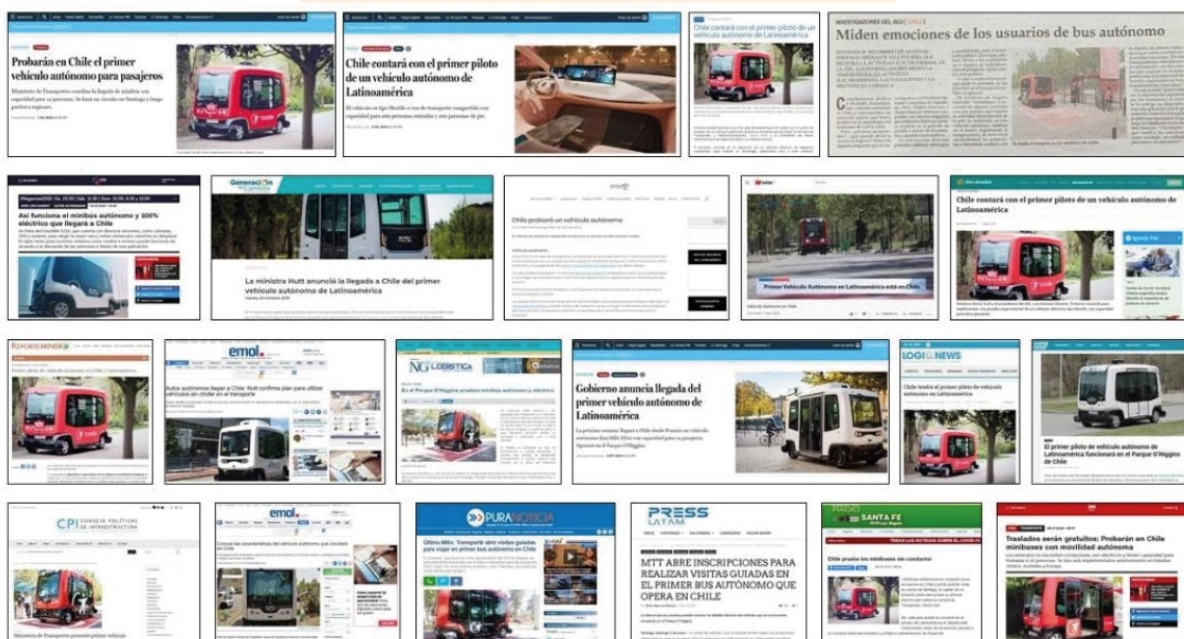


Exposición en los medios de comunicación

A lo largo del ciclo de vida de este proyecto se logró un alto nivel de visibilidad en los medios de comunicación. Este impacto se ha dado a través de distintos hitos. El **primer hito** fue a la firma de la aprobación de la cooperación técnica entre el BID y el MTT, el día 7 de julio de 2019. Después de este momento, comenzaron a aparecer artículos en distintos medios físicos y virtuales en torno a los detalles del proyecto, publicaciones que estuvieron distribuidas a lo largo de todo el segundo semestre de 2019. Luego, una vez comenzada la operación del vehículo en diciembre, se envió un comunicado a la prensa para informar el inicio de operación del vehículo. Este marcó un **segundo hito**, el que estuvo marcado por publicaciones ya con fotos e información concreta de la operación del vehículo en terreno en parque O'Higgins. En este periodo y en particular durante los primeros días de enero se registraron diferentes notas que llamaban a visitar el vehículo en el parque. Finalmente, un **tercer hito** lo marcó el punto de prensa realizado por el Subsecretario de Transportes el 12 de febrero, quien bajo su cargo de Ministro subrogante desempeñado este día entregó información del balance de la operación en los 2 meses que ya llevaba el vehículo circulando. En esta ocasión participó Fernando Montenegro, Jefe de Operaciones de la Representación del BID en Chile y Gabriel Martínez, Gerente de Asuntos Corporativos de Redbus/Transdev Chile.

En total, se dio amplia visibilidad a visitas de autoridades, profesionales del sector público, privado, fundaciones y otras organizaciones, que contó con un destacado nivel de cobertura de medios de comunicación, con más de 75 publicaciones en medios electrónicos, de prensa escrita y de redes sociales, tanto nacionales como internacionales, incluso desde China. Asimismo, se registraron visitas de medios televisivos., dos de las cuales fueron expuestas en vivo, para un matinal y un noticiero matutino.

Esto releva de manera importante el interés del público general por el proyecto y de la buena recepción que tuvo por la comunidad.



Otras actividades



Otras actividades

Hub de conocimiento de vehículos autónomos

Uno de los objetivos generales de la cooperación entre el BID y el Gobierno de Chile es consolidar el primer Hub de Conocimiento de Vehículos Autónomos (VA) en América Latina y el Caribe. Esto considera el fomento de un ecosistema donde tanto el gobierno, como el sector privado, la academia y la sociedad civil colaboren en el diseño colaborativo de pilotos y casos de uso, con el fin de generar aprendizajes empíricos, fomentar las buenas implicancias del uso de estas tecnologías, potenciar la innovación y el emprendimiento en torno a las necesidades de los usuarios, se desarrolle talento a nivel local y se recomienden cambios para una mejor regulación en torno a esta tecnología y su desarrollo ético y responsable. En este contexto, se han generado ciertas oportunidades para el desarrollo de la movilidad autónoma a nivel local a través de proyectos independientes al piloto del Vehículo Autónomo.

