

Entendiendo el puzzle de la movilidad como servicio: ¿son las aplicaciones descentralizadas la pieza que falta?

Resumen ejecutivo

La Movilidad como Servicio (Mobility as a Service o MaaS) es un concepto de entrega de servicios de movilidad urbana ampliamente considerado como muy atractivo tanto para empresas como gobiernos. Las nuevas formas, modos y negocios de movilidad urbana muestran la potencialidad de éste mercado para crecer y generar valor, presentando durante los últimos años una multiplicación de nuevos servicios de movilidad urbana de la mano de la digitalización del transporte y nuevos modelos de negocios que mejoran el aprovechamiento de los activos de transporte. Para las empresas, integrar todos estos servicios en una oferta transparentemente integrada para el usuario en una solución MaaS tiene el potencial de hacer crecer fuertemente la participación de estos servicios en el total de viajes.

Para los gobiernos, la MaaS es vista como una respuesta integral a los desafíos crecientes que enfrentan las ciudades: congestión, deterioro de la calidad del aire y exclusión de las oportunidades que ofrece la ciudad, entre otras externalidades negativas del transporte urbano. Crucialmente, cambiar viajes urbanos a modos más sostenibles como la caminata, bicicleta u otros modos de micromovilidad o transporte público puede ser no sólo una respuesta para los problemas de las ciudades, sino también un factor clave para limitar las emisiones de CO₂ y así, evitar las peores consecuencias del cambio climático.

Sin embargo, la MaaS es todavía un concepto que mayoritariamente se mantiene en el plano teórico. Distintos intentos de implementarla, tanto desde empresas como gobiernos, no han logrado aún un real despegue de soluciones MaaS. Este trabajo lleva adelante una reseña sobre el mercado de movilidad urbana y su evolución reciente, así como de distintos intentos de integrarlos en soluciones MaaS, e investiga los desafíos que la MaaS enfrenta para su crecimiento, haciendo hincapié en los factores clave mínimos necesarios para desarrollarse. Dada la función clave de la MaaS de digitalización e integración de distintos servicios de movilidad urbana, establecer una capa digital que permita el intercambio de datos entre operadores de servicios de movilidad es uno de sus principales desafíos. Para responder a esto, se indagará sobre la potencialidad de los protocolos o aplicaciones descentralizadas como alternativa a una autoridad de datos de MaaS.

De la investigación se concluye que las aplicaciones descentralizadas tienen un alto potencial para superar varios desafíos de la MaaS y podrían ser un aporte importante para su crecimiento, especialmente al permitir establecer mercados de datos que aporten valor a todos los integrantes del ecosistema MaaS y a la vez respetando los derechos de propiedad sobre ellos de cada uno de los agentes participantes, así como también su privacidad. Sin embargo, existen también otros desafíos en el plano político y en la reconversión del espacio físico de las ciudades que también son factores clave para el desarrollo de la MaaS, especialmente si se desea que los mercados de movilidad urbana se desarrollen en forma compatible con la sostenibilidad.

Palabras clave

Movilidad urbana sostenible, movilidad como servicio, MaaS, Mobility as a Service, Blockchain, aplicaciones distribuidas, servicios de movilidad urbana, micromovilidad, transporte público

Índice

Resumen ejecutivo	2
Palabras clave	2
Índice de tablas.....	3
Índice de figuras	3
Introducción	5
Marco teórico.....	8
Movilidad urbana: retos y oportunidades	8
Mercado de movilidad urbana y nuevos proveedores de movilidad.....	11
Crecimiento y retos de rentabilidad de proveedores de movilidad	15
Qué es la MaaS	16
Componentes.....	18
Modelos de organización.....	19
Dilemas regulatorios.....	21
Gobernanza de datos, soberanía de datos y privacidad	23
Investigación de cambio y análisis de casos	24
Qué son las aplicaciones descentralizadas	25
Ejemplos actuales de aplicación en ciudades.....	28
Para qué componentes de la MaaS puede aportar	30
Especificidades de protocolos o aplicaciones descentralizadas para el caso de la MaaS.....	35
Conclusiones y recomendaciones.....	37
Bibliografía.....	39

Índice de tablas

Tabla 1 – Servicios de movilidad urbana.....	12
Tabla 2 – Niveles de integración de MaaS.....	19
Tabla 3 – Algunos ejemplos de usos para cada tipo de aplicación.....	27

Índice de figuras

Figura 1 – modo principal agregado del viaje excluyendo viajes a pie cortos según año de relevamiento	9
---	---

Figura 2 – Publicidad del proveedor de movilidad en monopatines eléctricos grin, mostrando CO ₂ evitado del viaje	13
Figura 3 – Diagrama de flujos de materiales renovables y manejo de stocks de bienes bajo el paradigma de la economía circular	15
Figura 4 – Diagrama de funciones de una capa MaaS.....	17
Figura 5 – Modelos de organización de MaaS	20
Figura 6 – Diferencias entre una aplicación web2 y una web3 o aplicación descentralizada.....	24
Figura 7 – Representación de un Ledger centralizado controlado por una autoridad de clearing (base de datos de transacciones tradicional) y un Ledger distribuido	25
Figura 8 – Funcionamiento de TSio Protocol de TravelSpirit.....	29
Figura 9 – Componentes de una aplicación descentralizada para MaaS	35

Introducción

El cambio climático es la amenaza más grande que enfrenta la humanidad actualmente, implicando un riesgo muy serio para los derechos más fundamentales a la vida, la salud, la alimentación, y un estándar de vida adecuado para individuos y comunidades en todo el mundo (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente, 2015). El CO₂ es uno de los principales gases de efecto invernadero (Environmental Protection Agency, 2021), por lo que reducir las emisiones de este gas para limitar su concentración en la atmósfera es crucial para evitar las peores consecuencias del cambio climático.

A su vez, las empresas y negocios consideran cada vez más la sostenibilidad no sólo como un requisito a cumplir desde un punto de vista regulatorio, sino también como una ventaja competitiva (Nielsen Global Study, 2015). Los consumidores están cada vez más conscientes de los efectos negativos ambientales y sociales que pueden tener algunos procesos productivos o de consumo, y aprecian crecientemente marcas, bienes y servicios que tienen impactos positivos en la salud, la sociedad y el ambiente (PWC, 2021).

El transporte fue responsable del 24% de las emisiones globales de CO₂ durante 2020 (Agencia Internacional de Energía, 2021) y específicamente para el caso uruguayo, el transporte generó el 60% de las emisiones de CO₂ del país (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2021), por lo que es un sector prioritario para transformar hacia formas menos intensivas en emisiones dada la emergencia climática a la que se enfrenta el mundo actualmente.

Las ciudades representan entre el 70% y el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Tsay & Herrmann, 2013) y a su vez, son el principal motor de la innovación y el crecimiento económico (Böhler-Baedeker & Merforth, 2014), atrayendo en el mundo a 1 millón de personas por semana a mudarse de zonas rurales a urbanas (Tsay & Herrmann, 2013). La movilidad es esencial para este dinamismo (ITF, 2021). Las ciudades deben entonces responder a una demanda triplemente creciente de transporte: en ellas habitan cada vez más personas que hacen individualmente cada vez más viajes, los cuales son además cada vez más largos, con participación creciente del automóvil en el total de viajes (Mauttone & Hernández, 2018).

Esta demanda de transporte urbano puede ser cada vez menos atendida por el automóvil particular dado que las mejoras en la capacidad de la infraestructura inducen a crear una mayor demanda por transporte en automóvil (Douglas B. Lee, 2000), generando el llamado efecto de *demanda inducida*, por el cual las vías dedicadas al automóvil tienden a la congestión en el largo plazo, independientemente de su capacidad. Esto implica que el advenimiento de los automóviles eléctricos puede ayudar a reducir las emisiones tanto de gases de efecto invernadero como las que afectan a la calidad del aire local, pero no reduce los otros efectos negativos del uso intensivo de automóviles dentro de las ciudades: la congestión, la siniestralidad y la exclusión de quienes no tienen acceso al auto de las oportunidades que ofrece la ciudad (Proyecto NUMP Uruguay, 2021).

En consecuencia, la forma tradicional de lidiar con aumentos de demanda de transporte mediante el aumento de la oferta de infraestructura a través de la provisión de capacidad de vías adicional, termina empeorando el problema original: en el largo plazo las vías tienden nuevamente a la congestión, y el aumento de la capacidad

induce un aumento del tránsito automotriz, que a su vez empeora las externalidades negativas del transporte derivadas de aumentos en las emisiones, congestión, siniestralidad y exclusión.

En este contexto, durante los últimos años está habiendo un verdadero boom de nuevas empresas orientadas a proveer servicios de movilidad urbana innovadores, muchas veces centradas en compartir vehículos individuales (monopatines, bicicletas, etc.) o más grandes (autos). Pero este boom también tuvo su fuerte ajuste, ejemplificado para el caso de los vehículos personales compartidos por la casi quiebra de la startup china Ofo (Wang & Olsen, 2018) o los permanentes problemas de rentabilidad de empresas como Uber (Qualtrough, 2021). Los fuertes ajustes en escala en las empresas de micromovilidad compartida muestran que una carrera hacia conseguir la mayor cuota de mercado usando una *first-mover advantage* no es sostenible económicamente: difícilmente se alcance la escala y ocupación de vehículos mínima necesaria en mercados con bajas barreras de entrada y altos costos fijos.

En ambos casos parece ser la búsqueda de crecimiento y dificultad en alcanzar masa crítica lo que explica la baja rentabilidad (Crozet, Santos, & Coldefy, Shared mobility, MaaS and the regulatory challenges of urban mobility, 2019), lo que parece ser el denominador común de numerosas nuevas empresas proveedoras de alternativas de movilidad que luego se retiraron o necesitaron hacer importantes ajustes a sus operativas (o fueron adquiridas). Las dificultades de rentabilidad de las nuevas empresas de movilidad junto con la dificultad en la puesta en práctica otras soluciones puramente tecnológicas, como la aparición de servicios reales de vehículos autónomos (los cuales también tendrían los mismos problemas de congestión mencionados anteriormente), hacen pensar que la revolución de la movilidad urbana parece estar siendo más elusiva de lo que se pensó hace unos pocos años, y se hace necesaria una respuesta innovadora que contenga aspectos tecnológicos pero también una nueva regulación (Crozet, 2020)

Aunque la pandemia de COVID-19 impuso el tele trabajo en forma masiva e impulsó más que nunca el comercio por internet en todo el mundo, la demanda por viajes no ha bajado (aunque los motivos de viaje sí cambiaron) y además, ha favorecido al auto: los conteos de tránsito de vehículos en el Área Metropolitana de Montevideo muestran niveles iguales o superiores a los de pre-pandemia (Betancur, 2021), a la vez que el transporte público muestra ventas un 50% por debajo del nivel pre-pandemia (Observatorio de Movilidad de Montevideo, 2021). Estas tendencias se verifican también en otras partes del mundo (C40, 2021) y son compatibles con otros datos relacionados, como por ejemplo la alta demanda en todo el mundo por automóviles nuevos y usados (Boudette, 2021).

Estos números son muy preocupantes considerando la necesidad urgente de reducir emisiones y el objetivo de tener ciudades más vivibles, saludables y seguras. Existe además una oportunidad de negocios a resolver en cómo proveer alternativas al automóvil particular para la movilidad urbana que sean a la vez atractivas para las personas y también un negocio con posibilidades de crecimiento.

Una posible respuesta, tanto a los problemas de rentabilidad de los nuevos negocios de movilidad como a los problemas de sostenibilidad ambiental y social del modelo de movilidad urbana actual, y con un alto potencial de crecimiento, es la llamada *mobility-as-a-service* (movilidad como servicio o MaaS de ahora en adelante): la integración digital de la planificación de viajes de principio a fin, reserva y venta de servicios de

transporte y movilidad, y *ticketing* unificado electrónico (Goodall, Fishman, Bornstein, & Bonthron, 2017). En términos de *job-to-be-done*, la MaaS ofrece una solución alternativa al automóvil para transportarse de un punto a otro, pero de una forma sostenible y compatible con ciudades más vivibles, amigables y saludables. El gran reto de la movilidad como servicio es entonces cumplir este *job-to-be-done* de una forma igual o más atractiva que a través del automóvil particular, lo cual implica una muy fuerte coordinación entre participantes del mercado de movilidad.

Aunque la MaaS genera mucho entusiasmo tanto entre los hacedores de política como en empresas, la realidad es que este tipo de soluciones todavía no han terminado de despegar en casi ningún mercado. Esto es así ya que problemas de confianza entre jugadores del mercado, problemas de gobernanza de datos, problemas regulatorios de asignación de bienes públicos escasos y otros retos económicos, regulatorios, de marketing y tecnológicos hacen que el mercado de MaaS no se termine de desarrollar.

En el mundo está habiendo varios intentos tanto bottom-up como top-down para desarrollar mercados de MaaS, pero está surgiendo además otra alternativa: la adopción de protocolos o aplicaciones descentralizadas basadas en tecnología blockchain, para superar los retos inherentes a un mercado competitivo pero que también necesita cierto nivel de cooperación entre los oferentes, con varios actores, flujos de información y recursos entre ellos, considerando al mismo tiempo objetivos individuales de maximización de ingresos junto con objetivos sociales de maximización de participación sistémica en el mercado de viajes y minimización de impactos negativos de la movilidad.

Este trabajo estudiará entonces la estructura de los mercados de MaaS, los objetivos que persiguen los actores que los componen, necesidades de gobernanza de datos, marco de trabajo del mercado y regulación necesaria, e indagará sobre el potencial de las aplicaciones descentralizadas basadas en tecnología blockchain para poder superar las dificultades que se presentan en la actualidad y que han impedido el pleno desarrollo del mercado.

Marco teórico

Movilidad urbana: retos y oportunidades

La movilidad es esencial para mejorar la calidad de vida especialmente en conurbaciones, donde se encuentra la mayoría de la población mundial (ITF, 2021). La movilidad es una demanda derivada: las personas demandan movilidad en la medida que desean cumplir otros objetivos que se encuentran en lugares específicos: trabajo, entretenimiento, aprendizaje, etc. El 98% del total de viajes son de menos de 80 km (Crozet, Santos, & Coldefy, Shared mobility, MaaS and the regulatory challenges of urban mobility, 2019), por lo que la movilidad es un fenómeno esencialmente urbano y un aspecto central de las ciudades: ha sido una de las principales preocupaciones de la planificación urbana, pasando por distintas escuelas de pensamiento especialmente durante los últimos 200 años. La movilidad automotriz adquirió un rol central en la planificación urbana hacia 1950, pero las dificultades crecientes a las que se ha enfrentado cuestionaron cada vez más el rol del automóvil como solución principal a la movilidad urbana (Jones, 2014).

Uno de los tópicos más importantes de la Economía urbana son las economías de aglomeración (Brueckner, 2011), relacionadas tanto con las economías de escala como con los efectos de red, que son ahorros de costos que alimentan la creación y crecimiento de valor en las ciudades. Las economías de aglomeración explican una parte importante de por qué las ciudades han sido y son cada vez más el motor de crecimiento de los países. Sin embargo el efecto opuesto, llamado deseconomías de aglomeración (Brueckner, 2011), es también un fenómeno creciente en las ciudades, que se expresa principalmente en la congestión, degradación ambiental y el agotamiento del espacio público para la movilidad.

