



MOVILIDAD ELÉCTRICA



PIUBAD
PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO
DE LA UBA SOBRE DESARROLLO

CETAM.
Centro de Estudios de
Transporte Área Metropolitana

.UBAfiuba
FACULTAD DE INGENIERÍA

PIUBAES
PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO DE LA
UBA SOBRE ENERGÍAS SUSTENTABLES

PIUBAT
PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO
DE LA UBA SOBRE TRANSPORTE

.UBA INVESTIGACIÓN
Secretaría de Ciencia y Técnica



Introducción

Sobre el Proyecto Vectores

El Proyecto Vectores es una iniciativa interdisciplinaria surgida a partir de la cooperación de miembros de diversas unidades académicas de la UBA en torno al Programa Interdisciplinario de la UBA sobre Desarrollo, PIUBAD, potenciada por la vinculación con los demás programas interdisciplinarios de la UBA, como en este caso en particular, en que se lograron avances importantes para la consolidación de las bases del vector Movilidad Eléctrica gracias a los aportes de los Programas Interdisciplinarios de la UBA sobre Energías Sustentables, PIUBAES, y sobre Transporte, PIUBAT.

Asimismo, resultan especialmente destacables en el desarrollo de esta primera etapa del vector los aportes realizados desde la Facultad de Ingeniería, complementados por los realizados desde Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo -en particular por miembros del Centro de Estudios de Transporte Área Metropolitana, CETAM-, que dieron lugar a la generación de una intensa agenda de divulgación y vinculación con el medio, al tiempo que promovió la formación de jóvenes profesionales que se graduaron de nuestra Universidad ya inmersos en el trabajo colaborativo en torno a la temática de la movilidad eléctrica.

El objetivo del Proyecto Vectores es generar propuestas integradas de políticas públicas para el desarrollo de Argentina, que contribuyan a la transformación virtuosa de su estructura productiva -con especial atención a la mejora en las condiciones de cuidado del

ambiente-, económica y social. Para ello, ordena su agenda de trabajo en torno una serie de 12 temáticas estratégicas, denominadas vectores para señalar el objetivo de que puedan aportar dirección y sentido, además de magnitud, a dicha agenda. A continuación se presenta el listado completo de vectores que integran el Proyecto¹, resaltando el correspondiente a la presente publicación:

1. Sistema Agroalimentario
2. Bioproductos
3. Desarrollo Sustentable
4. Integración de Barrios Populares
5. Industria Aeroespacial / Aplicaciones Satelitales
6. Industria Naval / Sistema Fluvial y Marítimo
7. Sistema Nuclear
8. Economía Popular, Social y Solidaria
- 9. Movilidad Eléctrica**
10. Petróleo y Gas
11. Sistema Ferroviario
12. Tecnologías de la Información y la Comunicación

¹ Es importante señalar que, para el mejor cumplimiento de los objetivos del Proyecto, la definición de vectores -y de sus líneas de trabajo específicas- no tiene un carácter rígido, sino flexible y evolutivo. El listado que se presenta aquí corresponde a la estructura vigente al momento de la emisión del presente documento.



Sobre la presente publicación

A través de esta publicación se busca lograr dos objetivos fundamentales para el fortalecimiento del vector Movilidad Eléctrica:

- a.** Realizar, por primera vez, una breve caracterización conceptual del vector así como de las diferentes líneas de trabajo que lo integran
- b.** Realizar, por primera vez, una reseña completa de lo realizado hasta el momento

Es de destacar, asimismo, que las citadas caracterizaciones y reseñas, además de constituirse como un valioso activo para el Proyecto, resultan también significativas en cuanto su elaboración y validación en conjunto por parte del equipo interdisciplinario que compone al vector favoreció su consolidación y fortalecimiento, al promover la construcción de lenguajes comunes, la búsqueda de consensos, así como la generación de nuevo conocimiento. Por último, la presente publicación resulta valiosa por su aptitud para presentar en forma compacta y resumida información básica sobre el vector, lo cual facilita y permite potenciar la interacción con otros grupos que desarrollan actividades de interés para el desarrollo de la movilidad eléctrica en Argentina, y en particular con organismos públicos encargados del diseño e implementación de políticas públicas relacionadas con esta temática.



Movilidad Eléctrica

Turturro, Gastón²

Durante los últimos cinco años, la flota mundial de vehículos eléctricos (especialmente en los segmentos de livianos y transporte público) se incrementó significativamente a razón de los notables avances tecnológicos y el apoyo de políticas que fomentan el incremento de ventas y el despliegue de infraestructura de carga. En el año 2020, las ventas de automóviles eléctricos (100% a batería e híbridos *enchufables*³) superaron los 3,2 millones de unidades a nivel mundial, superando el récord del 2019, y permitiendo alcanzar el stock mundial de 10,4 millones de vehículos eléctricos. Además, fue el primer año en China no explicó la mayor proporción de ventas: la UE alcanzó un registro de casi 1,4 millones de unidades vendidas, levemente superiores a las verificadas en China⁴. Las cifras anteriores demuestran que la velocidad de penetración de la tecnología en el mercado mundial es cada vez más significativa.

Los anuncios de políticas de incentivo vienen estimulando el despliegue de vehículos eléctricos en los principales mercados (China, UE y EE. UU.), los cuales cuentan con esquemas de subsidios nacionales y locales. China recientemente extendió su esquema de subsidios hasta 2022 y su programa “*New Energy Vehicle*” (NEV)⁵, y Europa fortaleció sus estándares de emisiones de CO₂. Más de 15 países han anunciado objetivos de vehículos de 100% emisión cero o la eliminación gradual de los vehículos con motor de combustión interna hasta 2050. Noruega, Francia, Canada y otros países ya han comenzado a anunciar sus objetivos con plazos definidos (2030, 2050, etc.). A su vez, las principales automotrices han hecho anuncios de lanzamientos de nuevos modelos, objetivos de ventas y planes de inversión para adaptar o modernizar sus procesos productivos durante los próximos años.

En los últimos meses se viene observando un cambio en el enfoque de las políticas desde subsidios directos a medidas regulatorias o más estructurales como propuestas de ley, normativas o programas a largo plazo, incluidos planes para alcanzar vehículos de cero emisiones y nuevos estándares de economía de combustible. De esta manera se establecen señales claras a largo plazo para la industria automotriz y los consumidores con el fin de apoyar la transición de una manera sostenible para los gobiernos.

Establecer estándares de vehículos y cargadores son requisitos previos para la adopción generalizada de vehículos eléctricos en los diferentes mercados. Como primeros pasos en la incursión de esta tecnología, en muchos casos los gobiernos comienzan con la compra de vehículos eléctricos bajo esquemas de contratación pública (autobuses o taxis, flotas oficiales, etc.) con el fin de iniciar la carrera de la electrificación en forma gradual, capitalizando el beneficio en el consumo energético, la reducción de emisiones y mostrando la tecnología al público. Por otro lado, es el comienzo de una oportunidad para la industria de producir y entregar pedidos al por mayor para fomentar economías de escala.

También, las *Tecnologías de la Información y la Comunicación* (TICs), y la digitalización se presentan como un sector necesario a desarrollar para complementar el despliegue y la inserción de esta tecnología, y en especial para configurar la interfaz operativa entre los consumidores, los vehículos y los operadores de los sistemas eléctricos⁶.