Ciclo de Charlas de Movilidad Autónoma y el Futuro del Transporte¹⁸

Como parte del desarrollo del Hub de Conocimiento de Vehículos Autónomos, se impulsó una serie de actividades de índole académica y técnica, agrupadas dentro de lo que se estableció como el Ciclo de Charlas: Movilidad Autónoma y el Futuro del Transporte. En términos concretos, este ciclo sería un conjunto de exposiciones de expertos a nivel internacional relacionados con el desarrollo de Vehículos Autónomos. Su objetivo era poder generar una discusión con referentes académicos y técnicos de las implicancias que podría tener la llegada de estos vehículos a las ciudades de América Latina y el Caribe, los desafíos que traen consigo las nuevas tecnologías de vehículos sin conductor y las posibles oportunidades que debemos considerar para estar preparados ante el desarrollo de este mercado en la región. Dentro de estas charlas se abarcaron tópicos de sustentabilidad, urbanismo, ética, recursos humanos y regulación, entre otras áreas de estudio.

Estos eventos tuvieron su lanzamiento el jueves 30 de enero en el auditorio D'Etigny de la FCFM de la Universidad de Chile, sesión que contó con la presencia del Jefe de Gabinete del MTT, Juan Carlos González, el Director de Vinculación Externa de la FCFM, Luis Vargas, la Directora Académica y de Investigación de la FCFM, Marcela Munizaga, y otros especialistas y profesionales del MTT, BID y Transdev. En esta primera sesión, se presentaron los detalles del Ciclo de Charlas, se expuso sobre distintos avances de la movilidad autónoma en el mundo, sobre los detalles del Piloto que se está realizando en Santiago y sobre aspectos académicos relacionados con esta temática. Luego, se procedió a un panel de discusión en el que se hicieron preguntas dirigidas a los distintos expositores y otros invitados, para luego pasar a las preguntas abiertas de parte del público. Esta actividad contó con la asistencia de más de 70 personas de distintas partes interesadas en el Piloto y en las actividades paralelas, las que pudieron interactuar al término del evento en espacio de interacción final.

¹⁸ Documento resumen del Ciclo de Charlas, disponible en:
<https://publications.iadb.org/es/ciclo-de-charlas-movilidad-autonoma-y-el-futuro-del-transporte>

Si bien en principio la idea en torno al Ciclo de Charlas era la de traer expertos internacionales al país para que expusieran de sus avances científicos y experiencias con el uso de vehículos autónomos, los acontecimientos ocurridos en 2020 relacionados con la pandemia de COVID-19 obligaron a reestructurar el proyecto y convertirlo en una serie de charlas virtuales, a través de plataformas de videoconferencias en la nube. En este contexto, se concretaron finalmente 12 sesiones virtuales posteriores a la charla inaugural.

Fotos del Lanzamiento



Desafío de innovación y emprendimiento

Otro de los componentes relevantes relacionados con la cooperación entre el PIB y el Gobierno de Chile en torno al desarrollo de vehículos autónomos consistía en el desafío de innovación y emprendimiento en torno a la movilidad autónoma. Esta iniciativa estaba programada en principio para ser realizada en simultáneo con el desarrollo del piloto, pero el contexto nacional de fines de 2019 obligó a postergarla para marzo de 2020 y luego el contexto internacional de la pandemia COVID-19 obligó a reprogramarla para mediados de 2020, además de generar la necesidad transformar el formato en que sería realizada hacia un proceso de activación, difusión y seguimiento completamente virtual.

Finalmente, lo que partió siendo una idea de realizar reuniones temáticas (Meet-ups), una Hackathon, un Bootcamp de Innovación y un proceso de Incubación posterior fue fusionado en un desafío de innovación llamado Autónomo Mobility Challenge. Este fue gestionado completamente de forma remota, con sesiones virtuales con innovadores y expertos relacionados con movilidad autónoma y con el acompañamiento de los equipos del BID (con mayor participación de su laboratorio de innovación [BID Lab](#)), del MTT, de Transdev y de la FCFM a través de su plataforma de Innovación [OpeanBeauchef](#). Estas dos últimas instituciones fueron las encargadas de operar esta iniciativa, la que contó con 115 proyectos preinscritos en el concurso, de los cuales 20 fueron validados, 20 seleccionados para un Bootcamp virtual, 5 elegidos como parte de los equipos finalistas y 3 premiados por sus ideas e invitados a ser parte del proceso de incubación virtual posterior.