Como fue mencionado, el cambio climático es la amenaza más grande que enfrenta la humanidad actualmente (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente, 2015). El CO₂ es uno de los principales gases de efecto invernadero (Environmental Protection Agency, 2021), por lo que reducir las emisiones de este gas para limitar su concentración en la atmósfera es crucial para evitar las peores consecuencias del cambio climático. En Uruguay, el transporte aportó el 60% de las emisiones de CO₂ del país (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2021), implicando una oportunidad importante de reducción de emisiones para el país.

Se puede decir que las emisiones crecientes del transporte urbano y su efecto en el cambio climático son la deseconomía de aglomeración que requiere atención más urgente, pero existen otras más que toman la forma de externalidades especialmente en ciudades y que también atentan contra la calidad de vida de las personas: reducción de la calidad del aire por contaminantes locales, siniestralidad, ruido, congestión y exclusión social.

La movilidad activa (caminata o bicicleta), la micromovilidad (monopatines eléctricos, bicicletas eléctricas y otros nuevos vehículos de movilidad personal) y el transporte público son las alternativas de movilidad urbana más sostenibles (Proyecto NUMP Uruguay, 2021) dado que minimizan las emisiones de gases de efecto invernadero, contaminantes locales, siniestralidad, ruido y congestión por kilómetro / pasajero realizado, a la vez que proveen inclusión a las personas que no poseen automóviles para las oportunidades que ofrece la ciudad.

La tendencia en muchas ciudades del mundo, y en las de Uruguay también, ha sido de un aumento en el tránsito de vehículos particulares, un aumento de los kilómetros recorridos y mayor cantidad de viajes, en un contexto donde el transporte público perdió participación relativa y absoluta en el total de mercado de viajes.

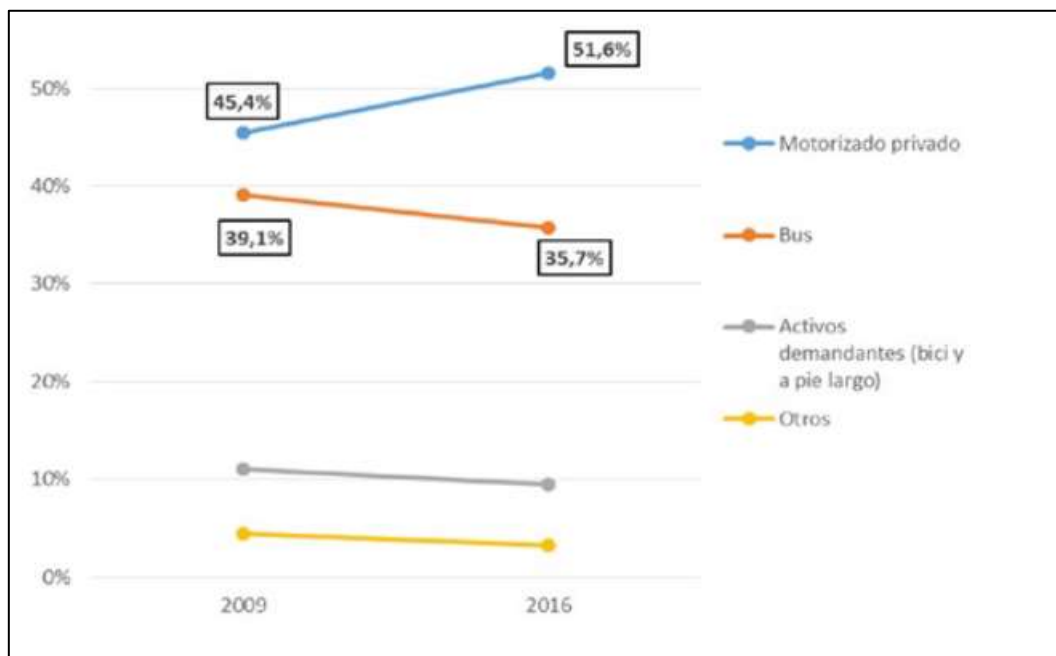


Figura 1 – modo principal agregado del viaje excluyendo viajes a pie cortos según año de relevamiento. Fuente: Mauttone & Hernández, 2018

Aunque la pandemia de COVID-19 le dio un impulso importante a la bicicleta como medio de transporte en las ciudades de todo el mundo (Bernhard, 2020) y se construyó más infraestructura temporal y definitiva para la bicicleta que nunca antes (Kraus & Koch, 2021), también es cierto que el transporte público perdió una enorme cantidad de pasajeros: en el caso de Montevideo, cerca del 50% de los pasajeros no volvieron al ómnibus (Observatorio de Movilidad de Montevideo, 2021). Junto con esto, las ventas de automóviles en todo el mundo y también en Uruguay han repuntado a máximos históricos durante 2021 (Sainz, 2022). En Uruguay, el tránsito de vehículos ya está por encima de su valor previo a la pandemia (Observatorio de Movilidad de Montevideo, 2021) y en lugares como Estados Unidos aumentó la siniestralidad por encima de su valor de 2019 (National Highway Traffic Safety Administration, 2021).

De esta forma, aunque trabajar desde casa se ha vuelto algo común entre ciertos grupos de trabajadores luego de la pandemia y el transporte público parece haber perdido pasajeros en forma duradera, la cantidad de viajes totales no parece haber bajado, sino que las razones de las personas para viajar (recordando que es una demanda derivada) pueden haber cambiado y junto con ellas, los patrones de movilidad, dado que las horas pico parecen haberse extendido en el tiempo (State Smart Transportation Initiative, 2021). En resumen, la demanda por movilidad urbana está igual o más fuerte que previo a la pandemia, y presentando fuerzas incipientes que pueden reducir las externalidades (aumento de la participación de la bicicleta en los viajes) pero especialmente aquellas que tienden a aumentarlas: aumento de viajes

totales, aumento de participación del auto, aumento de km recorridos en auto, o aumento de la flota total de autos.

El consenso actual para lidiar con el aumento de la demanda de movilidad urbana es el llamado enfoque evitar-cambiar-mejorar (GIZ, 2016), que propone estructurar las medidas para lidiar con el aumento de la demanda de movilidad en un orden de prioridad específico.

En primera instancia, las medidas de mayor prioridad son aquellas que permitan *evitar* viajes, por ejemplo proveyendo alternativas online a la necesidad que motiva el viaje. En segundo lugar de prioridad están las medidas que permitan *cambiar* viajes a modos más sostenibles, como son la caminata, la bicicleta o el transporte público. En tercer lugar están las medidas que permitan *mejorar* los modos motorizados en los que se hacen los viajes, como por ejemplo el etiquetado de eficiencia energética de vehículos o la electrificación.

Las externalidades de la movilidad, junto con mercados con derechos de propiedad mal definidos (como por ejemplo el de las emisiones de CO₂), el efecto de demanda inducida (Douglas B. Lee, 2000) y los cambios en los patrones de movilidad luego de la pandemia, muestran la necesidad de un cambio profundo en la forma de implementar y regular la movilidad en las ciudades, así como también la importancia de gestionar el mercado de servicios de movilidad integrando la perspectiva de la sostenibilidad económica con la sostenibilidad ambiental y social de la ciudad. Al mismo tiempo, la urgencia climática y el deseo de las personas de vivir en ciudades más agradables y respetando más el ambiente luego de la pandemia (PWC, 2021), abre la oportunidad a nuevas formas de entregar movilidad a través de negocios innovadores.

Es claro que esta oportunidad se ha intentado aprovechar desde las empresas en los últimos años dado el surgimiento de numerosos emprendimientos de movilidad innovadores, pero que a los que les ha costado alcanzar una masa crítica suficiente para generar rentabilidad (Crozet, 2020). En algunos casos parece que la masa crítica finalmente se está alcanzando luego de la pandemia, tanto por mejora de los servicios como también un proceso de consolidación de empresas de micromovilidad y mejoras en las regulaciones locales.

Paralelamente, los consumidores son cada vez más conscientes de los impactos ambientales y sociales de algunas actividades, y demandan en forma creciente productos y servicios que no generen cargas negativas para el planeta y las personas o especialmente, que traigan beneficios para la sociedad. Estas tendencias son especialmente fuertes para los consumidores millennial y de la generación Z (Deloitte), los cuales están siendo el principal grupo de consumidores en la actualidad.

El 75% de los millennials está dispuesto a pagar más por productos sostenibles, mientras que el 82% de los millennials de alto patrimonio neto expresa un fuerte interés en enfoques de inversión socialmente responsables inversión (Morgan Stanley Institute for Sustainable Investing, 2017). El 93% de los millennials creen que el impacto social es clave para tomar decisiones de inversión y consumo (Nielsen Global Study, 2015).

Estas tendencias también influyen en la movilidad. Previo a la pandemia las generaciones millennial y Z eran las menos propensas a comprarse un auto por razones como aversión a grandes gastos, el atractivo de alternativas de ridehailing y otras que estaban surgiendo en ese momento, la congestión y la preocupación por el

ambiente (Eliot, 2019). Luego de la pandemia, estas mismas generaciones están siendo los compradores de autos más numerosos como consecuencia del deseo de escapar de la ciudad, recuperar un sentido de libertad o no compartir espacios como el transporte público (Kane, 2022). Este cambio tan rápido y fuerte no implica que muchas de las preocupaciones que tenían previamente los millennials y generación Z hayan desaparecido, como la aversión a la congestión o la preocupación por el ambiente. Pero sí sufrieron una transformación profunda que los hace buscar nuevas soluciones.

Por ejemplo, paralelamente al aumento de ventas de autos, las ventas de bicicletas crecieron un 65% entre 2019 y 2021, y las ventas de bicicletas eléctricas crecieron un 240% en ese mismo período (Sorenson, 2021), convirtiéndose en el vehículo eléctrico más vendido en muchas partes del mundo incluyendo Estados Unidos, y por encima del total de autos eléctricos (Boudway, 2022). El 2020 fue el año que vio el mayor crecimiento de ciclovías en varias ciudades del mundo (Bernhard, 2020), muchas veces improvisadas o ciclovías “popup”, las cuales se transformaron durante 2021 en infraestructura definitiva. Para el mercado de la micromovilidad en general se espera una tasa de crecimiento anual del 17% desde el 2021 al 2030 (Precedence Research , 2022).

El consenso es que el crecimiento de la nueva generación de productos de movilidad y vehículos parece estar en soluciones CASE: connected, autonomous, shared, electric. Estas soluciones no toman necesariamente la forma de un auto. Las nuevas generaciones desean estar siempre conectadas, pasar menos tiempo en la congestión, preocuparse menos por poseer un activo de alto valor y a la vez, cuidar el ambiente. La MaaS tiene un alto potencial de ajustarse a estos deseos y tendencias ya que parecería que a diferencia de otras generaciones, para los millennials y generación Z tener o usar un auto no es incompatible con también usar otras formas de movilidad, para las cuales hay un alto interés. Se puede ser automovilista por la mañana y ciclista por la tarde. Esta apertura a soluciones diversas y ajustadas a necesidades específicas puede ser un contexto ideal para el crecimiento de la MaaS.

Mercado de movilidad urbana y nuevos proveedores de movilidad

La división clásica en la provisión de movilidad en las ciudades se centró en, por un lado, servicios como el transporte público, que podía ser provisto por empresas privadas (generalmente) fuertemente reguladas o públicas, y por otro lado el tránsito de automóviles privados. Sin embargo, durante los últimos años previos a la pandemia se vivió en varias ciudades del mundo un verdadero boom de nuevos productos de movilidad urbana provistos por empresas de formas innovadoras, habilitados a través de tecnologías digitales y aprovechando usos compartidos de activos de movilidad, buscando aumentar la eficiencia de los servicios (ITF, 2021).

A los efectos de describir todos los posibles modos en un mercado de movilidad, la tabla 1 muestra una lista desde el tipo de servicio, clasificados a su vez entre modos activos (aquellos que usan la fuerza humana para el desplazamiento) y no activos o motorizados.

Tabla 1 – Servicios de movilidad urbana. Fuente: ITF, 2021

Servicios colectivos		Tren	
		Tranvía	
		Ómnibus	
		Bajo demanda	
Activos		Bicicletas o bicicletas eléctricas compartidas basadas en estaciones	
		Bicicletas o bicicletas eléctricas compartidas sin estación	
		Alquiler o leasing de bicicletas o bicicletas eléctricas	
Servicios individuales		Taxi	
		Ride-sourcing de autos o de motos/triciclos, comercial o peer-to-peer	
	No activos		Carsharing basado en estación comercial o sin fines de lucro
			Carsharing sin estación comercial, sin fines de lucro o peer-to-peer
			Scootersharing y monopatines
Delivery minorista		Bicicletas cargo compartidas	
		Servicios de entregas y quickcommerce	
Activos		Bicicleta, bici cargo, eléctrica o no	
		Vehículos de dos o tres ruedas motorizados	
Servicios informales	No activos	Basados en autos	
		Basados en minivans o minibuses	

Desde una perspectiva más amplia, los servicios de movilidad urbana también incluyen otros componentes asociados:

- Parking, tanto en la calle como privado
- Infraestructura de carga para vehículos eléctricos
- Infraestructura de circulación (y posibles cargos por congestión)

Los nuevos proveedores de movilidad pueden agruparse en dos grandes categorías, que a su vez se pueden subdividir según el tipo de vehículos que proveen:

- Ridesharing: vehículos en alquiler en forma conveniente a través de apps, los cuales se pueden usar por períodos desde muy cortos (minutos) a más largos (varios días). Dentro de esta categoría entran tanto autos (carsharing) como vehículos de micromovilidad (monopatines, bicicletas, bicicletas eléctricas, etc.) y hasta vehículos utilitarios. Ejemplos de estas empresas son Zipcar para autos o Lime para micromovilidad.
- Ridesourcing o ridehailing: son los nuevos servicios de taxi que emplean tecnologías para hacer más conveniente y económico su uso. Estos viajes pueden ser individuales o compartidos (carpooling). Ejemplos de estas empresas son Uber o Cabify.

Los servicios de carsharing fueron los primeros que surgieron dentro de esta nueva familia de servicios de movilidad urbana, muchas veces incentivados por los propios gobiernos. La principal promesa de los servicios de carsharing es la disminución de requerimientos de espacio para estacionar (Nicholas & Bernard, 2021). El espacio urbano tiene alto valor y reducir su uso para estacionamiento permite liberarlo para otras actividades, como aumentar la capacidad al aire libre de restaurantes o generar infraestructura especializada para la micromovilidad.

En caso que los automóviles del servicio de carsharing sean eléctricos, también permiten acercar esta tecnología a un costo mucho menor que mediante la compra (Nicholas & Bernard, 2021). Más generalmente, permiten acceder a un automóvil a un número mayor de personas sin el costo de adquirirlo, particularmente para personas u hogares que no son propietarias de un auto, dándoles acceso a bienes o servicios lo requieran.

En el contexto de MaaS, el carsharing es un componente esencial para responder a los viajes que necesitan la flexibilidad, espacio de carga o velocidad de un automóvil, por lo que se puede pensar que en un contexto de MaaS, el carsharing no es competidor sino que complementa otros servicios de movilidad de la ciudad. Está probado que el carsharing reduce los VKT¹ de los autos privados, por lo que en sí mismos reducen las emisiones por esa vía.