A su vez, el progreso tecnológico en la electrificación y la inversión en infraestructura permite poder contar con nuevas alternativas de transporte que abarcan

²Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Departamento de Tecnología Industrial.

³En inglés, plug-in hybrid electric vehicle, PHEV.

⁴Datos relevados del sitio <https://www.ev-volumes.com/>

⁵<https://www.sustainalytics.com/esg-blog/how-chinas-electric-vehicle-policies-have-shaped-the-ev-market/>

⁶ La cantidad de datos e información que se generará a partir del despliegue de la movilidad eléctrica representará muchas oportunidades para optimizar la gestión del transporte urbano.



además vehículos de dos o tres ruedas, autobuses y camiones. Así, están en circulación aproximadamente medio millón de autobuses eléctricos, la mayoría de los cuales se encuentran en China -las flotas de autobuses en varios centros urbanos de dicho país están casi totalmente electrificadas, contribuyendo a una notable mejora de la calidad del aire-. Asimismo, la electrificación de autobuses también está comenzando en muchas otras regiones: Santiago de Chile, por ejemplo, alberga la mayor flota de autobuses urbanos eléctricos fuera de China.

Se pone en evidencia de esta manera la importancia de los aspectos vinculados a la infraestructura urbana y eléctrica en el desarrollo de este tipo de movilidad, lo que se enfatiza tomando en cuenta que incluso el despliegue de vehículos eléctricos puede tener un impacto positivo en el sistema eléctrico -siempre que éste sea planificado-, adaptado a las limitaciones del sistema y acompañado de tecnología que permita el control y gestión eficiente de carga (y descarga *del vehículo a la red*⁷). En este sentido, equilibrar la demanda y el suministro de electricidad se convertirá en un desafío cada vez mayor para garantizar la integración fluida de la generación de energías renovables⁸. Sin embargo, desbloquear todo el potencial de flexibilidad de los vehículos eléctricos a través de la carga dinámica controlada⁹ y los servicios *de vehículo a red (V2G)* para lograr eficiencias con la generación renovable variable, requiere de la adaptación de los marcos regulatorios y de mercado. El tratamiento de estas importantes dimensiones para el avance de la movilidad eléctrica será realizado en torno a las líneas de trabajo denominadas *Transporte y desarrollo urbano e Infraestructura Eléctrica*, presentadas más adelante en este volumen.

En cuanto al sector industrial y tecnológico nacional, la irrupción de la movilidad eléctrica presenta oportunidades significativas, en cuanto disminuye las *barreras a la entrada* en la industria automotriz¹⁰, cuya estructuración actual -esto es, dominada por las grandes compañías internacionales del sector, en un contexto de muy baja integración industrial y tecnológica nacional de la producción- representa

una de las contribuciones más significativas a la perpetuación de los problemas estructurales de la economía argentina en cuanto a su integración con el resto del mundo, demandando año a año una cantidad considerable de divisas, que el país necesita -esta demanda se incrementa si se incluye en el análisis el consumo de combustibles derivados del petróleo, ya sea que éstos se tengan que importar o si se toma en cuenta el costo de oportunidad de su eventual exportación-.

Asimismo, la citada disminución de las *barreras a la entrada* en el sector se está verificando en la práctica en cuanto se han generado en el ámbito nacional empresas productoras de vehículos eléctricos -en particular en Córdoba y en la Provincia de Buenos Aires-, con un gran potencial en el mercado nacional e incluso regional. Dependerá de la decisión de implementar políticas públicas que promuevan su crecimiento y proyección, así como de una gestión empresarial idónea y con fuerte vocación inversora y expansiva, que estas u otras empresas que puedan surgir, logren modificar virtuosamente la estructura de la industria automotriz, pasando de ser un sector con el mérito de generar empleo -aunque mayormente poco calificado- pero fuerte demandante de divisas, a ser uno que mantenga un balance con el exterior más equilibrado -con la perspectiva de volverse positivo a partir del incremento de las exportaciones a la región-, generando al mismo tiempo empleo en forma masiva e incluyendo el de alta calificación¹¹. Estas reflexiones, realizadas respecto del núcleo de la industria automotriz -de acuerdo a los volúmenes totales de facturación- vale también para el segmento *buses*, en que pueden existir especiales oportunidades, tomando en cuenta su carácter más cercanos a lo que se podría considerar un *nicho* industrial y tecnológico, así como las capacidades disponibles en Argentina en torno al mismo. Ambos segmentos son considerados en el desarrollo del vector *Movilidad Eléctrica*, en el marco de la línea *Vehículos Eléctricos*, presentada más adelante en el presente volumen.

⁷ En inglés, *Vehicle-to-grid*, V2G.

⁸ En los próximos años la gestión de los patrones de carga de los vehículos eléctricos será clave para fomentar la carga en períodos de baja demanda de electricidad o alta generación de renovables. Se pueden implementar soluciones simples a través de políticas para aliviar en gran medida las tarifas en horas pico, fomentando la descarga en el lugar de trabajo o el uso de tarifas fuera de horas pico para la carga del vehículo.

⁹ Políticas que suelen etiquetarse, en la literatura en inglés, con las siglas *V1G*, en referencia a que se trata de una gestión *unidireccional*.

¹⁰ Mueller y Tilton (1969), y Abernathy y Utterback (1975), mostraron hace tiempo cómo el establecimiento de un nuevo paradigma tecnológico en los productos de una industria, puede generar un descenso temporario en las *barreras de entrada* en un determinado sector industrial favoreciendo el posible ingreso de nuevas empresas.



En cuanto a las baterías eléctricas, se observa una tendencia mundial de acelerada incorporación de avances tecnológicos y descenso de costos. Así, para 2030, se estima que los vehículos eléctricos alcanzarán un rango de autonomía promedio de 400-500 km, correspondiente a baterías de 70-80 kWh de capacidad. Asimismo, en consonancia con el ya citado descenso sostenido y acelerado de costos, los informes de la industria muestran que los precios de los paquetes de baterías presentan esa misma tendencia, alcanzando en 2019, en promedio, los U\$S156 por kilovatio-hora y descendiendo aún más desde entonces. En cuanto al tamaño promedio del paquete de baterías, en vehículos ligeros vendidos continúa una tendencia ascendente; ahora es de 45 kWh, y para los autos eléctricos familiares en la mayoría de los países alcanza el rango de 50-70 kWh. Todos estos avances son alcanzados en un contexto de cuantiosas inversiones, materializadas casi exclusivamente en el hemisferio norte. Será uno de los desafíos del vector *Movilidad Eléctrica* el análisis de las diferentes opciones por las que nuestro país podría optar para saldar las brechas tecnológicas y productivas que se ponen de manifiesto en este segmento, lo cual será realizado en una línea especial de trabajo focalizadas en la temática de las *Baterías*, la cual es presentada más adelante en este volumen.

En materia ambiental, es significativo el aporte de esta tecnología en las metas de reducción de gases de efecto invernadero, máxime si su despliegue es acompañado con la generación de una matriz de generación de energía más *limpia*. Este hecho se favorece asimismo por los avances logrados en materia de reducción de emisiones *desde el pozo a la rueda*¹², es decir, aquellos que contabilizan los generados *aguas arriba* del proceso productivo, desde la misma extracción de las materias primas, necesarias para la fabricación del producto en cuestión –de hecho se prevé que dichas emisiones generadas por los vehículos eléctricos sean significativamente menores a las generadas por los de combustión interna antes que termine la presente década-. Así un mayor despliegue de vehículos eléctricos, en combinación con una descarbonización más rápida de la generación de electricidad, podría aportar a la mitigación del cambio climático, en consonancia con

los objetivos establecidos en el *Acuerdo de París* y los compromisos asumidos por Argentina.