Avances en marcos regulatorios

Con motivo del desarrollo en materia de tecnología y movilidad que el MTT ha venido trabajando con apoyo del BID, se promulgó el [Decreto Supremo N° 67](#), de 2020 (publicado en el Diario Oficial el 24 de mayo de 2021), que establece los requisitos técnicos y administrativos para la autorización de proyectos experimentales, cuyo objetivo es permitir la ejecución de proyectos experimentales orientados a probar distintos avances tecnológicos que está experimentando la industria automotriz, con miras a ajustar las normativas nacionales a estos avances.

Dicho decreto dejó fuera lo relativo a movilidad autónoma, razón por la cual el MTT con el BID, decidieron estudiar más profundamente al respecto, basándose en las recomendaciones contenidas en el documento BID [“Vehículos Autónomos y el Rol del Sector Público Sandbox regulatorio: Guía para formuladores de política en América Latina y el Caribe”](#), que aporta una serie de criterios generales para implementar sandboxes regulatorios de despliegue de vehículos autónomos.

Dado lo anterior es que actualmente, en el marco de la cooperación técnica BID-MTT, se encuentra en desarrollo la consultoría para generar los lineamientos para una eventual futura regulación relativa a la movilidad autónoma, dando así continuidad al trabajo técnico en esta materia.

Conclusiones

En conclusión, el camino de la incorporación de estas nuevas tecnologías requiere de esfuerzos colectivos, con proyectos elaborados de manera abierta y creativa, que permitan recolectar evidencia y obtener aprendizajes relevantes para su implementación. Los cambios que se avizoran en el sector transporte son importantes y el desafío está en una adecuada preparación, con foco en la generación de mejores servicios basados en las necesidades y el bienestar de las personas. Los indicadores obtenidos tras la operación del piloto resultan prometedores y destacan el potencial de la movilidad autónoma en el contexto del transporte colectivo.

Uno de los aspectos más valiosos del desarrollo de este piloto en terreno fue el poder conocer de primera fuente la opinión de los futuros usuarios de la movilidad autónoma, algo que resulta de suma importancia a la hora de generar política pública basada en evidencia y centrada en el bienestar de las personas. El piloto no estuvo exento de desafíos, los que entregaron valiosos aprendizajes para anticipar la llegada de la movilidad autónoma a la región. Al ser una tecnología nueva, existen múltiples factores que deben ser considerados para un correcto funcionamiento del vehículo, como el estado de las calles, la vegetación del entorno y el acceso ininterrumpido a una red de datos celular. En este sentido, la ubicación es una de las decisiones clave a la hora de implementar un piloto de estas características.

Por otra parte, el esfuerzo colaborativo de muchas organizaciones para el éxito del piloto requiere de una gestión muy proactiva de parte del equipo coordinador, de manera que cada elemento del plan de actividades cuente con el adecuado seguimiento y articulación de esfuerzos, que no pueden estar exentos de una cuota importante de flexibilidad y agilidad, para la gestión de contingencias.

Referencias

- The trends transforming mobility's future, McKinsey & Company, 2019.
- World Health Organization (2018). Global status report on road safety 2018.
- Road accident investigation guidelines for Road Engineers 2013.
- Harper, C. D., Hendrickson, C. T., Mangones, S., & Samaras, C. (2016). Estimating potential increases in travel with autonomous vehicles for the non-driving, elderly and people with travel-restrictive medical conditions. Transportation research part C: emerging technologies, 72, 1-9.
- Marco Sectorial de Transporte BID (2016).
- El Mercurio (2017). Autos Uber y Cabify ya duplican el parque de taxis y alcanzan 90% de las zonas urbanas.
- Frost & Sullivan. (2018). Global Autonomous Driving Market Outlook. Global Automotive & Transportation Research Team. Obtenido de <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/K24A-2018%20Frost%20%26%20Sullivan%20-%20Global%20Autonomous%20Driving%20Outlook.pdf>
- Michon, J. (1985). A critical view of driver behaviour models: What do we know, what should we do? University of Groningen. Obtenido de http://jamichon.nl/jam_writings/1985_criticial_view.pdf
- Transdev (2019) Consultoría de preparación Piloto de Operación de Vehículo Autónomo en Santiago de Chile.
- Vehículos Autónomos y el Rol del Sector Público Sandbox regulatorio: Guía para formuladores de política en América Latina y el Caribe, BID (2021).
- Banco Interamericano de Desarrollo (2020), DIA2020 "De Estructuras a Servicios, el camino a una mejor infraestructura en América Latina y El Caribe.
- Rivas, M. E., T. Serebrisky y A. Calatayud. 2019. "¿Sabías que tener un auto privado en la región cuesta 4.600 dólares anuales?" Moviliblog (blog), Banco Interamericano de Desarrollo, 31 de octubre. Disponible en <https://blogs.iadb.org/transporte/es/sabias-que-tener-un-autoprivado-en-la-region-cuesta-4-600-dolares-anuales/>. Consultado en marzo de 2020.
- Arbib, J. y T. Seba. 2017. Rethinking Transportation 2020–2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries. RethinkX Sector Disruption Series. San Francisco, CA y Londres: RethinkX

Anexos

Imágenes