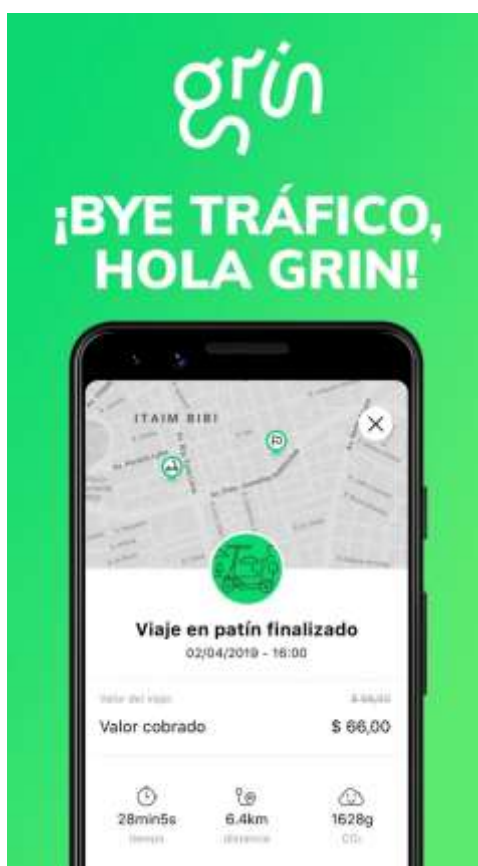


Figura 2 – Publicidad del proveedor de movilidad en monopatines eléctricos grin, mostrando CO₂ evitado del viaje. Fuente: grin.

La habilitación de servicios mediante tecnologías digitales les implicó muchas veces operar en un vacío regulatorio. Uno de los primeros ejemplos de esto fue el ridehailing, dentro del cual el más conocido es Uber: su tecnología mejoraba notoriamente la experiencia de usuario respecto al taxi y a la vez permitía proveer el servicio conectando directamente conductores con pasajeros, saltándose las regulaciones vigentes para el taxi. También aquí surgieron los casos de mayor crecimiento de carsharing: una nueva forma de alquilar autos por medio de una app, simplificando la experiencia de usuario tanto para obtener el auto como para devolverlo, permitiendo

¹ Kilómetros-vehículo viajados, una medida de intensidad de uso del automóvil.

fraccionar en forma mucho más granular el tiempo de alquiler y ahorrando tiempos muertos en el proceso de entrega y devolución del vehículo.

Otros casos muy paradigmáticos de ese período de innovación empresarial en movilidad urbana fueron los de monopatines compartidos: usando el modelo Uber de simplemente comenzar a operar aunque no existiera la regulación, muchas ciudades del mundo se vieron invadidas por estos vehículos de un día al siguiente.

Estos nuevos negocios resaltan la oportunidad que veían las empresas: las personas no estaban felices con las alternativas de movilidad urbana que existían en ese momento, y se avizoraba un enorme mercado de movilidad urbana sin explotar para el cual la tecnología (tanto del lado del consumidor como del servicio) y muchas veces, los vehículos compartidos, podrían dar una respuesta a estas necesidades no satisfechas de las personas. Algunos de estos negocios, como las bicicletas o monopatines compartidos, prometían además una alternativa de movilidad verde o sostenible.

Luego del ajuste que muchas de estas empresas sufrieron en 2019, el crecimiento parece haber vuelto alimentado por nuevas tendencias de consumo post pandemia, aunque con ajustes en los modelos de negocios. Los primeros modelos de monopatines eléctricos que inundaron ciudades de todo el mundo eran básicamente vehículos para consumidores apenas adaptados a su uso compartido (Schellong, Sadek, Schaetzberger, & Barrack, 2019), los cuales mostraban poca durabilidad. Los modelos de vehículos fueron mejorando hasta la actualidad, y las empresas de micromovilidad compartida están nuevamente en un boom de crecimiento similar al de las empresas de autos eléctricos, muchas veces de forma exuberante a través de fusiones inversas a través de SPACs (Hawkins, Bird and Spin release new electric vehicles amid pressure to catch up to Lime, 2021).

Los resultados financieros de las empresas están siendo cada vez más equiparados por otros resultados asociados al ambiente, la sociedad y la gobernanza (ESG por sus siglas en inglés) dentro de la evaluación de la performance de las empresas. Esto es así porque tanto los consumidores (Deloitte) como los inversores (Nielsen Global Study, 2015) lo demandan cada vez más. Pero la evaluación ESG no es equivalente a inversiones de impacto: las estrategias de inversión ESG son formas sostenibles de invertir considerando el ambiente, la sociedad y la gobernanza de recursos naturales y sociales, mientras que las inversiones de impacto están orientadas específicamente a generar impacto positivo social y medioambiental, como también rentabilidad financiera.

Estas inversiones de impacto están creciendo cada vez más velozmente (Mayeda, 2021), alimentadas especialmente por los inversionistas millennials y generación Z inversión (Morgan Stanley Institute for Sustainable Investing, 2017).

Otra tendencia creciente es la de la economía circular, la cual consiste en minimizar lo máximo posible los residuos de procesos productivos y de consumo, manteniéndolos dentro del ciclo productivo y al llegar al final de su uso, encontrar una manera efectiva de volver a usarlos dentro del sistema o reciclarlos (Ellen MacArthur Foundation , 2022). Esta definición de economía circular se entiende claramente cuando se opone al viejo paradigma de la economía lineal, donde se extraen recursos para transformarlos en productos, los cuales son vendidos a consumidores que los desechan al final de su vida útil.

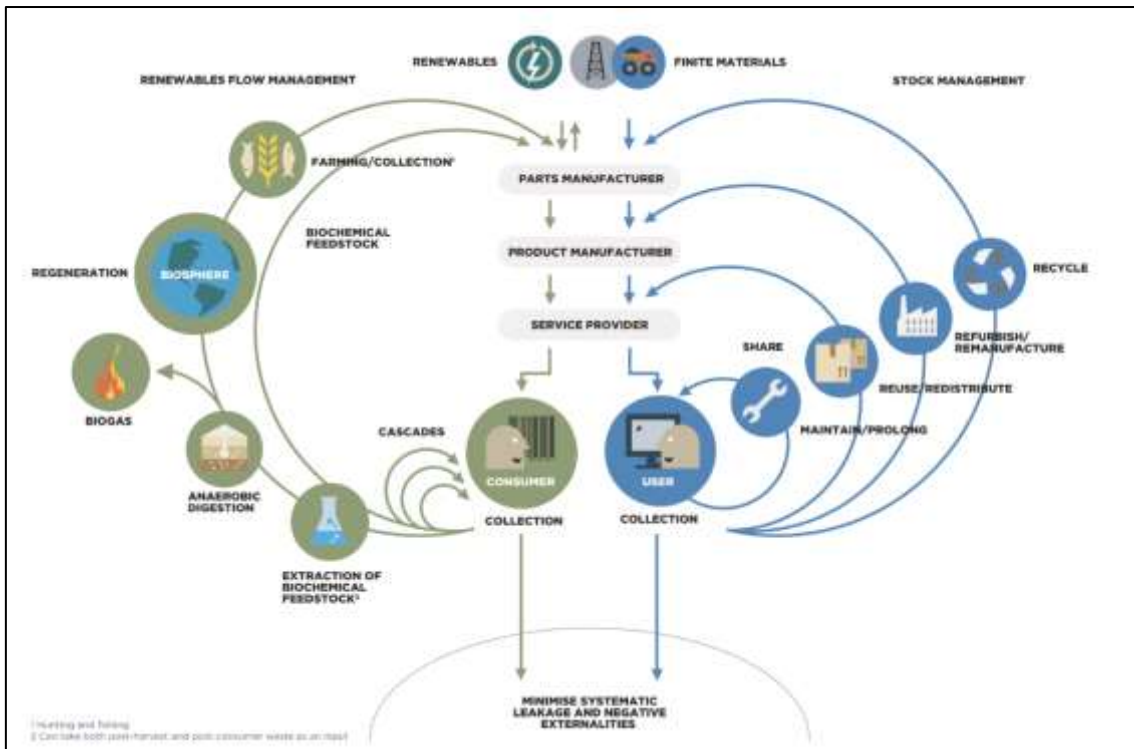


Figura 3 – Diagrama de flujos de materiales renovables y manejo de stocks de bienes bajo el paradigma de la economía circular. Fuente: Ellen MacArthur Foundation, 2022

La MaaS en general y los vehículos compartidos en particular se ajustan especialmente bien al paradigma de la economía circular, ya que permiten minimizar los desechos y maximizar el uso de los bienes producidos. Un ejemplo de este tipo de servicios de economía circular en movilidad es la empresa Swapfiets, la cual provee bicicletas como servicio por suscripción mensual, en lugar de vía ventas. La empresa entrega así a sus suscriptores siempre una bicicleta en buen estado, y la cambia en caso que haya algún desperfecto por otra. Las bicicletas rotas no son desechadas sino que son arregladas y restauradas. Con este modelo, la empresa está alcanzando el 100% de circularidad en su negocio (Swapfiets, 2021)

La MaaS puede prometer entonces una alternativa sostenible y a la vez atractiva, que integre el auto pero reduzca su intensidad de uso. Para eso, el job-to-be-done de la MaaS es resolver el viaje del usuario a cualquier destino, ofreciendo un nivel de integración entre operadores y modos total de forma que planificar, pagar y hacer el viaje entregado por la MaaS sean la alternativa más conveniente y sencilla de usar, y competitiva con el auto particular.

Crecimiento y retos de rentabilidad de proveedores de movilidad

Tanto las empresas de ridesharing como ridehailing han presentado dificultades de rentabilidad desde un principio, aunque la post-pandemia está significando para muchos de ellos superar los números rojos por primera vez, como es el caso de Uber (Bellon & Balu, 2021), o una fuerte expansión en contextos que invitan a su uso, como en el caso de varias empresas de micromovilidad compartida europeas (Hawkins, 2021) y (Browne, 2020).

Algunas estrategias de sostenibilidad de proveedores muestran la necesidad de regulación para que los mercados funcionen. Por ejemplo Spin, la empresa de micromovilidad compartida de Ford, se retiró este año 2022 de todas las ciudades que no limiten la cantidad máxima de empresas entregando el servicio (Peters, 2022). Según la empresa, en mercados donde se limita la competencia entre proveedores, los ingresos por vehículo se duplican. Esto es un claro ejemplo de la necesidad de regulación y cooperación en el mercado de la MaaS para alcanzar masa crítica y rentabilidad.

Otras empresas de micromovilidad también expresan la necesidad de regulación en las ciudades. Fredrik Hjelm, CEO de Voi, dijo: “Ahora entendemos mejor el negocio y lo que es más importante: colaborar con las ciudades para ganar contratos, eficiencia operacional y economías de cada vehículo” (Browne, 2020).

Las empresas de micromovilidad y movilidad compartida han mostrado un nuevo dinamismo en la pospandemia. Los viejos vehículos para consumidores adaptados al uso compartido han dado paso a vehículos hechos a medida especialmente diseñados para soportar las exigencias del negocio. Durante el último año Bird, Lime, Spin, WeMo y otras han lanzado nuevos modelos, muchas veces con características y modelos de negocios innovadores como el de WeMo con baterías intercambiables², y se han embarcado en planes de expansión ambiciosos. Esto tanto por un repunte en la demanda de sus servicios como también una mayor acogida a ellos por parte de los gobiernos locales, que ven en estos servicios una oportunidad para reducir las externalidades del transporte.

Desde el punto de vista de los modelos de negocios, vemos entonces muchas empresas que han hecho una transición de un modelo B2C a un modelo B2G en primer lugar, aprovechando tanto la necesidad de regulación para el buen funcionamiento del mercado como también el deseo de los gobiernos de mejorar los sistemas de movilidad de las ciudades. Este modelo de negocios está ahora adoptando en ocasiones características B2G2C (Crozet, 2020): dado que las externalidades son un factor clave en los mercados de movilidad, muchos gobiernos están dispuestos a pagar (parte o completamente) servicios de movilidad que las minimicen, como por ejemplo licitando sistemas de bicicletas públicas que luego son entregadas a los consumidores sin costo.

Qué es la MaaS

La MaaS no es un nuevo modo de transporte ni una app, sino un modelo de distribución de servicios de movilidad (ITF, 2021): entregar servicios de transporte centrados en el usuario a través de soluciones digitales que permiten utilizar integradamente los servicios provistos por varios operadores. Dado el foco en el usuario, es importante que la experiencia sea buena y confiable. Es una oferta de movilidad basada en modelos de negocio de entrega “como servicio”, donde se valora más el uso que la propiedad (Jittrapirom, Caiati, Feneri, S. Ebrahimigharehbaghi, & Narayan, 2017).

Esta propuesta de paradigma de movilidad más centrado en el usuario intenta además facilitar un uso más eficiente del espacio y de activos de transporte subutilizados, y al

² <https://www.wemoscooter.com/>

mismo tiempo crear oportunidades de negocios nuevas para las empresas (ITF, 2021), a través de tres características (Hensher, y otros, 2020) y (Veeneman, 2019):

1. Eficiencia temporal: maximización de uso de activos de transporte
2. Eficiencia espacial: minimización de consumo de espacio para entrega del servicio
3. Eficiencia de conexiones: la unión digital y física de distintos servicios de movilidad

La MaaS puede aportar en la creación de rentabilidad en mercados los mercados de movilidad que tienen márgenes escasos y requerimientos altos de capital (ITF, 2021) si logra proveer más valor que solamente la suma de los servicios de movilidad que la componen, si logra más conveniencia para el usuario y a la vez mayor eficiencia sistémica del conjunto de operadores de movilidad urbana.

Para esto, necesita la disponibilidad de servicios de transporte público de alta capacidad y calidad como espina dorsal de un sistema de movilidad que integre distintos operadores y servicios de movilidad, dado que la escala que provee el transporte público permite aumentar la eficiencia y la intensidad de uso de los activos, tanto para el transporte público en sí mismo como también el resto de los operadores de servicios de movilidad (Crozet, Santos, & Coldefy, 2019). También necesita una ciudad adaptada a los nuevos servicios de movilidad (ITF, 2021) y otras acciones que permitan a los usuarios entender los costos reales de las alternativas de movilidad, como cargos por congestión, estacionamientos tarifados y/o tasas asociadas a emisiones.

Para alcanzar sus objetivos, un sistema MaaS debe proveer funciones tanto a los usuarios como a los operadores de servicios de movilidad. La figura 5 muestra estas funciones.