También es necesario contemplar, desde el punto de vista ambiental, los desafíos que implica el destino final de las baterías eléctricas ya usadas. Es importante el aporte que puede hacer en este sentido la reutilización de baterías de *segunda vida* en aplicaciones de almacenamiento estacionario para empresas de servicios eléctricos y clientes comerciales o residenciales, como herramienta para extender la vida útil de las baterías. De todos modos, a medida que aumenten los volúmenes de baterías de vehículos eléctricos que hayan agotado incluso su *segunda vida*, el desarrollo de una industria de reciclaje eficaz será cada vez más necesaria para garantizar la sostenibilidad del ciclo de producción y consumo, dado que, al recuperar materiales críticos, se reduciría la demanda de materias primas, las emisiones totales de gases de efecto invernadero y los impactos locales negativos de la minería y la refinación. Por último, deben desarrollarse también técnicas adecuadas de disposición final de los elementos de las baterías que resulten por completo inutilizables. Todos estos importantes aspectos serán desarrollados en torno a la línea Impacto Ambiental, la cual es presentada más adelante en este volumen.

Como se analizó, la movilidad eléctrica traza puentes estratégicos entre los sectores de transporte y de energía –en particular con el eléctrico–, ambos medulares para el desarrollo del país, con la posibilidad de constituirse como uno de los pilares de la transición energética hacia una descarbonización de ambos sectores. Por un lado, la electrificación del transporte –incluyendo el desarrollo de las infraestructuras necesarias para ello–, y por otro, la viabilidad de inserción de mayor capacidad de generación renovable y nuclear, junto con una gestión flexible del sistema eléctrico, se avizoran como los *drivers* fundamentales. Asimismo, si consideramos la oportunidad que la movilidad eléctrica representa para el desarrollo industrial-tecnológico, se reúnen elementos de peso para su consideración como vector estratégico para el desarrollo de Argentina.

Asimismo, y para finalizar este apartado, se incluye

¹¹ En cuanto a las limitaciones de la inversión extranjera directa y del papel central del capital nacional en los procesos de desarrollo exitosos a nivel mundial puede consultarse a Lewis (1978) y a (Chang, 2013: 99-112).

¹² En inglés, *Well-to-wheel*, WTW.



a continuación el listado de líneas y sub-líneas de trabajo que componen al vector Movilidad Eléctrica:

- Transporte y desarrollo urbano
- Infraestructura eléctrica
 - Transporte urbano automotor de pasajeros
- Vehículos Eléctricos
 - Buses
 - Automóviles de uso familiar o personal
- Baterías y cadena de valor del litio
- Impacto Ambiental

Bibliografía consultada

Abernathy y Utterback (1975), "A dynamic model of process and product innovation", *Omega*, Vol. 3, Iss. 6, Dic. 1975, Pp. 639-656

Chang, H. J. (2013 [2010]), *23 Cosas que no te cuentan del capitalismo*, Buenos Aires, Argentina, Debate.

Lewis, A. (1978). *The evolution of the international economic order*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Mueller y Tilton (1969), "Research and Development Costs as a Barrier to Entry", *The Canadian Journal of Economics*, Vol. 2, No. 4, Nov 1969, pp. 570-579





Transporte y desarrollo urbano

Velázquez, Maximiliano¹³

Es importante entender las relaciones que se establecen entre los sistemas de transporte y las organizaciones socio-productivas. En esa línea, los desarrollos urbanos llevan a vincular lugares, personas, cargas e informaciones: las movilidades se definen como ensamble de tecnologías entre lo humano y lo no humano, como un proceso socio-material. Por lo tanto, es necesaria una perspectiva simultánea sectorial y territorial para generar condiciones a la sustentabilidad del sistema de transporte.

En la actualidad la motorización de la movilidad a través de automóviles y motos es creciente en Argentina, además de existir fábricas de estos productos y, por lo tanto, grandes incentivos para colocarlos en el mercado. Sin embargo, en paralelo se desarrollan nuevas formas de movilidad, como el *carpooling*, los autos compartidos y los autónomos, además del incremento en el uso de bicicletas y monopatines, como parte de la *micromovilidad*. ¿Entonces, qué va a pasar por ejemplo con la propiedad de los vehículos? Nuestras ciudades destinan hoy nada menos que un 30% de sus espacios a estacionamiento de vehículos, tanto en garajes, como edificios o la vía pública. Pensar en esquemas de automóviles sin tenencia propia modificaría esto. Además los diseños de transporte y las distancias entre lugares de las ciudades obligan a repensar el uso cotidiano del auto. Para esto es necesaria también una perspectiva de género que reconozca las diferencias entre los hábitos masculinos y femeninos, sus tipos de desplazamientos cotidianos y sus distancias promedio. Miremos ahora esta ciudad en la que vivimos: la expansión de Buenos Aires tuvo tres modelos, el primero asociado al transporte ferroviario, el segundo al transporte hormiga o colectivo, y el tercero al automóvil particular y la red de autopistas.

Hoy estos modelos se superponen, lo que nos lleva a repensar lo *compacto* y lo *difuso*, los ritmos y usos el territorio y la existencia de espacios demasiado y poco conectados. A su vez, la pirámide invertida de la movilidad, con la priorización de peatones, ciclistas y transporte público, obliga a repensar la eficiencia del espacio vinculado al auto privado.

Así, una perspectiva de sustentabilidad y de abaratamiento de costos nos llevan a pensar, ¿qué prioridad tiene construir por ejemplo 100 metros de vereda o ciclovía, frente a 100 metros de pavimento? Por último, es necesario notar que el actual resurgimiento de la electromovilidad y el avance su infraestructura nos encuentra en escenarios urbanos menos densos, más difusos, donde es necesario repensar los esquemas de transporte público tomando en cuenta centros y periferias.

En este marco la movilidad eléctrica, que ya participa en el esquema de transporte -pensemos por ejemplo en el subte y en el ferrocarril-, jugará un rol creciente, con diversos desafíos que implicarán una integración inteligente del transporte público y privado, así como de las diferentes modalidades de transporte (por dar un ejemplo en este sentido, se piensa en la sinergia que podría tener la ubicación de estacionamientos para bicicletas y monopatines eléctricos en torno a las estaciones de tren). Asimismo, el Estado tiene a la mano herramientas directas para dar impulso al avance de la electromovilidad, por ejemplo, promoviendo la transformación gradual de las flotas de servicios públicos a la modalidad de impulsión eléctrica.



¹³Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Centro de Estudios de Transporte Área Metropolitana, CETAM.



Infraestructura Eléctrica

Slaifstein, Darío¹⁴

La electrificación del transporte y el cambio de paradigma de movilidad tienen el potencial de generar gran sinergia con las tendencias de transformación del sistema de generación y distribución de energía.

En la actualidad, el transporte representa aproximadamente un tercio del consumo energético total mundial, principalmente basado en el uso de combustibles fósiles líquidos pero con una tendencia creciente hacia la electrificación, lo que va a generar un incremento notable de la incidencia de este destino en la demanda general de energía eléctrica. Para afrontar este desafío, el sector eléctrico deberá poder articular las distintas tecnologías vinculadas al consumo, generación y acumulación de energía, en un contexto de grandes expectativas desde el plano de la demanda.