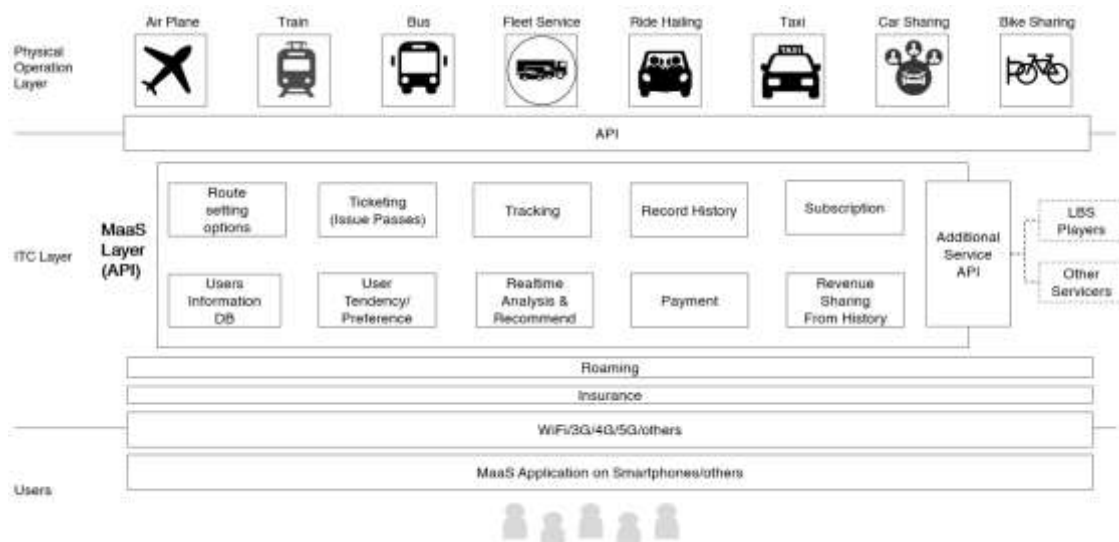


Figura 4 – Diagrama de funciones de una capa MaaS. Fuente: Sony Corporation, 2020

Componentes

La integración de operadores de movilidad es el núcleo de la MaaS, para los cuales es necesaria tanto una integración funcional como también un sistema justo de reparto de los ingresos y costos del sistema entre los operadores. Para eso, los sistemas de MaaS tienen tres grandes componentes:

1. Sistema de información (dentro de la capa digital): permite entregar a los clientes información de distintos operadores y servicios de movilidad en forma integrada (Crozet, Santos, & Coldefy, 2019). Este sistema de información provee datos sobre disponibilidad, capacidad y costo de los servicios (ITF, 2021).
2. Sistema de ticketing y reparto de ingresos (dentro de la capa digital): permite cobrar a los usuarios una suscripción mensual o tarifa única por el viaje que integra varios servicios de movilidad (Crozet, 2020) y a su vez repartir los ingresos del sistema de MaaS entre los operadores (ITF, 2021)
3. Sistema operacional o capa de operación: es la propia operación de los distintos servicios de movilidad (ITF, 2021) disponibles dentro de un ámbito de MaaS.

Desde la perspectiva del servicio para el usuario, el intercambio de toda la información automatizada y en tiempo real respecto a las operaciones de cada operador es crucial para un sistema MaaS: se necesita información de horarios, posición de los vehículos, estaciones y paradas, y de transacciones como ventas de tickets y su validación al usar un servicio dado. Considerando los operadores, el sistema debe permitir identificar a clientes, los viajes que están realizando y sus encadenamientos, comunicar su propia capacidad y disponibilidad y la de otros operadores, y manejar los pagos.

En la movilidad urbana, tanto el espacio público como el tope de emisiones admisibles constituyen recursos comunes escasos, para los cuales los derechos de propiedad están definidos en forma incompleta. Esto implica que actores individuales que maximicen sus beneficios tenderán a sobre explotar estos recursos comunes, el efecto llamado “tragedia de los bienes comunes” (Hardin, 1968)

Para minimizar estos efectos, en los mercados de movilidad existen varios esquemas de incentivos que buscan internalizar las externalidades positivas o negativas que generan los servicios. Por ejemplo el transporte público está fuertemente subsidiado en muchas partes del mundo por entenderse que reduce emisiones y permite el acceso a oportunidades urbanas. En el caso de Montevideo, los subsidios al transporte público alcanzan a cubrir el 50% de los costos del sistema (Intendencia de Montevideo, 2020). Estos subsidios podrían ser repartidos de forma más transparente y justa a las empresas bajo un esquema de MaaS de acuerdo con su aporte a los objetivos de proveer acceso a las personas, reducción de emisiones, congestión, u otros aspectos de la política pública.

Considerando los flujos de información, ingresos y costos que requiere el sistema, resulta claro que se necesita una figura que arbitre ente operadores para lograr un servicio único para el usuario, y que habilite a la vez una cooepetición entre operadores para alcanzar los objetivos individuales y sistémicos. Esta figura se la llama generalmente agregador (Crozet, 2020). La forma que adopta este agregador tiene implicancias para la organización y regulación de los mercados (ITF, 2021). Los

modelos de negocios de los proveedores de servicios de movilidad son más claros y sencillos de entender que el del agregador. Este agregador además podrá definir el esquema de gobernanza de datos dentro del sistema.

El rol del agregador es central para la MaaS, es el que permite entregar el servicio unificado a los usuarios y a la vez permite la integración de los distintos modos y operadores. Este rol puede ser ocupado desde una startup tecnológica como Moovit³ hasta un gobierno, como EMT⁴ en Madrid, y puede ser solamente un backend de coordinación entre operadores, liberando el desarrollo del frontend para consumidores, o puede ser una solución más verticalmente integrada. Las autoridades locales tienen un rol claro en definir el funcionamiento del agregador, aunque un exceso de regulación puede también llevar a enlentecer la innovación y con ella, el valor de la MaaS.

Modelos de organización

Para entender la organización de un sistema de MaaS es necesario un marco que la describa desde el punto de vista de integración funcional por un lado, como desde un punto de vista de modelo de negocios por otro. Los modelos de negocios pueden a su vez facilitar o dificultar aumentar el nivel de integración, el cual es un objetivo primordial para la MaaS dada su propuesta de valor centrada en el usuario al mejorar la facilidad de uso y conveniencia de los distintos servicios de movilidad de la ciudad.

Existen distintos niveles de integración operacional, informacional y transaccional de los servicios de movilidad de una ciudad en una solución MaaS. Para poder definir a un sistema como MaaS, es necesario que alcance por lo menos el nivel 2 de integración (ITF, 2021) de los listados en la tabla 2.

Tabla 2 – Niveles de integración de MaaS. Fuente: Lyons, Hammond, & Mackay, 2019

	Nivel	Nombre	Descripción
Mayor necesidad de esfuerzo cognitivo del usuario	0	Sin integración	No existe la integración operacional, informacional ni transaccional entre modos y operadores
	1	Integración básica	Información integrada entre algunos modos y operadores
	2	Integración limitada	Información integrada entre algunos modos y operadores, e integración de alguna información operacional y/o transaccional
Menor necesidad de esfuerzo cognitivo del usuario	3	Integración parcial	Algunos viajes ofrecen una experiencia completamente integrada

³ <https://moovit.com/es/>

⁴ <https://www.emtmadrid.es>

4	Integración completa bajo algunas condiciones	Se ofrece una experiencia completamente integrada en algunas combinaciones modales y de operadores pero no todas.
5	Integración completa bajo todas las condiciones	Existe integración operacional informacional y transaccional para todos los viajes, en todos los modos y de todos los operadores

Otro nivel de descripción de la MaaS es el de modelos de negocios, los cuales todavía no están completamente descritos o entendidos dados lo dinámicamente que están siendo desarrollados. Esto es una diferencia importante con los modelos de negocios de las empresas operadoras de transporte, los cuales vienen siendo estudiados desde hace muchos años.

La división más general es:

1. B2C: donde las empresas proveen servicios directamente a los consumidores. Este modelo tiene la ventaja de potencialmente responder muy rápido a las exigencias y necesidades de los clientes. Como contrapartida, desde el punto de vista sistémico, puede generar exclusión de operadores, limitando la competencia y la entrada al mercado cuando existe una sola empresa muy dominante.
2. B2B: particularmente para necesidades específicas de movilidad de empresas, son soluciones muchas veces a medida.
3. B2G: algunas empresas de MaaS encontraron viabilidad en este modelo frente a la dificultad de integrar mercados de movilidad altamente fragmentados.
4. B2G2C: en este modelo las empresas, cuya especialización es en tecnología, proveen sus servicios a gobiernos bajo una marca blanca, los cuales a su vez entregan el servicio a los usuarios con su marca propia. Este modelo se apoya en la falta de capacidades, especialmente tecnológicas, que tienen muchos gobiernos.

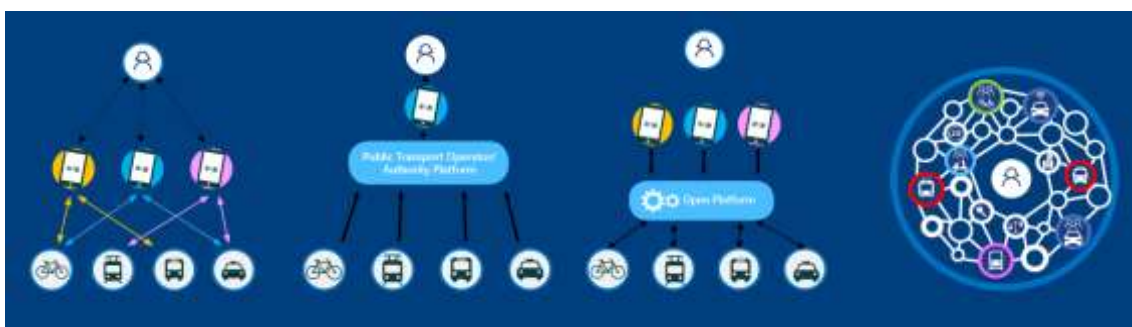


Figura 5 – Modelos de organización de MaaS. Fuente: ITF, 2021

Los niveles de integración y modelos de negocios describen el marco de funcionamiento de la MaaS, pero no su ecosistema de funcionamiento interno para ofrecer la propuesta de valor de integración. Éstos se pueden resumir en 4 modelos estilizados de MaaS (ITF, 2021):

1. Servicios cerrados e integrados verticalmente (jardines amurados). En este modelo una empresa mantiene el control tanto de la app de usuario como del backend de gestión de viajes, la cual va integrando alternativas de modos de viaje operados por la propia empresa o por terceros. Este es el modelo que está siguiendo Uber al ofrecer cada vez más servicios propios, pero también asociándose con terceros en varios mercados para ofrecer más alternativas, llegando a integrar el transporte público en algunas ciudades. La capacidad de las autoridades de la ciudad de inducir a los usuarios a alternativas más sostenibles puede verse limitada en este modelo, dificultando su alineamiento con los objetivos de las políticas públicas (Mulley & Nelson, 2020).
2. Agregadores MaaS públicos, generalmente operados por empresas de transporte público o autoridades de movilidad de las ciudades. Requiere redes de transporte público fuertes y fuertemente coordinadas a su interior, lo cual puede no existir. Muchos sistemas de transporte público, especialmente en América Latina, son operados por numerosas pequeñas empresas que no tienen una coordinación sistémica lo suficientemente integrada como para ofrecer un servicio de MaaS de calidad suficiente para ser atractivo para los usuarios. Este modelo puede generar además problemas de confianza entre el resto de los operadores de verse desfavorecidos frente al transporte público (ITF, 2021). El desarrollo de la tecnología es muchas veces tercerizado, manteniendo el agregador público el control sobre la entrada al sistema MaaS y sus condiciones de funcionamiento, especialmente porque las autoridades no están especializadas en desarrollo de software u otras capacidades relacionadas con entregar un producto digital, limitando muchas veces su atractivo para usuarios y escalabilidad a otras ciudades del mundo (EMTA, 2019)
3. Infraestructura backend abierta y regulada públicamente que sirva a todo el ecosistema MaaS. Bajo este modelo pueden coexistir varias apps de MaaS de cara al usuario que usen un backend común regulado por una autoridad separada de la que regula y fiscaliza el transporte. Esta infraestructura abierta se concibe como un servicio público accesible a todos los operadores.
4. Un ecosistema sin plataforma única basado en clearing instantáneo y directo de transacciones usando tecnología distributed ledger (DLT). Este es el modelo menos explorado hasta el momento (ITF, 2021) y es similar al modelo de infraestructura backend abierta, pero en lugar de estar regulada y centralizada por una entidad, usa las tecnologías de contratos inteligentes y distributed ledger para procesar transacciones. Este modelo podría ofrecer las ventajas de los modelos de agregadores públicos e infraestructura backend abierta, especialmente en cuanto a la consolidación de la MaaS y alcance de masa crítica, pero sin los potenciales problemas de confianza o limitantes tecnológicas.

Dilemas regulatorios

La neutralidad (y su credibilidad) de la plataforma MaaS es crucial para que los operadores que participan en ella mantengan esa participación. Dado que la plataforma puede llegar a ofrecer distintas alternativas y combinaciones de proveedores para un mismo viaje, podría ser sencillo para la plataforma MaaS empujar

al usuario a seleccionar alternativas sesgadas por criterios distintos a los de entregar el mejor servicio para el usuario o los objetivos de interés público.

Es crucial entonces el criterio de selección modos y operadores para cada viaje: podría haber sesgos hacia elegir las combinaciones más rentables, las cuales muchas veces podrían reducir ingresos del sistema de transporte público. El desafío es alinear objetivos de maximización de ingresos de empresas con objetivos de políticas públicas.

Muchas autoridades de transporte de ciudades ven en la MaaS otra responsabilidad a asumir. La pregunta para un regulador es entonces si tiene más sentido desarrollar su propio servicio de MaaS o si es mejor desarrollar una plataforma de datos y gobernanza que permita a los privados innovar. Dado que son los mercados quienes permiten multiplicar la innovación y minimizar costos, los reguladores deberían tender hacia el segundo modelo, entendiendo que la provisión de MaaS es distinta a la provisión de, por ejemplo, un servicio de transporte público, al ser un modelo de distribución de servicios de movilidad y no un servicio de movilidad en sí mismo.

La regulación de ecosistemas MaaS necesita un apoyo generalizado en el marco de las políticas urbanas, e involucra específicamente dos componentes (ITF, 2021):

1. Regulación de servicios y operadores de movilidad (conocido por los reguladores)
2. Regulación de plataformas digitales y agregadores de MaaS (generalmente muy desconocido por reguladores)

Un ecosistema MaaS necesita la disponibilidad de datos e interoperabilidad de sistemas para ser funcional. Como mínimo, la infraestructura de datos de un sistema MaaS tiene que permitir (MaaS Alliance, 2018):

1. Manejo de cuentas de usuario, incluyendo validación de información personal necesaria para reservar viajes, como por ejemplo referida a permisos de conducir.
2. Routeo óptimo considerando condiciones de ocupación de vehículos y tránsito, interrupciones de servicio y requisitos de accesibilidad
3. Entrega de información al usuario integrada de servicios a usar para satisfacer la necesidad de movilidad concreta de cada momento.
4. Reserva de viajes, asientos o vehículos.
5. Disponibilidad de vehículos o viajes: incluyendo localización, números de matrícula, autonomía disponible, etc.
6. Pago de viajes
7. Desbloqueo de vehículos.
8. Emisión de tickets (por ejemplo para el transporte público)
9. Otras informaciones críticas en el tiempo durante la planificación y el viaje.

Es claro que mucha de esta información es de carácter personal y debe ser manejada cuidadosamente. Pero además, mucha de esta información puede ser usada desde una perspectiva de negocios para aumentar ventas, a veces a costa de otros operadores de la plataforma de MaaS. Estos dos aspectos implican que definir claramente una gobernanza de datos detrás de un sistema MaaS que sea justa es crítico tanto para que los operadores como los usuarios permanezcan dentro del sistema

Gobernanza de datos, soberanía de datos y privacidad

En el contexto de la Economía, se puede definir gobernanza como el uso de instituciones, estructuras de autoridad y colaboración para asignar recursos y coordinar el esfuerzo y actividad de una sociedad o en la economía en su conjunto (UNESCO).

Los primeros intentos (llamados Smart cities 1.0) de usar big data para convertir a las ciudades en inteligentes tuvieron como centro a las grandes empresas tecnológicas, las cuales implementaron “sistemas operativos ciudad” desde los que se intentaba manejar la ciudad centralizadamente y tomar decisiones motivadas por datos (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022). Luego de algunos intentos fallidos, esta aproximación top-down, “tech-first” fue cada vez más cuestionada por urbanistas y tecnólogos (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022).

Existe un vínculo cada vez más estrecho entre el espacio físico y el espacio digital. Esto se evidencia por ejemplo en la escasez de vivienda que genera en muchas ciudades Airbnb⁵, poniendo de relieve la importancia de mantener un acceso más democrático y menos centralizado a los datos en las ciudades.

Un antecedente importante en este sentido es el de Barcelona y el desarrollo del concepto de “datos comunales”, que exploró el valor de los datos para beneficios colectivos y compartidos a través de software encriptado y privado-por-diseño (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022). Las licitaciones, concesiones, licencias y otros mecanismos que usan las ciudades para obtener o permitir el desarrollo de servicios son una oportunidad para apalancar este concepto si logran establecer principios de soberanía de datos y su acceso democrático. En el citado ejemplo de Barcelona, los permisos para operar servicios de telefonía, movilidad compartida y otros incluyeron cláusulas que obligan a las empresas a compartir datos anónimos con el gobierno local (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022). Este antecedente es importante para pensar los requisitos que se le pueden pedir a los operadores de servicios de movilidad para incorporarse al ecosistema MaaS de una ciudad.

La gobernanza es entonces un aspecto clave para desarrollar la MaaS dada la necesidad de coopección y la interacción entre distintos operadores de movilidad para proveer servicios, todo esto con el telón de fondo de las autoridades persiguiendo resultados de política pública. Es interesante entonces preguntarse si existe un aporte tecnológico a este problema, y especialmente si incorporar protocolos o aplicaciones descentralizadas podría ser parte de la solución.

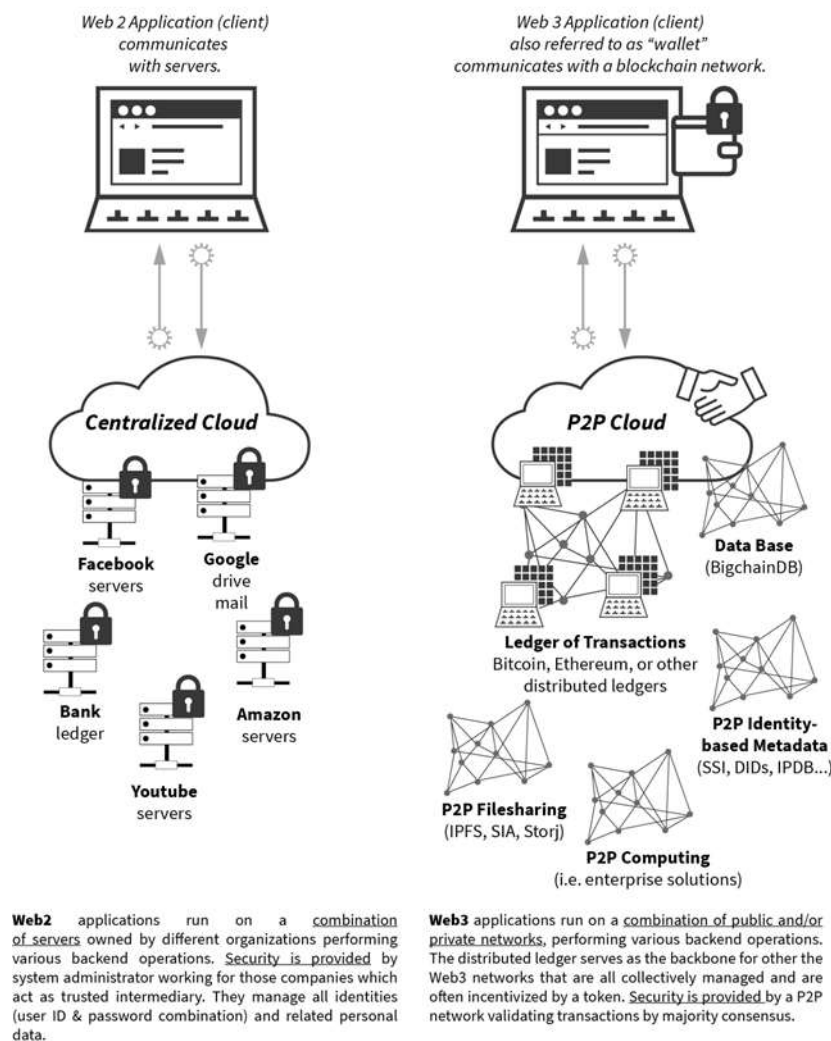
Las aplicaciones descentralizadas cambian el concepto tradicional de gobernanza dado que la confianza de sus participantes en la estructura surge solamente por estar apoyados en la tecnología (Marke, 2018), y no a través de estructuras de gobernanza tradicionales como definido anteriormente. En la siguiente sección se explorará esta posibilidad.

⁵ <https://es.airbnb.com/>

Investigación de cambio y análisis de casos

explorada Los protocolos o aplicaciones descentralizadas, muchas veces englobadas bajo el término Web3, están siendo cada vez más exploradas como una alternativa para solucionar problemas de coordinación, verificación e intercambio de valor entre agentes que no se conocen y sin intermediarios, no sólo en cuanto a intercambio de activos monetarios (como Bitcoin) sino también para solucionar los problemas a los que se enfrentan actualmente las finanzas climáticas. Sus ventajas parecen estar bien alineadas también con las necesidades de un mercado MaaS, por lo que en esta sección explorará esta posibilidad.

Web2 Applications vs. Web3 Applications



Token Economy, Copyright 2020, Shermin Voshmgir: Creative Commons - CC BY-NC-SA
Rights to distribute, remix, adapt, and build upon the material for noncommercial purposes only, and only so long as attribution is given to the creator.

Figura 6 – Diferencias entre una aplicación web2 y una web3 o aplicación descentralizada. Fuente: Voshmgir, 2020

Qué son las aplicaciones descentralizadas

En su definición más sencilla, la tecnología blockchain⁶ es una máquina de estado de consenso descentralizada, donde las transacciones generan transiciones globales de estados (Antonopoulos & Wood, 2018) registradas en todos los componentes de la red. De esta forma, permite registrar (mediante mecanismos de consenso) cualquier cosa de valor, desde transacciones físicas a créditos de carbono (Marke, 2018), en la red descentralizada. Cuando estas redes descentralizadas pueden también ejecutar código y cuentan con por lo menos un frontend web, se las llama entonces aplicaciones descentralizadas (Antonopoulos & Wood, 2018). Una serie de características intrínsecas a las aplicaciones descentralizadas permiten superar dificultades de las bases de datos tradicionales sin tener que recurrir a una autoridad central de confianza, y a la vez hacerla resistente a intentos de manipulación o ataques (Marke, 2018):

1. Tecnología Distributed Ledger⁷ (DLT): una base de datos alojada en una red de computadoras descentralizadas y que no pertenecen a una única organización o autoridad, las cuales se mantienen sincronizadas para actualizar y proteger la base de datos usando mecanismos de consenso.
2. Los mecanismos de consenso son algoritmos que permiten determinar qué transacciones son legítimas de acuerdo a la mayoría de los integrantes, estableciendo copias “limpias” y las reglas por las cuales los datos son guardados en la base de datos.
3. Inmutabilidad: lo que se guarda en un bloque queda fijo en su lugar en forma permanente y no podrá luego ser cambiado o eliminado.
4. Smart contracts: son reglas que se pueden programar en la aplicación descentralizada para automatizar transacciones cuando se cumplen condiciones dadas, aumentando la eficiencia, precisión y autonomía de las transacciones.

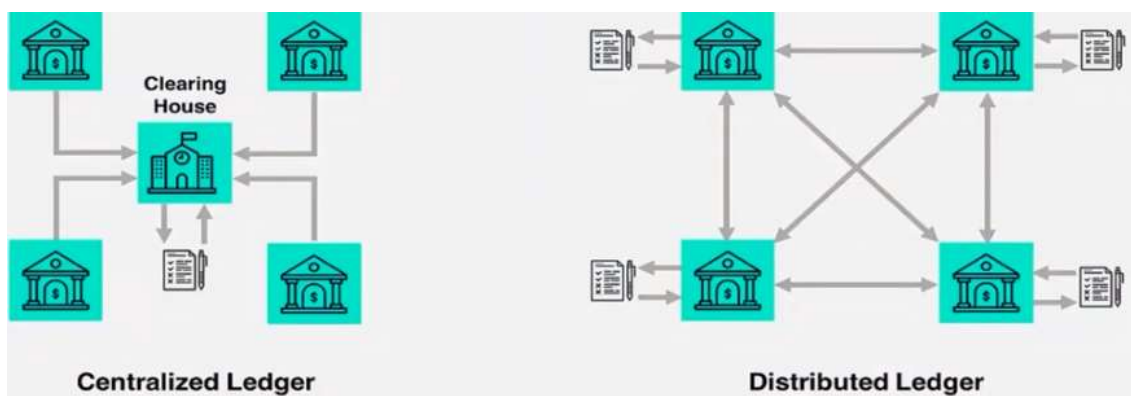


Figura 7 – Representación de un Ledger centralizado controlado por una autoridad de clearing (base de datos de transacciones tradicional) y un Ledger distribuido. Fuente: Marke, 2018.

⁶ Más precisamente, una blockchain es un tipo específico de Distributed Ledger que organiza la información en forma de bloques (Voshmgir, 2020).

⁷ Tecnología de registro de transacciones distribuida (traducción propia)

Así, se define a las aplicaciones descentralizadas como proveedoras de una capa de estado universal⁸ manejada por todos los participantes de la red (Voshmgir, 2020), permitiéndoles establecer relaciones de confianza sin tener que conocerse y sin un intermediario de confianza entre ellos. En este contexto, *estado* se refiere a información de identificación de los participantes de la red, qué le pertenece a cada uno y qué derechos tienen cada uno de ellos.

Esto permite la transferencia de valores entre ellos y sin intermediarios dentro de la red, los cuales están representados por tokens asegurados criptográficamente, permitiendo beneficios específicos (Marke, 2018):

1. Transparencia: todas las partes interesadas pueden monitorear los procesos
2. Accountability: dado que todas las partes pueden ver los registros y todos son verificables, es sencillo monitorear cumplimiento (o no) de compromisos
3. Eficiencia: pagos automáticos y sin intervención de una autoridad central a partes relevantes cuando se completa un trabajo, reduciendo costos de transacción
4. Integración de partes interesadas: permite a todas las partes pueden cumplir sus roles en una cadena de valor

Un buen uso para las aplicaciones descentralizadas es registrar las transferencias de cualquier cosa de valor, ya que ofrece arquitecturas de “tokens” (unidades de valor) que permiten emitir tokens (o monedas). Estos tokens pueden ser representaciones digitales de activos que pueden ser intercambiados en forma segura dentro de la aplicación descentralizada.

Existen varios tipos de protocolos o aplicaciones descentralizadas, algunas de las cuales son públicas y abiertas para que cualquier persona las pueda ver y acceder, mientras que otras son cerradas a un grupo dado de usuarios.

Las aplicaciones descentralizadas ofrecen entonces una interacción peer-to-peer en tiempo real que puede revolucionar la forma en la que grandes grupos de partes interesadas pueden acceder, verificar e intercambiar información y valores los unos con los otros, reduciendo costos de transacción y a la vez proveyendo transparencia. La aplicación descentralizada hace el trabajo de generar confianza entre sus integrantes aunque ni siquiera se conozcan (Voshmgir, 2020), ya que provee métodos para monitorear, reportar y verificar los datos de transacciones en tiempo real y sin intermediarios. Estas características se ajustan especialmente bien a los mercados y gobernanza climáticos (Marke, 2018).

Los conceptos clave que utilizaremos son (Marke, 2018):

1. Descentralizado: una red peer-to-peer conectando a los participantes y comunicando tanto transacciones como bloques de transacciones verificadas. El Ledger se mantiene igual en todas las computadoras de la red, y no sólo en el de la autoridad (como es el caso de un Ledger convencional).
2. Criptografía: los bloques de transacciones verificadas están asegurados por criptografía, permitiendo así garantizar la seguridad del registro sin tener que confiar en un intermediario tercero.
3. Inmutabilidad: la confianza de todas las partes se genera en base a ver el registro permanente e historial de todos los datos, no sólo el estado actual. En una aplicación descentralizada, las únicas operaciones que se permiten son

⁸ O base de datos.

- leer y escribir, pero no actualizar datos o eliminarlos. Esto implica que la base de datos crece en tamaño a medida que se acumulan transacciones.
4. Mecanismo de consenso: descentraliza el control de la aplicación al forzar a todos los participantes a cooperar en hacer valer las reglas del consenso. Permite a los participantes validar la legitimidad de una transacción y acordar el registro de datos en un ledger. Este mecanismo protege al DLT de intentos de modificación de datos no legítimos.
 5. Smart contracts: introducen transacciones automatizadas en base a acuerdos escritos en código. Sirven para generar reglas automáticas en la aplicación descentralizada que son de acceso público en el ledger, permitiendo por ejemplo monitorear y entender la actividad de mercado dentro de un DLT manteniendo a la vez la privacidad de los actores. Mejoran la calidad de los mercados, reduciendo costos de transacción y aumentando su velocidad. Son especialmente útiles para aplicaciones de cambio climático dado que reducen los costos de MRV⁹ de los compromisos climáticos.
 6. Tokens y *tokenización*: son representaciones de un conjunto de reglas establecidas en un Smart contract. Es esencialmente un activo digital almacenado en forma segura dentro de la aplicación descentralizada, que puede representar un servicio, créditos de uso o activo. Los tokens más conocidos son las criptomonedas como bitcoin, pero podrían ser cualquier cosa como votos, licencias o certificados de propiedad

Para alcanzar a ser una aplicación descentralizada propiamente dicha, se le debe agregar a los smart contracts por lo menos una interface frontend web. En forma más general, una aplicación descentralizada es una aplicación web construida sobre servicios de infraestructura peer-to-peer abiertos y descentralizados (Antonopoulos & Wood, 2018), por lo que muchas aplicaciones descentralizadas incluyen componentes como un protocolo y plataforma peer-to-peer de almacenamiento y de mensajería.

Tabla 3 – Algunos ejemplos de usos para cada tipo de aplicación. Basado en Marke, 2018

Pública y cerrada	Pública y abierta
<ul style="list-style-type: none"> • Votar • Registros de votos 	<ul style="list-style-type: none"> • Criptomonedas • Apuestas y juegos de azar
Privadas y cerradas	Privadas y abiertas
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción • Defensa nacional • Justicia • Declaraciones de impuestos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadenas de suministro • Registros contables del gobierno • Estados de situación y de resultados de empresas • ¿MaaS?

Las aplicaciones descentralizadas se pueden clasificar según quién tiene derecho a leer o escribir en el ledger: en las públicas, cualquier integrante puede escribir un registro, mientras que en las privadas, sólo ciertos integrantes tienen el derecho a hacerlo. También pueden ser abiertas, en el sentido que cualquier integrante puede leer datos, o cerradas, donde sólo ciertos integrantes pueden leer datos.