Por ejemplo, debe observarse que los vehículos familiares y de transporte público suelen usarse durante el día y que si todos ellos fueran cargados sólo por las noches, se obligaría al sistema eléctrico a tener un margen de reserva exageradamente alto para que la red resista semejante estrés. Si a esto le sumamos la creciente, y cada día más acelerada, tendencia en que la nueva potencia que ingresa al sistema interconectado es del tipo renovable *no-despachable* (por ejemplo, solar fotovoltaica y eólica)¹⁵, la capacidad del sistema eléctrico debería aumentar, viéndose disminuido su factor de utilización de manera considerable; esto es, tendríamos un sistema eléctrico sobredimensionado y subutilizado.

Dicha consideración nos muestra que la transición hacia la electromovilidad necesariamente debe estar acompañada por un cambio radical en la forma que operamos nuestros sistemas de distribución de energía eléctrica, en el sentido de que éstos deberán permitir en mayor medida un flujo fluido de potencia –en un sentido que ya no será unidireccional–, permitiendo por ejemplo la convivencia de vehículos

eléctricos cargándose cuando la demanda generales mínima y usando baterías estáticas para tomar los excedentes de la solar fotovoltaica de pequeña escala. Si se lo gestiona correctamente este nuevo esquema podría incluso contribuir a generar un mejor servicio de provisión de energía eléctrica y una baja de costos; para ello los vehículos eléctricos deberán tener la capacidad de tomar y entregar potencia a la red de manera controlada y rastreable, asegurando la seguridad de las operaciones y los usuarios de la red. En el plano institucional se deberán tener en cuenta estas nuevas problemáticas, para generar esquemas de incentivos que fomenten la integración sistemática de las nuevas tecnologías y balancear los costos de los cambios entre los actores involucrados de manera transparente y equilibrada, máxime en un contexto en que aparecen nuevos modelos de negocio y los roles actuales del mercado eléctrico evolucionarán en términos inciertos. El nuevo paradigma energético necesita del aporte de todos los actores para ser exitoso en sus objetivos a largo, mediano y corto plazo.

Resumiendo, la electromovilidad impactará de distintas maneras en nuestras vidas, no sólo desde el punto de vista de la tecnología de los vehículos, en nuestro comportamiento y patrones de movilidad, sino también en la red de infraestructura necesaria para permitir su correcto desempeño, y en los mercados e instituciones en los que usuarios y vehículos están inmersos.



¹⁴Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Departamento de Energía.

¹⁵La generación despachable está constituida por las fuentes de energía eléctrica que se despachan a demanda, en cada momento en que la red eléctrica lo necesite, es decir, pueden ser conectados a la red, desconectados de ella, o aumentar o disminuir (dentro de sus potencias de diseño máxima y mínima) la energía que entregan a la red según la orden que reciban de su operador. Esto contrasta con la generación no despachable, energías renovables como eólica o solar fotovoltaica, en las que la cantidad de energía que entregan depende de condiciones externas como las del viento o el sol en un momento dado.



Transporte urbano automotor de pasajeros

Canziani, Sebastián¹⁶ ; Girado, Nicolás¹⁷

La implementación de la movilidad eléctrica en el transporte urbano de pasajeros involucra importantes desafíos en el plano de la infraestructura eléctrica. Para avanzar en el análisis de estos desafíos en lo respectivo a los buses vale la pena observar muy brevemente algunos datos de alcance global que pueden ser de utilidad. Por ejemplo, que el 99% de la flota mundial de este tipo de vehículos se encuentra en China, mientras que tanto en Europa como en Estados Unidos se observa un crecimiento en la venta y circulación de buses eléctricos, pero en una escala mucho menor. En América Latina, por otro lado, sólo hay implementaciones incipientes, en todos los casos en base a equipos importados de China.

En cuanto a las características técnicas básicas de los buses eléctricos, se tiene que existen los diseñados para *carga lenta*, que con aproximadamente 4 horas de carga permiten una autonomía promedio de 200 km y con potencias relativamente bajas. Y los diseñados para *carga rápida*, que pueden ser cargados hasta en 10 minutos, por ejemplo, en las cabeceras de los recorridos, o incluso en 30 segundos, en las paradas -para lo cual es importante considerar la frecuencia requerida de los buses-, actuando con potencias bastante mayores, por lo que la infraestructura de carga es bastante más cara en este caso.

En lo que respecta a estrategias de carga, distintos países han optado por diferentes opciones, por ejemplo China, donde en general se optó por utilizar la *carga lenta* en sus flotas, con Shenzhen como la primera ciudad china en electrificar totalmente su flota, de 16 mil colectivos, con esta modalidad de carga. Y también se tiene el caso de Ámsterdam, otro caso destacado a nivel internacional por el alcance de la implementación de este tipo de movilidad en

el transporte público de pasajeros, donde se aplica tanto la *carga lenta* por la noche, como *carga rápida* durante el día.

Por último, en cuanto a las diferentes tecnologías de carga disponibles en lo respectivo al dispositivo cargador, se tiene a los manuales o *plug-in*, simplemente cables con enchufes basados en diversos estándares -muy lejos de estar unificados hasta el momento-, con que toman corriente alterna de baja tensión (380/400V), con un límite actual de 350 kW, y la convierten a corriente continua, ya sea en el cargador como en el colectivo mismo (esta tecnología sólo es útil para la modalidad *carga lenta*); los pantógrafos, un brazo articulado que puede estar montado en un mástil o en el mismo colectivo, con límites de 600 kW (carga en 30 segundos), 450 kW (carga en 15 minutos) y 300 kW (sin límite de tiempo), si bien estos valores mejoran año a año y pueden variar según el fabricante (esta tecnología es útil para *carga rápida* y *carga lenta*); y los de carga inductiva, bastante menos comunes que las anteriores y que consisten en bobinas primarias que se entierran en la calle y bobinas secundarias que se ubican en la parte baja del colectivo (esta tecnología es útil para *carga rápida* y *carga lenta*).

Todas estas breves consideraciones nos brindan una aproximación al tipo de desafíos y opciones tecnológicas que se enfrentan a la hora de promover la movilidad eléctrica en el transporte urbano de pasajeros; resulta el objetivo de ésta línea de trabajo dentro del vector de Movilidad Eléctrica la posibilidad de arribar a las soluciones más adecuadas al ámbito de nuestro país.



¹⁶Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Departamento de Tecnología Industrial.

¹⁷Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.



Vehículos Eléctricos

Buses

Priano, Patricio¹⁸; Chaab, Mariela¹⁹; Chazarreta, Joaquín²⁰

Tomando en cuenta los beneficios ambientales que significa la introducción de buses eléctricos en los centros urbanos del mundo, como la disminución de material particulado y de contaminación sonora, así como la reducción de *Gases de Efecto Invernadero* (GEI) -el transporte es el causante de aproximadamente el 15 % de estas emisiones a nivel global-, algunos países del mundo están impulsando la reconversión de sus flotas de buses convencionales por buses eléctricos, como es el caso de China (donde funciona más del 95% de los Buses Eléctricos del mundo) y varios países de Europa, como Holanda. En todos esos casos se observa el rol del Estado para que la introducción de esta tecnología cobre impulso, ya sea invirtiendo en investigación y desarrollo, subsidiando la compra y uso de este tipo de tecnologías, con impuestos diferenciados o hasta su exención, carriles exclusivos y zonas donde está prohibido el ingreso de vehículos con tecnologías convencionales.