En el contexto de la MaaS, se puede pensar que se hace necesario regular la entrada a escribir al sistema, especialmente por parte de operadores de servicios de movilidad

⁹ Medida, reporte y verificación.

y las posibles regulaciones locales que impliquen, por lo que una aplicación descentralizada aplicada a MaaS probablemente sea privada. A su vez, y controlando qué datos son los abiertos, una plataforma cualquier integrante pueda ver los servicios que se ofrecen y generan podría aportar valor al desarrollo del negocio, especialmente para la toma de decisiones data-driven, por lo que podría pensarse que fuera además abierta, al menos para los datos no confidenciales.

Ejemplos actuales de aplicación en ciudades

El proyecto DECODE (Decode Project, 2019), realizado entre 2017 y 2019, es un antecedente del uso de tecnología DLT muy interesante en el ámbito de sistemas de intercambio y bases de datos en ciudades. Desarrollado bajo el paradigma de los datos comunales, se diferencia del concepto de datos abiertos en el sentido que en el segundo, las autoridades retienen el control de acceso y uso de los datos, mientras que en el primero, son los miembros de la comunidad de datos comunales quienes controlan su acceso y uso (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022). El uso de tecnología DLT permitió reconciliar el aumento del intercambio y compartido de datos con incrementar el control en la forma que las partes comparten sus datos.

Un piloto de este proyecto permitió a las personas interactuar de forma anónima en una plataforma online de toma de decisiones de la ciudad (Decidim¹⁰), pero también compartiendo datos anonimizados sobre edad, ocupación, barrio y otros. Otro piloto relevante para este estudio permitió compartir e incorporar a una base de datos común los datos provistos por dispositivos de Internet of Things para medir datos de polución o ruido de forma altamente granular (Decode Project, 2019). El piloto desarrolló Smart contracts para permitir a los usuarios decidir con quién compartían los datos y a qué nivel de detalle, creando oportunidades de negocios y de políticas públicas en base a datos pero levantando preocupaciones sobre privacidad o confianza que podrían evitar que esos datos fueran compartidos en primer lugar (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022). Esta experiencia está siendo tomada como un antecedente de para el uso de tecnologías DLT como motor de la creación de ecosistemas empresariales y nuevos mercados a nivel de la Unión Europea (EU, 2020).

Otra aplicación de la tecnología pero orientada a generar un mercado peer-to-peer es el de la microred de energía eléctrica de Brooklyn¹¹. Se define como un mercado de energía solar generada localmente, permitiendo a consumidores-productores (o prosumidores) comprar y vender entre ellos energía eléctrica limpia generada localmente (Brooklyn Microgrid, 2022).

Durante 2019 el Ministerio de Infraestructura y Manejo de Agua de Países Bajos lideró la iniciativa “Blockchain Challenge Program”, que tuvo como objetivo aprender a través del pilotaje de soluciones de MaaS basadas en Blockchain, teniendo en cuenta que es una tecnología con potencial disruptivo para la operación exitosa de ecosistemas MaaS (Ministry of Infrastructure and Water Management, 2019). El piloto obtuvo una aplicación provista por Sony Corporation que cumplió con los requisitos de tiempo y volumen de transacciones establecidas por el Ministerio (Sony Corporation, 2020), y

¹⁰ <https://decidim.org/>

¹¹ <https://www.brooklyn.energy/>

que cubrió las funciones de cobro de suscripción al servicio, reparto de ingresos entre operadores de movilidad e historial de viajes.

El piloto de Sony concluyó que (Sony Corporation, 2020):

1. La tecnología blockchain es apta a su implementación para intercambiar registros de transacciones entre entidades de forma segura y confiable, potencialmente mejorando la coordinación entre integrantes de un ecosistema MaaS
2. Las autoridades, ciudades y proveedores de servicios de movilidad pueden monitorear y analizar registros de viajes para mejorar operaciones de una forma data-driven.
3. Todavía quedan aspectos de gobernanza por resolver para la MaaS que tienen que ver con reglas de negocios para los cuales la blockchain no es una solución, ya que se refieren más a decisiones políticas y criterios de diseño del sistema.

Existen además implementaciones de aplicaciones o protocolos descentralizados para MaaS que están más cercanas a un nivel de producción. Una de ellas es el TSio Protocol, de la organización sin fines de lucro TravelSpirit¹². Se concibe como una infraestructura de cuentas de movilidad B2B2C descentralizada, completamente interoperable y comercialmente agnóstica para personas, espacios y flotas (TravelSpirit, 2022). Se concentra en procesamiento y reparto de pagos de servicios de movilidad, conectando las tecnologías cerradas existentes de ticketing de empresas de transporte público y proveyendo infraestructura de cobro para otras empresas de movilidad.

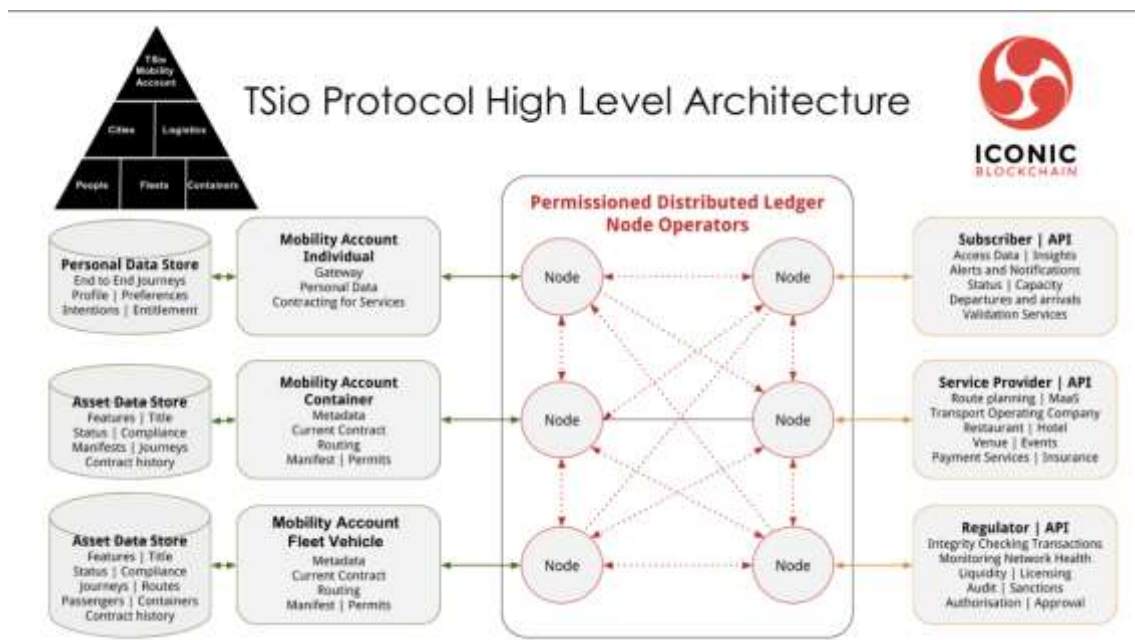


Figura 8 – Funcionamiento de TSio Protocol de TravelSpirit. Fuente: TravelSpirit, 2022

El objetivo del TSio Protocol es proveer una infraestructura global para Sistemas de Transporte Inteligentes que pueda ser adoptada orgánicamente en lugar de a través de licitaciones centralizadas (TravelSpirit, 2022). La fundación no menciona casos de implementación del TSio Protocol, y la página parece no haber tenido actualizaciones

¹² <https://travelspirit.io/>

desde fines de 2020, por lo que no parecería haber indicadores de éxito para este producto específico.

Otro producto más orientado al aprovechamiento de activos de movilidad a través de la economía compartida, integración de transporte multimodal e impulso de nuevos modelos de inversión en la movilidad (EY, 2019) es EY OpsChain Tesseract. Esta plataforma tiene como aspecto central permitir comercializar como servicio activos de movilidad como vehículos autónomos, ómnibus compartidos, infraestructura de carga y vehículos comerciales por un lado, y financiar la inversión en vehículos a través de crowdfunding¹³.

Una alternativa pensada como solución para usuarios, proveedores y backend basado en una aplicación descentralizada son los productos de la empresa Iomob¹⁴. Se presenta como un mercado de movilidad unificado por un lado y un planificador de viajes intermodal que integra el auto propio para segmentos del viaje (Iomob, 2022). Es similar a Transit Protocol¹⁵, definido como un protocolo de transporte multimodal en descentralizado para agregar distintos servicios de movilidad en una sola plataforma (Transit Protocol, 2022). Su producto provee un backend basado en blockchain con un frontend de planificación de viajes para la integración de distintos operadores de servicios de movilidad, contando con una app para usuarios y una plataforma de publicidad. En los hechos está enfocado en empresas de transporte público en China y la provisión de tecnologías para cobros sin contacto (Catalao, 2020).

Como se puede observar, la implementación de mercados de MaaS a través de aplicaciones descentralizadas es todavía incipiente. Varias soluciones están orientadas a usos específicos o la provisión de tecnologías para usuarios finales y operadores de servicios de movilidad. Esto pone de relieve la necesidad de los usuarios de contar con soluciones amigables y sencillas de usar por un lado, y la necesidad de varios operadores de servicios de movilidad (especialmente los más tradicionales, como el transporte público) de mejorar la gestión de su servicio a través de la tecnología. Los únicos ejemplos de mercados de MaaS (en mayor o menor medida) integrados a través de una aplicación descentralizada parecerían ser las soluciones de Iomob, aunque la información técnica disponible sobre la implementación es muy escasa.

Para qué componentes de la MaaS puede aportar

Uno de los factores principales de resistencia a integrarse a servicios de MaaS por parte de proveedores está relacionada con la gobernanza de datos, gobernanza de pagos y extracción de ganancias por parte de los agregadores (Goodall, Fishman, Bornstein, & Bonthron, 2017). Una respuesta del tipo Web2 para esto ha sido el establecimiento de agregadores Estatales como registro central y clearing de pagos del sistema.

El uso de una aplicación descentralizada como agregador permite generar “bolsas” de datos o data exchanges, donde los datos se pueden compartir en forma segura, dando

¹³ Obtener fondos de una gran cantidad de personas para un proyecto de inversión, generalmente a través de internet.

¹⁴ <https://www.iomob.net>

¹⁵ <https://www.transitprotocol.com/>

lugar al concepto de “shared data” como sucesor natural de la “big data” (Parra-Moyano, Schmedders, & Pentland, 2020). Esta shared data, al poder compartirse en forma segura y en términos claros, elimina el incentivo para generar ganancias a partir de excluir de los datos a sus participantes (Voshmgir, 2020). Así personas, proveedores de servicios de movilidad y proveedores de frontends de MaaS podrían interactuar validando viajes y realizando pagos unificados por viaje (en lugar de por servicio usado de cada proveedor) en un mercado transparente y descentralizado a través de un data exchange.

Las aplicaciones descentralizadas a su vez son máquinas de gobernanza independientes de cualquier individuo, empresa o gobierno, proveyendo una capa de gobernanza para la internet (Voshmgir, 2020) y, en este caso, para el sistema de MaaS. Considerando la naturaleza inherente a una plataforma de MaaS de ser un espacio de intercambio de datos, un data exchange de MaaS permitiría el análisis de datos dentro del exchange respetando la propiedad de los datos de cada agente y a su vez, permitiendo el almacenamiento de los datos dentro de la aplicación descentralizada pero garantizando sus derechos de propiedad a sus propietarios, sin que para eso tengan que almacenarlos en un silo aislado (Parra-Moyano, Schmedders, & Pentland, 2020).

Según (MaaS Alliance, 2021), las características y gobernanza que debe tener un mercado de MaaS para que funcione correctamente deben ser, como mínimo:

1. Disponibilidad de datos generalizada
 - a. Acceso a datos precisos y de alta calidad para asegurar una competencia justa
 - b. Existencia de conjuntos de datos y protocolos estandarizados
 - c. Encares “abierto por defecto” y “interoperable desde el diseño”
 - d. Reciprocidad de datos e incentivos a su intercambio
2. Facilidad de entrada y salida del mercado
 - a. Acceso al mercado de nuevos servicios de movilidad
 - b. Acceso a la integración y reventa de servicios
 - c. Sistemas de subsidios, incentivos e impuestos que no sean discriminatorios y estén plenamente alineados con los objetivos de política pública
 - d. Habilidad de cambiar de proveedores de servicios (portabilidad de datos personales y no personales)
 - e. Inclusividad de servicios y modos
3. Existencia de oportunidades de negocios
 - a. Buy-in de usuarios y disponibilidad a pagar
 - b. Incentivos a la innovación
 - c. Viabilidad comercial
 - d. Marco de político que de un soporte completo
 - e. Disponibilidad de fondos para inversiones
4. Asociaciones que agregan valor
 - a. Confianza y equidad entre agentes del mercado
 - b. Balance de roles y responsabilidades
5. Ausencia de prácticas anticompetitivas y abusos de dominio de mercados
 - a. Competición entre agregadores / plataformas
 - b. Sin porteros que restrinjan el acceso a capas de datos, servicio o integración
 - c. Roaming entre servicios y ecosistemas locales

6. Alcance de los objetivos de interés público
 - a. Inclusividad
 - b. Asequibilidad
 - c. Equidad
 - d. Reducción de emisiones
 - e. Reducción de contaminación
 - f. Reducción de congestión
 - g. Reducción de siniestralidad

Para entender estas características mínimas y dónde se desarrollan, es útil pensar que existen dos capas en un sistema MaaS:

1. La capa virtual es la conexión segura entre consumidores y proveedores de movilidad (y entre proveedores también) por donde pasa toda la información. Provee acceso regulado para todos los participantes al mercado y permite comprar y vender servicios de movilidad, con sus respectivas transacciones asociadas
2. La capa física es la provisión misma de los servicios de movilidad una vez que la transacción se completa en la capa virtual, e incluye las flotas de vehículos y su operación.

Un factor esencial para el éxito de la MaaS es lograr que todos los jugadores trabajen en conjunto (Goodall, Fishman, Bornstein, & Bonthron, 2017). En los sistemas de MaaS, el agregador tiene el rol crucial de manejar la capa virtual o mercado de datos (data Exchange) que hace las conexiones entre proveedores de movilidad y consumidores. Una capa virtual de mercado de datos basada en una aplicación descentralizada eliminaría la necesidad de negociar acuerdos de a uno y por separado con cada proveedor de movilidad.

Pensando que la MaaS es una forma de entregar servicios de movilidad, un mercado de datos y a la vez un ecosistema de empresas proveedoras de servicios, las aplicaciones descentralizadas pueden generar valor para varias de las características necesarias de la MaaS: disponibilizar datos a través de tecnología DLT, facilitar la entrada y salida del mercado de movilidad al proveer una infraestructura de datos única de acceso público, aumento de oportunidades de negocios y especialmente de obtención de fondos (verdes) para la inversión, generación de confianza y establecimiento de Smart contracts entre jugadores, datos abiertos que permitan una supervisión efectiva por parte de las autoridades tanto para mejorar el sistema como prevención de prácticas anticompetitivas, y la introducción de criterios de interés público y reducción de externalidades en la provisión de servicios de movilidad..

En resumen, las aplicaciones descentralizadas podrían aportar a permitir nuevas formas de crear valor digital en la ciudad a través de una redefinición de la infraestructura de datos pública asociada (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022) que dé lugar a la cooperación necesaria para una MaaS, proveyendo datos comunales y una gobernanza de datos (Decode Project, 2019), constituyéndose así un mercado de datos o data exchange del sistema de movilidad de una ciudad (Parra-Moyano, Schmedders, & Pentland, 2020). De esta forma, en el contexto de la MaaS, las aplicaciones descentralizadas se constituyen como una infraestructura digital descentralizada sobre la cual se puede desarrollar la capa digital del negocio, y a través de ella la capa física, para así mejorar el servicio y dar competitividad al sistema a través de un intercambio de datos compartidos.

El rol de los Smart contracts en particular presentan varias ventajas para una aplicación de MaaS, permitiendo un verdadero mercado de datos o data Exchange (Parra-Moyano, Schmedders, & Pentland, 2020) ya que proveen (Marke, 2018):

- Autonomía y precisión: al sustituir intermediarios humanos con código ejecutable, generando consistencia en los procesos y transacciones.
- Respaldo: al quedar registradas en la aplicación descentralizada, las transacciones que surgen de los Smart contracts permiten auditar, estudiar y seguir las transacciones, aun cuando los agentes que dieron lugar a la transacción ya no están en el mercado.
- Eficiencia: al eliminar intermediarios se gana eficiencia en los procesos.
- Reducción de costos: también al eliminar intermediarios.

La aplicación descentralizada podría entonces ser no sólo un medio de envío y recepción de pagos entre operadores y de cobros de impuestos y subsidios de la autoridad, sino también facilitar la fiscalización de autorización a operar un servicio de movilidad en la ciudad si el regulador así lo permite. Esto es así ya que limitar la entrada a ciertos mercados de movilidad es algo a veces se hace necesario para las autoridades, generalmente cuando existen externalidades negativas significativas o tragedia de los bienes comunales por derechos de propiedad definidos en forma incompleta (limitar la cantidad de vehículos que operan en un ridehailing por ejemplo).

Implementar la MaaS en una aplicación descentralizada podría aportar entonces en la separación de roles entre regulador del sistema e infraestructura del sistema, concebida nuevamente como servicio público. Esta separación podría proveer confianza a los operadores de servicios de movilidad al dejar claro y auditable que no existen preferencias o favoritismos en la regulación de los servicios de movilidad, más allá del apoyo (nuevamente público y auditable) a los operadores de movilidad que, de acuerdo a la naturaleza de su servicio sirven a objetivos de política pública, como por ejemplo provisión de acceso a personas que viven en zonas con pocas conexiones, servicios que no generen congestión o emisiones.

Desde un punto de vista de política pública se podrían establecer Smart contracts que paguen subsidios a los operadores de servicios de movilidad según las externalidades evitadas o reducción de resultados negativos: se podrían establecer reglas por pago de uso del espacio público o generación de emisiones, y a su vez subsidios por evitar emisiones o congestión. A su vez y desde un punto de vista de acceso al mercado, la provisión de una infraestructura de datos común basada en una aplicación descentralizada podría permitir competencia en el servicio de planificación y venta de viajes, los frontends de MaaS.

Si una aplicación descentralizada puede reducir barreras de entrada al mercado de MaaS, esto permitiría hacer más competitivo al sistema MaaS con el vehículo particular en un contexto de regulación de la ciudad que facilite la integración de los distintos servicios y que les dé espacio en la ciudad (ITF, 2021). Los mercados de movilidad urbana tradicionales están dominados por (uno o varios) proveedores altamente regulados de transporte público. Estos sistemas tienen poca flexibilidad para adaptarse a cambios de la demanda y en los patrones de movilidad de las personas (MaaS Alliance, 2021). Si se incorporan e integran otros servicios de movilidad al transporte público, u una MaaS basada en una aplicación descentralizada facilitara esa integración, el sistema ganaría flexibilidad: el transporte público al proveería conexiones de alta capacidad, complementado por una capilaridad y adaptabilidad

mayor provista por la micromovilidad y la movilidad compartida en las puntas de los viajes.

Un rol claro de una infraestructura descentralizada entonces sería el de permitir intercambio automático de información y pagos por servicios cruzados bajo reglas claras. Así, una buena plataforma de MaaS basada en una aplicación descentralizada podría ayudar a las empresas proveedoras de movilidad a alcanzar la masa crítica necesaria para tener una buena ocupación de los vehículos y así mejorar la rentabilidad de las empresas, que ha sido hasta el 2021, un aspecto a cuidar (ITF, 2021).

Dos casos claros de aplicación de este concepto es en las ventas de pasajes por un lado, donde la empresa que reciba el monto total del viaje puede repartirlo luego entre operadores según su aporte al viaje, y también para roaming de pasajeros entre operadores de movilidad. Otros usos pueden estar relacionados con la validación de kilómetros recorridos por vehículos sin emisiones asociados a objetivos de préstamos verdes, o el reparto de subsidios desde el sector público a operadores de movilidad según criterios de sostenibilidad.

Desarrollar nuevos servicios de movilidad urbana o modernizar los ya existentes requiere inversiones importantes. Por ejemplo, un ómnibus eléctrico tiene un costo de adquisición aproximadamente 3 veces mayor a uno diésel en Uruguay (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2020), y aunque su costo total de propiedad en la vida útil es menor, requiere nuevos mecanismos de inversión y financiamiento que puedan apalancar los costos iniciales altos con los costos operativos bajos. Una aplicación descentralizada puede facilitar obtener financiamiento verde de bajo costo, el cual es condicional a la obtención de objetivos de mitigación de emisiones, a este tipo de emprendimientos. Al automatizar de forma segura la certificación de alcance de objetivos (por ejemplo, kilómetros recorridos por ómnibus eléctricos y con ellos, emisiones evitadas), provee confianza a los financistas y reduce costos al eliminar intermediarios.

Esto pone de relieve el hecho que una aplicación descentralizada no es una solución todo-en-uno y que por sí misma solucione integralmente la implementación de un mercado MaaS, sino que debe ser combinada con otras tecnologías como big data, internet of things, machine learning y otras para obtener el máximo impacto (Marke, 2018). Si los datos que se alimentan a la aplicación no son de buena calidad, el resultado que se obtenga tampoco lo será.

Un desafío claro en este contexto es la transformación digital que se requiere en los viejos proveedores de movilidad para poder sumarse a un protocolo o aplicación descentralizada. En el caso de la plataforma decidim, la dificultad de uso fue uno de los factores principales para limitar su adopción (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022). Surge entonces la duda si el tradeoff entre generar un mercado de datos que mediante su tecnología provea confianza, trazabilidad y descentralización basado en una aplicación o protocolo descentralizado puede superar dificultades de implementación, especialmente entre empresas que no se especializan en el manejo de esta tecnología. El desarrollo de la aplicación descentralizada a la medida de estas necesidades toma especial relevancia en el contexto de los servicios de movilidad de una ciudad, particularmente cuando debe integrar empresas tecnológicas y nativas digitales con empresas que vienen operando sistemas de transporte con pocos cambios desde hace muchas décadas.

Especificidades de protocolos o aplicaciones descentralizadas para el caso de la MaaS

Un problema de las aplicaciones descentralizadas que está siendo muy discutido últimamente son las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica necesaria para alimentar las computadoras que llevan adelante el proceso proof of work (PoW) del mecanismo de consenso. Este problema está asociado especialmente a Bitcoin, que usa ese mecanismo de consenso, y para el caso de una aplicación descentralizada para a una solución MaaS esto es altamente relevante, ya que sería paradójico buscar una solución digital intensiva en emisiones para mitigar emisiones del transporte.

La solución a este problema está en usar otros mecanismos de consenso alternativos, siendo uno muy popular actualmente el Proof of Stake (PoS), que no requiere los procesos intensivos en procesos computacionales, siendo ampliamente considerado como una alternativa más amigable con el ambiente (Marke, 2018). Otros mecanismos de consenso en desarrollo son: Proof of burn, Proof of elapsed time, Proof of authority o Proof of activity. Para el caso de la MaaS, el stake podría ser un depósito inicial por parte de los operadores de servicios de movilidad o su licencia para operar.

Otro problema que se menciona frecuentemente, especialmente en el caso de aplicaciones descentralizadas, es la velocidad de transacciones (o la falta de ella). Uno de los resultados positivos del ejemplo de Sony en Países Bajos fue superar el umbral mínimo de velocidad de transacciones bajo un volumen real de ellas para el sistema de movilidad de ese país (Sony Corporation, 2020).

Implementar una aplicación descentralizada sobre la cual desarrollar un mercado de MaaS no elimina la necesidad de establecer una estructura de gobernanza, de hecho la gobernanza del proyecto es crucial para discutir cambios de cómo la aplicación descentralizada debe ir evolucionando (Marke, 2018).

El ecosistema de MaaS difícilmente sea algo estático, sino que de hecho debe ser evolucionar en forma ágil para responder a cambios en las preferencias de las personas, desarrollos tecnológicos, nuevos modelos de negocios de movilidad u otros factores. La blockchain sobre la que se apoye un mercado de MaaS debe ser capaz de adaptarse a estos cambios, permitiendo el desarrollo de nuevas aplicaciones descentralizadas en la medida que surjan las necesidades, para mantener su relevancia.

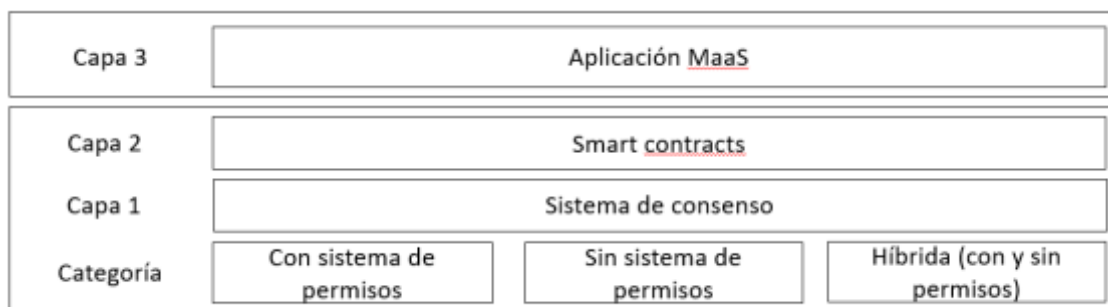


Figura 9 – Componentes de una aplicación descentralizada para MaaS. Fuente: basado en McNeal, 2021

Hay algunos puntos todavía sin desarrollar completamente para la implementación de un sistema de MaaS basado en blockchain, particularmente en cuanto a la estructura de gobernanza que defina las reglas del negocio (Sony Corporation, 2020) para temas como:

1. Esquema de datos
2. Formas de transmisión de datos
3. Derechos de acceso a datos
4. Confirmación y finalización de compartido de ingresos

La estandarización de datos, su validación y transmisión son temas para los que la aplicación descentralizada puede proveer una solución una vez acordada su adopción en el plano político de la gobernanza de la ciudad, dado que hay agentes para los que es necesario requerir adopción de esos estándares (como por ejemplo operadores de transporte público regulados). La autoridad de movilidad de una ciudad es un candidato a ello si se desea una integración que garantice la inclusión del transporte público, ya que es potencialmente más neutral que uno impulsado por una empresa que podría tender a la integración vertical, yendo hacia un modelo de negocio de jardín amurado que termine no beneficiando al ecosistema en su conjunto (ITF, 2021).

Sin embargo, algunas empresas de micromovilidad y MaaS están integrando o intentando integrar al transporte público dentro de su oferta considerando los beneficios ambientales que esto conlleva y los objetivos de impacto que generalmente tienen esas empresas, como es el caso de Moovit¹⁶. Otra forma de promover esta integración es en el plano físico de la ciudad, dando espacio y simplificando la conexión entre los modos masivos y la micromovilidad en puntos claves como terminales.

¹⁶ <https://moovitapp.com/>

Conclusiones y recomendaciones

La MaaS es un concepto muy atractivo para los hacedores de políticas públicas y para empresas, ya que claramente existe una oportunidad en las ciudades para mejorar la movilidad de forma que todas las personas obtengan un mejor servicio, mejorar los resultados de los operadores de servicio de movilidad y reducir las externalidades negativas que son cada vez más importantes dentro de la movilidad urbana.

Sin embargo, la MaaS es todavía al día de hoy una idea con implementaciones parciales. Los operadores de nuevos servicios de movilidad urbana parecen estar tanto integrándose a implementaciones de MaaS de empresas hegemónicas (como Uber o Google Maps) como expandiendo las suyas propias. Algunos gobiernos han logrado además desarrollar sus propias soluciones MaaS integrando tanto el backend como el frontend, a veces forzando la integración de operadores a sus ofertas por la vía regulatoria.

El desafío de la MaaS es compartir información entre operadores que en algunos viajes son competidores y en otros cooperan. En este trabajo se estudiaron distintas alternativas de organización de un mercado de MaaS, explorando la posibilidad de implementarlo a través de protocolos o aplicaciones descentralizadas, lo cual es aún una tecnología de adopción muy incipiente para los mercados de movilidad.

Según lo analizado, los protocolos o aplicaciones descentralizadas tienen un alto potencial para crear mercados de datos (data exchanges) que permitan explotar y obtener más valor de los mismos conjuntos de datos que actualmente se mantienen en silos aislados dentro del poder de los distintos agentes. Esto tiene un altísimo potencial para la MaaS, dado que en su esencia es una forma de entregar servicios de movilidad basándose en compartir datos entre agentes. Las aplicaciones descentralizadas permiten crear confianza entre las partes que participan de ella sin necesidad de conocerse, certificarse o contar con un tercero que valide los intercambios de datos, proveyendo transparencia, confianza, trazabilidad, y descentralización, todas características que aportan a la funcionalidad y eficiencia del mercado de MaaS.

Un desafío que persiste hoy en día para la adopción de protocolos o aplicaciones descentralizadas es la necesidad de los agentes de tener un nivel técnico alto para poder adoptarlas y entender las ventajas que proveen. Al ser una tecnología muy reciente y disruptiva, los beneficios que provee son todavía difíciles de entender especialmente para agentes no especializados en el manejo de datos (como por ejemplo operadores de transporte público). Paralelamente, muchas aplicaciones descentralizadas todavía no tienen el desarrollo suficiente como para ser amigables con el usuario, como fue el caso de la plataforma Decidim, para la cual se identificó que la dificultad de uso puede haber desmotivado a las personas a participar en ella aun ofreciendo ventajas de soberanía de datos y privacidad (Monge, Barns, Kattel, & Bria, 2022).

Así, la implementación de una aplicación descentralizada no elimina la necesidad de tener un mecanismo de gobernanza del ecosistema MaaS, sino que de hecho lo requiere para su correcto funcionamiento. Esto es especialmente relevante en una ciudad, donde los servicios se dan en espacios públicos escasos, las externalidades pueden ser altamente significativas y los derechos de propiedad de bienes públicos

como la infraestructura o la calidad del aire no están bien definidos, dando lugar a tragedias de los comunales de sobre explotación de esos bienes públicos.