El país cuenta con una flota total de 30 mil colectivos para el transporte urbano de pasajeros, con tres distritos principales: la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y sus alrededores (10 mil unidades aprox.), Córdoba capital (3 mil unidades aprox.) y Mendoza capital (3 mil unidades aprox.). De estas tres ciudades la más desarrollada en movilidad eléctrica es la ciudad de Mendoza que ya cuenta con una flota de 18 colectivos eléctricos importados de China, lo cual se relaciona con la necesidad de reducir la contaminación en la ciudad dado que sus condiciones geográficas, similares a las de Santiago de Chile, no permiten una mayor circulación de aire, facilitando así la generación de *smog*, acrecentado por las emisiones del transporte y la industria.

Cerca de la totalidad de la flota total de buses del país es de producción nacional. Entre las marcas

presentes cabe destacar a *Mercedes Benz* y *Agrale*, que conjuntamente poseen más del 96 % del mercado. En este sentido, al existir una cadena de producción desarrollada y disponer de un amplio *know how* en esta industria, asimilable en muy buena medida a la modalidad de impulsión eléctrica, podría pensarse que la posibilidad de producir buses eléctricos en el país es alta. Sin embargo uno de los principales componentes de este tipo de buses es justamente la batería, la cual representa del 30 al 50% del costo total del bus, por lo que aún de lograrse el objetivo de fabricar estas unidades en el país, al menos con la estructura de costos actuales, esto se realizaría importando el componente principal, más costoso y complejo. Con todo, dicha situación podría ser atractiva por varios motivos: es claramente más ventajosa que el hecho de importar unidades completas; dicha producción podría abrir interesantes senderos de desarrollo tecnológico y acumulación de capacidades, más allá de que las baterías sea importadas; existe una tendencia sostenida al descenso en el costo de las baterías eléctricas a nivel mundial; no se descarta que el país pueda producir baterías eléctricas en el futuro, principalmente a partir de las iniciativas que se desarrollan en el ámbito de la provincia de Jujuy.

Por último, mencionar que en Argentina se renuevan unas 1.500 unidades por año, por lo que un proceso de reconversión completa siguiendo esa tendencia podría planificarse para su implementación en un período de 20 años. Asimismo, para un país como el nuestro, con grandes reservas de gas y capacidades tecnológicas acumuladas en dicho sector, dicha alternativa de impulsión pudiera considerarse también como tecnología de transición.



¹⁸Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Departamento de Tecnología Industrial.

¹⁹Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.

²⁰Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.



Automóviles de uso familiar o personal

Jurado, Facundo²¹; Winokur, Irina²²

Los vehículos eléctricos de uso familiar o personal tienen un sistema de potencia más simple que sus equivalentes con motor de combustión interna, y su implementación implica asimismo abandonar la necesidad de contar con estaciones de acopio de combustible para su abastecimiento, ya que los puntos de recarga eléctrica para estos vehículos se pueden instalar de forma atomizada en una amplia variedad de locaciones, principalmente los propios garajes o estacionamientos.

Sus primeras experiencias de utilización se remontan a la década de 1870, luego de una evolución a partir de los primeros prototipos en 1835, con un breve y acotado éxito como transporte urbano hasta que fue desplazado por el automóvil a combustión interna, que alcanzó rápidamente ventajas tecnológicas, y sobre todo económicas, sobre el eléctrico. Desde la década del 2000 esto ha empezado a cambiar, principalmente gracias al desarrollo de las baterías de ion-litio, y en los últimos años el automóvil eléctrico tomó relevancia como la principal alternativa. Así, en 2019 el volumen total de ventas de vehículos eléctricos alcanzó 2.3M de unidades, representando un 2.2% del mercado automotriz global -con el 90% de estas ventas concentradas en China, Estados Unidos y Europa- y con una dinámica de crecimiento acelerado.

En este contexto, se identifican tres factores de desarrollo que en mayor o menor medida han estado presentes en la generación y crecimiento de un mercado global de vehículos eléctricos. En primer lugar, la intervención de los Estados. Como suele suceder en procesos de innovación tecnológica y respondiendo a motivaciones de competitividad y geopolítica, en el caso de los vehículos eléctricos jugaron y juegan un rol clave en impulsar o facilitar el desarrollo a través de tres principales dinámicas: subsidios a la cadena de valor (terminales, autopartistas, tecnología asociada), subsidios a los consumidores (beneficios impositivos, financiación diferenciada), cambios en regulaciones (mercado eléctrico/mercado automotriz/espacio público).

En segundo lugar, y en cuanto a la inserción territorial de esta tecnología se observa que ésta se viabiliza y potencia nítidamente en áreas urbanas, que cuentan con disponibilidad de generar infraestructura la *carga rápida* de las baterías, si bien el tipo de implementación y grado de impacto varían de mercado a mercado. Otro factor importante es que en áreas urbanas (y pensando especialmente en la experiencia de ciertas ciudades europeas y chinas) donde existan restricciones a la circulación a vehículos contaminantes, los eléctricos tienen un fuerte impulso para su desarrollo.

Por último, el costo total de propiedad del vehículo, considerando no solo su precio sino también el costo del combustible, mantenimiento, impuestos y otros costos asociados, también es un factor de importancia creciente. Así, mientras el precio de un vehículo eléctrico suele ser mayor que el de su equivalente *convencional*, esto no siempre es cierto si se miran el resto de los componentes del costo global de propiedad para el total de su vida útil. La energía eléctrica es generalmente más barata que el combustible, los costos de mantenimiento son menores y suelen aplicarse beneficios impositivos/financieros que juegan en favor del vehículo eléctrico.

En este contexto han surgido en Argentina muy interesantes iniciativas de producción de vehículos eléctricos de uso familiar o personal, entre las que se destacan dos que ya han logrado la homologación de sus unidades, *Volt Motors*, de la provincia de Córdoba, y *Sero Electric*, de la Provincia de Buenos Aires, empresas con las que el vector ha establecido canales de diálogo y cooperación, así como también las ha establecido con organismos de la vida civil nacional y regional, como la *Asociación Argentina de Asociación Argentina de Vehículos Eléctricos y Alternativos*, AAVEA y la *Asociación Latinoamericana de Movilidad Sustentable*, ALAMOS, con el objetivo de sumar fuerzas y capacidades para el impulso de una industria nacional de vehículos eléctricos pujante y con proyección internacional.

²¹Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.

²²Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.



Baterías y cadena de valor del litio

Arze, Carolina²³; Damiano, Claudio²⁴; Gigante, Eduardo²⁵⁻²⁶

Dentro del contexto global de sustitución de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos, las baterías comprenden un factor decisivo en su desarrollo ya que impactan en forma sensible en su costo y en su autonomía.

La cadena de suministro de producción de baterías tiene principalmente tres partes: fabricación de celdas electroquímicas, de módulos y de *packs*. Incluimos a continuación una definición de estos elementos.

- **Celda electroquímica:** Consiste en un cátodo y un ánodo separados físicamente, pero conectados eléctricamente por un electrolito.
- **Módulo:** Conjunto de celdas conectadas a través de las terminales incluidas dentro de una envolvente.
- **Pack:** Es un conjunto de módulos, conexiones eléctricas, y sistema de enfriamiento.

Las baterías de ion-litio son las de uso más extendido en la actualidad. Esto tiene que ver con características intrínsecas y extrínsecas de este elemento. Entre las características primeras se destacan: bajo peso específico, alta densidad energética y alta potencia de descarga; entre las segundas: la electroquímica de los compuestos en los que participa, como una mejor reconstitución (menor efecto de histéresis y menor tiempo de recarga) y bajo costo de extracción (si se considera el proceso evaporítico en salares).

Las baterías de ion-litio contienen normalmente, además de este elemento fundamental: aluminio, cobalto, grafito, manganeso y níquel. Según estimaciones recientes, más de la mitad del costo de un pack de estas baterías corresponde a estos materiales, incidiendo el litio sólo en entre un 4% y un 10% del total. Actualmente China, Japón, Corea del Sur y Estados Unidos concentran buena parte de la oferta internacional de este tipo de baterías.

En lo que respecta específicamente a las baterías de ion-litio aplicadas a vehículos eléctricos, representaron en 2015, según el Banco Alemán, el 14% de la demanda mundial de litio (habiendo aumentado este porcentaje en varios puntos porcentuales desde entonces). Dicho Banco realizó asimismo estimaciones que ubicaron este porcentaje en 38% para el año 2025, año para el cual predijo un déficit global de 100.000 toneladas de litio. Si dicha escasez de materializara, podría llevar a un aumento del precio del litio y, en consecuencia, del precio del pack de baterías. Por lo pronto, se observó entre 2016 y 2018 un incremento a más del doble del precio del carbonato de litio entre enero de 2016 y enero del 2018.

Profundizando el análisis respecto del recurso litio, se tiene que Argentina, Bolivia y Chile concentran actualmente más del 60% de las reservas mundiales, estando más del 80% concentrado en salmueras. Así, se denomina *Triángulo del Litio* a la región geográfica circunscripta al altiplano meso-andino sudamericano sobre el que tienen posesiones de territorio simultáneamente los tres países ya mencionados. Su nombre se debe a la cantidad y calidad de yacimientos naturales disponibles con reservas de litio en salmuera, en condiciones únicas de explotación.

En Chile, el salar de Atacama posee determinadas características que representan una gran ventaja para la explotación de litio y magnesio. Bolivia posee las mayores reservas dentro del *Triángulo*, principalmente en los salares de *Uyuni* (el más grande en la región) y *Pastos Grandes*. Argentina posee el mayor número de salares con ventajas para la explotación de litio y potasio; los más destacados son *Caucharí* (en Jujuy y Salta), *Rincón* (Salta), *Olaroz* (Jujuy) y del *Hombre Muerto* (Catamarca).

²³Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.

²⁴Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.

²⁵Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Nación.

²⁶Los contenidos básicos de este documento corresponden a lo presentado por el Ing. Héctor Simone (ex presidente del *Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy*, CIDMEJu), en el 2° *encuentro Movilidad Eléctrica en Argentina*, desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires en el año 2019.



Tanto en Chile como en Bolivia este mineral se considera un recurso estratégico y el Estado, con diferentes esquemas, participa de las ganancias, promueve la participación de empresas nacionales y hasta desarrolla sus propios productos industrializados -asimismo, en lo que respecta a la explotación del litio para su exportación, Chile y Argentina son los países que más han profundizado este perfil productivo, convirtiéndose en los principales exportadores de carbonato de litio a nivel mundial-.

Argentina, comparado con Bolivia y Chile, se encuentra un paso atrás en el camino de aprovechar el litio como recurso estratégico, con excepción de la provincia de Jujuy donde desde hace algunos años el litio es considerado un recurso estratégico provincial, habiéndose creado, hace menos de 10 años, la empresa estatal *Jujuy, Energía y Minería Sociedad del Estado*, JEMSE, la cual actualmente participa, en conjunto con empresas privadas, en la explotación del recurso.

También se destaca la creación en dicha provincia del *Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy*, CIDMEJu, una instancia interinstitucional dedicada a la investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de conocimientos en electroquímica aplicada principalmente al almacenamiento de energía eléctrica, cuyo consejo directivo está integrada por la Universidad Nacional de Jujuy, el CONICET y el Gobierno provincial a través de la Secretaría de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación.

En cuanto a las investigaciones científicas que se desarrollan en el CIDMEJu, se pueden diferenciar principalmente dos líneas:

- producción de carbonato de litio desde salmuera
- obtención de productos con mayor valor agregado a partir del carbonato de litio -litio metálico, material activo o baterías-

En lo que respecta a la producción de carbonato de litio, debe notarse que el proceso habitualmente empleado es altamente intensivo en uso de agua, tanto la proveniente de la salmuera que se evapora a cielo abierto, como la de refinado. Así, teniendo en cuenta que los salares están ubicados en lugares donde el recurso del agua es escaso -como es el caso de Jujuy-, se buscan soluciones alternativas y económicamente aptas para minimizar el gasto de

agua en el proceso. Por ejemplo, en el CIDMEJu se investiga sobre los siguientes procesos alternativos para la producción de carbonato de litio:

- Procesos extractivos electrolíticos
- Recuperación de agua de evaporación por condensación
- Obtención de otras sales (de Mg, de K, entre otras)
- Obtención de tierras raras

En lo que respecta a la investigación para agregado de valor al carbonato de litio, se desarrollan en el CIDMEJu investigaciones en las siguientes líneas:

- Obtención de litio metálico
- Desarrollo de materiales activos para celdas de baterías (ferrofosfato-litio, litio metálico-azufre, litio-oxígeno, etc.)
- Recuperación de litio o cobalto de baterías en desuso

En lo que respecta a la posibilidad de producir baterías de ión-litio en Jujuy, desde el Ministerio de Economía y Producción de la Provincia, en conjunto con la empresa JEMSE, se inició la conformación de la empresa Jujuy Litio S.A., que es una sociedad entre JEMSE y una empresa del exterior, para iniciar la instalación de una fábrica de baterías, en 3 etapas:

1. Ensamble de baterías: montaje de las celdas, a partir de celdas importadas
2. Fábrica de material activo: ánodos, cátodos, electrolitos que luego conforman las celdas, usando la tecnología de ferrofosfolitio
3. Fábrica y conformado de celdas

Resulta de una importancia mayúscula para Jujuy y para Argentina en general la posibilidad de que este proyecto logre materializarse; este desafío, que puede dar lugar a concretar la producción en el país de baterías de litio a mediana o gran escala para abastecer mercados nacionales e incluso del exterior, requiere para concretarse de la concertación de los esfuerzos nacionales que buscan el desarrollo del país.

Bibliografía consultada

- Coffin D., Horowitz, J. (2018), *The Supply Chain for Electric Vehicle Batteries*
- Castello, A., Kloster, M. (2014), *Industrialización de Litio y Agregado de valor local*
- López, A., Obaya, M., Pascuini, P., Ramos, A. (2019), *Oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor*, Banco Interamericano de Desarrollo, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva,





Impacto Ambiental

Solana, Romina²⁷

Uno de los grandes desafíos ambientales que tiene hoy la humanidad es mitigar y detener el calentamiento global del planeta, toda vez que está ciertamente establecida la correlación entre estos efectos y las emisiones de gases de origen antrópico.