En ese sentido, las aplicaciones o protocolos descentralizados pueden ser un aporte muy significativo para el despegue de ecosistemas de MaaS al permitir mercados de datos dinámicos y accesibles para todos los operadores de servicios de movilidad de una ciudad. Paralelamente para el despegue de la MaaS también se necesitará desarrollar otros factores asociados a la regulación de la ciudad y del uso de sus bienes públicos, como el de gobernanza del sistema, cambios en la forma de gestionar los permisos y licencias que las ciudades dan a operadores de servicios de movilidad, políticas de apoyo específicas y generales (subsidios a operación de modos sostenibles, desarrollo de capacidades de operadores y propias de las autoridades), y cambios físicos en la ciudad que permitan dar más espacio a modos de movilidad alternativos al auto privado.

La posibilidad que abren las aplicaciones o protocolos descentralizados para la creación de mercados de datos es un factor clave para la MaaS, si consideramos que en su esencia es una capa digital que permite la entrega coordinada y complementaria de servicios de movilidad. Pero hasta el momento esta adopción es sólo incipiente, con algunos intentos experimentales de aplicación muy reciente. Así, el rol clave del regulador de los servicios de movilidad en la gestión del sistema de movilidad de una ciudad parece también serlo para la capa digital, ya que en este plano existen distintos modelos de negocios y de gestión compitiendo por la implementación de la MaaS donde las aplicaciones descentralizadas no están actualmente siendo las protagonistas, con muchas empresas adoptando estrategias más de tipo plataforma (Web2) o integración vertical y modelo “jardín cerrado”.

Los protocolos o aplicaciones descentralizadas pueden entonces ser una alternativa altamente viable para que los reguladores puedan crear una capa digital del sistema de movilidad que beneficie a todas las empresas y a las personas y, en última instancia, a la ciudad. Actualmente hay un boom de nuevos operadores y servicios de movilidad e integración digital de la movilidad en muchas ciudades del mundo, mostrando tanto la oportunidad del mercado de movilidad urbana como la fase exploratoria en la que están estos negocios, ya que no parece haber emergido un modelo claramente ganador al momento.

Para las ciudades este boom es una oportunidad, y las aplicaciones descentralizadas podrían ser una respuesta muy atractiva para la integración de todos estos servicios. Paradójicamente, las capacidades del regulador de gestionar esta expansión e integración se vuelven más importantes que nunca en los contextos de ciudades donde existen externalidades y derechos de propiedad definidos en forma incompleta para bienes públicos como el aire o el espacio público. Así, a su necesidad de regular considerando el interés público, este nuevo contexto requiere también una transformación digital para agregar el manejo de la nueva capa digital de los servicios de movilidad, además de la regulación de la capa física y su interacción, para poder avanzar en la adopción de modelos de MaaS que respondan a los desafíos que deben enfrentar nuestras ciudades.

Bibliografía

- Morgan Stanley Institute for Sustainable Investing. (2017). *Millennials drive growth in sustainable investing*.
- Precedence Research . (2022, Enero 12). *Micro-mobility Market Size to Surpass US\$ 198.03 Bn by 2030*. Retrieved from GlobeNewswire:
<https://www.globenewswire.com/news-release/2022/01/13/2366022/0/en/Micro-mobility-Market-Size-to-Surpass-US-198-03-Bn-by-2030.html>
- Agencia Internacional de Energía. (2021, Enero 2). Retrieved from IEA.org:
<https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>
- Antonopoulos, A. M., & Wood, G. (2018). *Mastering Ethereum*. O'Reilly Media, Inc.
- Bellon, T., & Balu, N. (2021, Noviembre 4). *Uber makes first operating profit as driver shortage eases*. Retrieved from Reuters:
<https://www.reuters.com/technology/uber-posts-first-small-adjusted-profit-ridership-rises-delivery-gets-more-2021-11-04/>
- Bernhard, A. (2020). The great bicycle boom of 2020. *BBC*.
- Betancur, L. (2021, Octubre 18). *En octubre la movilidad llegó a niveles prepandemia por primera vez desde marzo de 2020*. Retrieved from 970 Universal:
<https://970universal.com/2021/10/18/en-octubre-la-movilidad-llego-a-niveles-prepandemia-por-primera-vez-desde-marzo-de-2020/>
- Böhler-Baedeker, S., & Merforth, M. (2014). *Urban Mobility Plans*. Bonn: GIZ.
- Boudette, N. E. (2021, Noviembre 2). *New York Times*. Retrieved from NYtimes.com:
<https://www.nytimes.com/2021/07/15/business/car-sales-chip-shortage.html>
- Boudway, I. (2022, enero 21). *America's Best-Selling Electric Vehicles Ride on Two Wheels*. Retrieved from Bloomberg Green:
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-21/u-s-e-bike-sales-outpaced-electric-cars-in-2021>
- Brooklyn Microgrid. (2022, 2 26). *Brooklyn Microgrid*. Retrieved from
<https://www.brooklyn.energy/>
- Browne, R. (2020, diciembre 7). *Investors are going wild for Europe's e-scooter startups after U.S. players stumbled*. Retrieved from CNBC:
<https://www.cnn.com/2020/12/07/vc-investors-are-wild-for-europes-e-scooter-rental-startups.html>
- Brueckner, J. K. (2011). *Lectures on Urban Economics* . The MIT Press.
- C40. (2021). *C40 Cities Climate Leadership Group*. Retrieved from C40 Knowledge Hub: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Public-transport-after-COVID-19-re-building-safe-and-connected-cities?language=en_US
- Catalao, P. (2020). Blockchain based Identity Management and Ticketing for MaaS.
- Crozet, Y. (2020). Mobility as a Service: A New Ambition for Public Transport Authorities. *International Transport Forum Discussion Papers*.

- Crozet, Y., Santos, G., & Coldefy, J. (2019). *Shared mobility, MaaS and the regulatory challenges of urban mobility*. Centre on Regulation in Europe.
- Decode Project. (2019). *Decode Project*. Retrieved from Have more question?: <https://decodeproject.eu/have-more-questions.html>
- Deloitte. (n.d.). *The Deloitte Global 2021 Millennial and Gen Z survey*.
- Douglas B. Lee, J. (2000). *Induced traffic and induced demand*. NACTO.
- Eliot, L. (2019, Agosto 4). *Forbes*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2019/08/04/the-reasons-why-millennials-arent-as-car-crazed-as-baby-boomers-and-how-self-driving-cars-fit-in/?sh=7952ecf963fc>
- Ellen MacArthur Foundation . (2022). *Ellen MacArthur Foundation* . Retrieved from What is a circular economy?: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- EMTA. (2019, Junio 5). *Mobility as a Service: A perspective on MaaS from Europe's Transport Authorities*. Retrieved from EMTA: https://www.emta.com/IMG/pdf/emta_-_maaspaper.pdf
- Environmental Protection Agency. (2021, 1 3). *United States EPA*. Retrieved from <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- EU. (2020). *European strategy for data*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1593073685620&uri=CELEX%3A52020DC00>
- EY. (2019). *ey.com*. Retrieved from EY OpsChain Tesseract: Blockchain integrated mobility platform: https://www.ey.com/en_gl/automotive-transportation/tesseract-blockchain-integrated-mobility-platform
- GIZ. (2016). *Sustainable Urban Transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I)*. Bonn: GIZ.
- Goodall, W., Fishman, T. D., Bornstein, J., & Bonthron, B. (2017). The rise of mobility as a service. Reshaping how urbanities get around. *Deloitte Review*.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 1243-1248.
- Hawkins, A. J. (2021, Junio 23). *Bird and Spin release new electric vehicles amid pressure to catch up to Lime*. Retrieved from theverge.com: <https://www.theverge.com/2021/6/23/22545335/bird-spin-electric-scooter-bike-shared-lime>
- Hawkins, A. J. (2021, Marzo 15). *Bird will double its size in Europe with massive \$150 million spend*. Retrieved from theverge.com: <https://www.theverge.com/2021/3/15/22332624/bird-europe-investment-scooter-expansion-new-hires>
- Hensher, D., Ho, C., Mulley, C., Nelson, J., Smith, G., & Wong, Y. (2020). *Understanding Mobility as a Service (MaaS): Past, Present and Future*. Elsevier.

- Intendencia de Montevideo. (2020). *Informe sobre tarifas y subsidios a usuarios del sistema de transporte público de pasajeros de Montevideo*. Montevideo: Imprenta Intendencia de Montevideo.
- iomob. (2022). *iomob.net*. Retrieved from <https://www.iomob.net/>
- ITF. (2021). The Innovative Mobility Landscape: The Case of Mobility as a Service. *International Transport Forum Policy Papers*.
- Jittrapirom, P., Caiati, V., Feneri, A., S. Ebrahimigharehbaghi, M. A.-G., & Narayan, J. (2017). Mobility as a Service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges. *Urban Planning*, 13-25.
- Jones, P. (2014). The evolution of urban mobility: The interplay of academic and policy perspective. *IATSS Research*, 7-13.
- Kane, P. (2022). *Inc.com*. Retrieved from <https://www.inc.com/phillip-kane/young-people-still-want-cars-what-means-for-your-business.html>
- Kraus, S., & Koch, N. (2021). Provisional COVID-19 infrastructure induces large, rapid increases in cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Lyons, G., Hammond, P., & Mackay, K. (2019). The importance of user perspective in the evolution of MaaS. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 22-36.
- MaaS Alliance. (2018). *Data makes MaaS happen*. Bruselas.
- MaaS Alliance. (2021, Marzo 5). *MaaS Market Playbook*. Retrieved from MaaS Alliance: <https://maas-alliance.eu/wp-content/uploads/2021/03/05-MaaS-Alliance-Playbook-FINAL.pdf>
- Marke, A. (2018). *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains*. Academic Press.
- Mauttone, A., & Hernández, D. (2018). *Encuesta de Movilidad del Área Metropolitana de Montevideo*. Montevideo: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo de Uruguay.
- Mayeda, A. (2021, Abril). *As Impact Investing Grows, So Do Expectations*. Retrieved from IFC: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/news_ext_content/ifc_external_corporate_site/news+and+events/news/insights/impact-investing-for-growth
- McNeal, D. (2021, Noviembre 5). *Crypto 101: The 4 Layers of Blockchain Protocol*. Retrieved from <https://www.linkedin.com/pulse/crypto-101-4-layers-blockchain-protocol-david-mcneal/>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2020, febrero 28). *IMPO*. Retrieved from Resolución N° 120/020: <https://www.impo.com.uy/bases/resoluciones-originales/120-2020>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2021, 1 3). *Dirección Nacional de Energía*. Retrieved from Planificación, Estadística y Balance: <https://ben.miem.gub.uy/descargas/1balance/folleto-esp%C3%B1ol.pdf>

- Ministry of Infrastructure and Water Management. (2019). Request for Proposals: Blockchain Challenge. Países Bajos.
- Monge, F., Barns, S., Kattel, R., & Bria, F. (2022). A new data deal: the case of Barcelona. *Institute for Innovation and Public Purpose*.
- Mulley, C., & Nelson, J. (2020). How Mobility as a Service impacts public transport business models. *International Transport Forum Discussion Papers*.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2021, Octubre). *NHTSA*. Retrieved from <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/813199>
- Nicholas, M., & Bernard, M. R. (2021). *Success factors for electric carsharing*. Interantional Council on Clean Transpotation.
- Nielsen Global Study. (2015). *The Sustainable Imperative*.
- Observatorio de Movilidad de Montevideo. (2021, Enero 3). *Observatorio de Movilidad de Montevideo*. Retrieved from <https://montevideo.gub.uy/observatorio-de-movilidad/viajes-y-desplazamientos>
- Parra-Moyano, J., Schmedders, K., & Pentland, A. (2020). Shared Data: Backbone of a New Knowledge Economy. In A. Pentland, A. Lipton, & T. Hardjo, *Building the New Economy*. MIT Press.
- Peters, J. (2022, Enero 7). *Ford's e-scooter company is pulling out of any city that doesn't limit competition*. Retrieved from [theverge.com: https://www.theverge.com/2022/1/7/22872768/ford-e-scooter-company-spin-pulling-out-cities-limit-competition-open-vendor](https://www.theverge.com/2022/1/7/22872768/ford-e-scooter-company-spin-pulling-out-cities-limit-competition-open-vendor)
- Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente. (2015). *Climate change and human rights*. Nairobi.
- Proyecto NUMP Uruguay. (2021). *Guía para la planificación de la movilidad urbana sostenible en Uruguay*. Montevideo: Oficina de Publicaciones de la UE.
- PWC. (2021). *December 2021 Global Consumer Insights Pulse Survey*.
- Qualtrough, E. (2021, 08 09). *TechMonitor*. Retrieved from <https://techmonitor.ai/policy/digital-economy/uber-profitability-lyft-didi-aurora>
- Sainz, J. A. (2022, 1 11). Se vendieron más de 50 mil 0 km en 2021. *El Observador*, pp. <https://www.elobservador.com.uy/nota/se-vendieron-mas-de-50-mil-0-km-en-2021-las-marcas-mas-vendidas-en-autos-y-utilitarios-20221101580>.
- Schellong, D., Sadek, P., Schaetzberger, C., & Barrack, T. (2019, Mayo 16). *The Promise and Pitfalls of E-Scooter Sharing*. Retrieved from BCG: <https://www.bcg.com/publications/2019/promise-pitfalls-e-scooter-sharing>
- Sony Corporation. (2020, Abril). The outcomes of Blockchain Challenge Progra.
- Sorenson, D. (2021, septiembre 23). *NPD*. Retrieved from <https://www.npd.com/news/blog/2021/the-cycling-market-pedals-ahead-in-2021/>
- State Smart Transportation Initiative. (2021, Septiembre 13). *State Smart Transportation Initiative*. Retrieved from <https://ssti.us/2021/09/13/pre-pandemic-traffic-is-slowly-coming-back-but-with-a-shifted-peak-are-we-prepared/>

- Swapfiets. (2021, Diciembre 22). *On the road to 100% circularity (2)*. Retrieved from Swapfiets.com: <https://news.swapfiets.com/en-NL/208361-on-the-road-to-100-circularity-2>
- Transit Protocol. (2022). <https://www.transitprotocol.com/>. Retrieved from <https://www.transitprotocol.com/>
- TravelSpirit. (2022, Febrero 26). *TSio Protocol*. Retrieved from <https://travelspirit.io/tsio-protocol/>
- Tsay, S.-p., & Herrmann, V. (2013, Julio 31). *Rethinking Urban Mobility: Sustainable Policies for the Century of the City*. Retrieved from <https://carnegieendowment.org/2013/07/31/rethinking-urban-mobility-sustainable-policies-for-century-of-city-pub-52536>
- UNESCO. (n.d.). *International Bureau of Education*. Retrieved from Concept of governance: <http://www.ibe.unesco.org/en/geqaf/technical-notes/concept-governance>
- Veeneman, W. (2019). Public transport in a sharing environment. In *The Sharing Economy and the Relevance for Transport* (pp. 39-57).
- Voshmgir, S. (2020). *Token Economy: How the Web3 reinvents the Internet*. Berlin: BlockchainHub Berlin.
- Wang, Y., & Olsen, R. (2018). *How China's Bike-Sharing Startup Ofo Went From Tech Darling To Near Bankruptcy*. Retrieved from forbes.com: <https://www.forbes.com/sites/ywang/2018/12/20/how-chinas-bike-sharing-startup-ofo-went-from-tech-darling-to-near-bankruptcy/?sh=5f42cadf66e6>