Por otro lado, siendo que más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, esperando un incremento al 70% para el 2050 (aprox. 6.700 millones), otro desafío importante que afecta directamente la salud de la población urbana, es mejorar ampliamente la calidad del aire en las ciudades, mitigando y evitando las emisiones de contaminantes a la atmósfera (ONU, 2014).

Ambos impactos, son la consecuencia directa de nuestras actividades, desarrollo, crecimiento y modo de vida actual, por lo que muy en particular de los recursos y tecnologías que utilizamos, así como de nuestras costumbres y cultura.

El transporte terrestre impulsado principalmente por motores de combustión interna emite múltiples contaminantes al ambiente, tanto gaseosos como partículas sólidas y líquidas, así como genera ruido y vibraciones. Dentro de los más relevantes, según el tipo de combustible, se encuentran el CO₂, CO, CH₄, NO_x, SO₂, PM_{2.5}, PM₁₀ y vapores de combustibles; también se generan entre otros, compuestos tóxicos como Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), dioxinas y furanos, metales y compuestos metálicos (USEPA, 2019).

A nivel local, estos contaminantes se encuentran relacionados con los incrementos en enfermedades cardiorrespiratorias, cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares, cáncer, enfermedad obstructiva crónica (EPOC), agrava cuadros de asma y alergias, entre otros, degradando así la calidad de vida en las ciudades e incrementando la morbilidad y mortalidad

de la población (Prüss-Üstün, A. et al., 2016). Así como local o regionalmente pueden causar *smog* fotoquímico, acidificación del medio y otros efectos (Unión Europea, 2019).

Según lo indicado por la *Organización Mundial de la Salud*, OMS, en relación a la contaminación atmosférica y el cambio climático, el transporte es una de las principales fuentes de contaminación del aire, estando firmemente establecida la evidencia de sus efectos en enfermedades respiratorias, cardiovasculares y la mortalidad. Así como también, es la fuente emisora CO₂ procedente de los combustibles fósiles que crece más rápidamente, debido al aumento en el número de vehículos y de viajes (OMS, 2019).

Dado que la calidad del aire urbano no depende sólo de las emisiones de los vehículos, sino que también de la dispersión de los contaminantes en la atmósfera local, es que según sea la infraestructura de la ciudad, la estabilidad atmosférica, los vientos, las temperaturas, la geografía, la topología, etc., será el grado de contaminación local.

A nivel global, informes del *Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*, IPCC, han estimado que el Transporte es el responsable del 14% de las emisiones directas (por la combustión interna de los

vehículos) y del 0,3% de las indirectas a nivel mundial, ocupando el 4to lugar del ranking mundial. Aportando principalmente los siguientes contaminantes: CO₂, N₂O y CH₄, entre otros (Edenhofer; et. al., IPCC, 2014). Asimismo, actualmente se está estudiando el aporte de las partículas al Cambio Climático.

En la Argentina, según el último Inventario Nacional de *Gases de Efecto Invernadero*, GEIs, 2016, realizado según Directrices IPCC2006, presentado en el 3er Informe Bienal de Actualización a la Convención

²⁷Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Departamento de Seguridad del Trabajo y Ambiente. Departamento de Tecnología Industrial.



Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) 2019, el sector Transporte está entre los principales emisores de GEIs del país, representando el 13,3% de las emisiones totales (SGAyDS, 2019).

A su vez, las emisiones directas de CO₂ provenientes del transporte terrestre carretero fueron de 44,393 MtCO₂eq, siendo las correspondientes al uso de combustibles líquidos 38,884 MtCO₂eq (10% de las emisiones) y las de combustibles gaseosos 5,51 MtCO₂eq (1% de las emisiones).

De esta forma las emisiones de CO₂ del transporte terrestre impulsado por combustibles líquidos es la tercera categoría en importancia, siendo la primera las emisiones de CO₂ de la industria de la energía que utiliza combustibles gaseosos, con 46,385 MtCO₂eq. La distribución de la contribución de las emisiones dentro del transporte terrestre carretero no ha sido discriminada en el último informe. Sin embargo, del informe correspondiente a los inventarios nacionales GEI 2012 para el sector energía, estimados por tipo de combustible y móvil, se puede obtener la siguiente distribución de emisiones: 37,2% de autos y motos particulares, 32% del transporte de carga, 25,3% de utilitarios y el 5,3% para el transporte público de pasajeros, utilizando combustibles fósiles (SGAyDS, 2015). Valores que a la fecha deberán ser revisados y actualizados.

A nivel local, en lo que a ciudades respecta, el mayor conglomerado urbano del país lo constituye el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y en particular el Gran Buenos Aires (GBA), integrado este último por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y 24 partidos del conurbano bonaerense, con aproximadamente 13.000.000 de habitantes al 2012 (INDEC, 2012), albergando a la fecha casi un tercio de la población del país.

Las emisiones de GEIs atribuibles al transporte terrestre en la CABA según inventario GEI 2015-2016 fueron de 3.609.487 tCO₂eq, constituyendo el 28% de las emisiones estimadas para toda la ciudad en el alcance del estudio. A su vez, son atribuibles al transporte terrestre carretero el 98% de las emisiones del transporte terrestre. Por su parte, el consumo de energía eléctrica estacionaria contribuye el 31% de las emisiones de la ciudad (APRA CABA, 2018).

Es importante destacar que, la Ciudad de Buenos Aires integra el C40, siendo una de la 55 Mega Ciudades del mundo comprometidas en disminuir sus inventarios de GEIs.

Por todo lo antedicho, mejoras en el sistema de transporte terrestre, que impliquen eliminar las emisiones de GEIs provenientes de procesos de impulsión por combustión interna, tienen el potencial de mitigar como máximo alrededor del 12,5% las emisiones nacionales y hasta un 27% en las emisiones de la ciudad, en el caso de la CABA.

Asimismo, se espera que la ausencia de estas emisiones genere una importante mejora en la calidad de aire a nivel local y regional, que a su vez conlleve a una mejora en la salud y la calidad de vida de sus habitantes. En tal sentido será esperable una reducción en gastos de salud, jornadas laborales y educativas perdidas, prolongación de la vida media, entre otros.

Entonces, el desafío para el transporte está en que cada país pueda encontrar la mejor combinación de tecnologías y sistemas de movilidad, transporte y energía, que le permita bajar sus emisiones y mejorar la sustentabilidad de todo el sistema.

Dentro de los posibles cambios se encuentran la Movilidad Eléctrica, con sus distintas modalidades de suministro de energía al motor: acumulación, rieles, catenarias, celdas de combustible, etc.; así como las distintas combinaciones entre estas modalidades, los biocombustibles y otros.

En particular, la Movilidad Eléctrica presenta muy buenas perspectivas respecto a la eliminación de emisiones locales, sin embargo, como en todas las demás alternativas, se deberá tener en cuenta la evaluación del cambio de todos los componentes del sistema. Es decir, no sólo las emisiones directas generadas en el uso de los vehículos, sino también las indirectas provenientes de los sistemas de generación, transporte y distribución de energía, así como los demás impactos generados por la obtención de materiales, fabricación, uso y fin de vida de los distintos componentes en todo el ciclo de vida del sistema.



Dados los inventarios de emisiones nacionales y siendo que necesariamente la movilidad eléctrica migrará la generación de emisiones directas por quema de combustible en el uso del vehículo, por la generación de emisiones en el sistema de generación y provisión de energía eléctrica; es imprescindible que sea acompañado por una generación eléctrica con fuentes renovables y estrategias adecuadas que permitan un eficiente transporte y distribución al punto de uso. Esto, más allá de la minimización de emisiones que pudieran lograrse por la eficiencia de procesos y el tratamiento y control en fuentes puntuales con combustibles fósiles vs. las fuentes móviles.

Otro punto importante y destacable a considerar, será la gestión de la recuperación, reuso, reciclado, tratamiento y disposición final en el fin de vida de los componentes del vehículo y de todo el sistema, toda vez que muchos de ellos serán residuos del tipo peligrosos (como ser baterías y otros).

En conclusión, es de interés ambiental y nacional trabajar en estrategias, estudios y proyectos de mitigación de gases provenientes del sector de transporte terrestre, así como también de todo el sector energía al cual pertenece, ya que en su conjunto este sector representa el 53% de las emisiones de GEIs a nivel nacional, así como es responsable en gran medida de los niveles de calidad de aire local y otros impactos de alcance regional.

Bibliografía consultada

Agencia de Protección Ambiental, APRA, GCABA, Gcia. Cambio Climático, Dirección de Política y Estrategia Ambiental (2018), *Informe Inventario de Gases de Efecto Invernadero CABA 2015-2016*

Organización de Naciones Unidas (2014), *Perspectivas de la población mundial*, y <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/commission-on-population-and-development52.html> (2019)

USEPA (2019), *Air Toxic Emissions from On-road Vehicles*, MOVES2014, EPA-420-R-15-021 e INCHEM (2019), *International Programme on Chemical Safety* (www.inchem.org)

Prüss-Üstün, A. et al. (2016), *Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risk*, OMS

Unión Europea (2019), *Energy, transport and environment statistics*, Luxemburgo, Publications Office of the European Union,

PDF: ISBN 978-92-76-10971-6 doi:10.2785/660147

Organización Mundial de la Salud - Regional Europa (2019), <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Transport-and-health/data-and-statistics/air-pollution-and-climate-change2>

Edenhofer; et. al., IPCC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, contribution of Working Group III to the Fifth Assessment. Cambridge University Press

Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sostenible, SGAYDS (2019), *Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de Cambio Climático* (CMNUCC), INGEI2016

SGAYDS (2015), *Tercera comunicación Nacional sobre Cambio Climático*, Inventario GEIs de la República Argentina 2010-2012

Instituto Nacional de Estadística y Censo, República Argentina, INDEC (2012), *Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2010*





Qué hicimos hasta ahora

Entre las primeras actividades llevadas adelante en el marco de vector Movilidad Eléctrica se destaca una serie de encuentros abiertos a la comunidad -organizados en conjunto entre el Programa Interdisciplinario de la UBA sobre Energías Sustentables, PIUBAES, y la Facultad de Ingeniería de la UBA en los años 2019 y 2020-, en los que participaron diversos especialistas invitados, entidades públicas y privadas del sector, y se presentaron los primeros resultados derivados de trabajos finales y tesis llevados adelante en el ámbito de la Universidad en articulación con el vector. Dichos encuentros, asimismo, denominados *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras* (1° [\[acceso\]](#) & 2° [\[acceso\]](#) encuentro), y *Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19* [\[acceso\]](#), dieron lugar a la generación de las siguientes tres gacetillas de divulgación:

En los apartados que siguen se presentará un resumen de los conceptos expresados en dichos encuentros en relación con cada una de las líneas de trabajo que conforman el vector, y se hará mención asimismo a los diferentes trabajos finales y tesis -de grado y posgrado-, finalizados y en curso, que contribuyen al fortalecimiento y profundización de los estudios llevados adelante en diferentes temáticas de interés.

Se destaca también la publicación reciente del libro 'Aportes a la Movilidad Eléctrica', y la actividad de divulgación y fortalecimiento de redes de cooperación más reciente llevada adelante, el '1° Congreso Profesional de Movilidad Eléctrica. Movilizando el futuro de Argentina', organizado en conjunto por la Facultad de Ingeniería UBA y el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación, COPITEC.

En cuanto al libro 'Aportes a la Movilidad Eléctrica', se destaca la tarea del Ing. Gastón Turturro en su compilación, así como la de los trece autores de sus capítulos, en su mayoría jóvenes ingenieros/as -acompañados por estudiantes avanzados/as de ingeniería- que se graduaron realizando Trabajos Profesionales útiles al desarrollo del vector, y los más de treinta docentes y especialistas en general que aportaron sus conocimientos y experiencias para mejorar la calidad del resultado obtenido ([acceso a la publicación](#)).



1° Encuentro
MOVILIDAD ELÉCTRICA EN ARGENTINA
Actualidad, desafíos y perspectivas futuras

Proyecto Vectores
Fecha: Miércoles 28-08-19. Lugar: Facultad de Ingeniería UBA



2° Encuentro
MOVILIDAD ELÉCTRICA EN ARGENTINA
Actualidad, desafíos y perspectivas futuras

Proyecto Vectores
Fecha: Miércoles 13-11-19. Lugar: Facultad de Ingeniería UBA



1° Webinar
Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19
23/07/2020



APORTES A LA MOVILIDAD ELÉCTRICA
PROYECTO VECTORES
GASTÓN TURTURRO (compilador)



El cuanto al '1° Congreso Profesional de Movilidad Eléctrica. Movilizando el futuro de Argentina', se destaca que logró congrega a varios de los máximos referentes en la materia a nivel nacional de los sectores: público, empresarial, académico y de las organizaciones civiles, quienes reflexionaron sobre temas como:

- el proyecto de ley de electromovilidad,
- la producción nacional de baterías de litio,
- la producción nacional de vehículos eléctricos,
- el papel de las universidades y de los consejos profesionales,
- los desafíos implicados en materia regulatoria.



Por último, se menciona la participación en tres instancias recientes de divulgación y formación: el XXIII Congreso de Vialidad y Tránsito en el que disertara en su sesión de electromovilidad el Ing. Sebastián Canziani en representación del vector, así como el Ing. Claudio Damiano como experto invitado, y contando con el apoyo del Ing. Daniel Russomano en la organización; la Noche de los Museos 2022 celebrada en la Facultad de Ingeniería UBA; y el Seminario sobre Transición Energética organizado por FIUBA e YPF, en el que el Ing. Patricio Priano disertó sobre la movilidad eléctrica y el almacenamiento de energía.



Se comparte a continuación el registro audiovisual de la jornada, así como cada una de las presentaciones realizadas en los diferentes paneles.

- 1° Congreso Profesional de Movilidad Eléctrica. Video turno tarde: [acceso](#)
- 1° Congreso Profesional de Movilidad Eléctrica. Video turno mañana: [acceso](#)
- 1° Congreso Profesional de Movilidad Eléctrica. Presentaciones: [acceso](#)





Transporte y desarrollo urbano

A continuación se incluye una breve reseña de la presentación titulada *Electromovilidad y Territorio*, realizada por el Mg. Sc. Maximiliano Velázquez en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 1 Encuentro* ([acceso al video en el siguiente enlace](#)):

La introducción de la movilidad eléctrica representa una gran oportunidad para contribuir a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, no sólo por el hecho de dar lugar al reemplazo de combustibles fósiles como fuente de energía para la impulsión de los vehículos, sino también porque puede dar lugar a repensar la movilidad de los centros urbanos en forma integral. Un primer análisis muestra el impacto que tiene el sector transporte en el balance energético nacional: según datos de 2012, aproximadamente el 50% combustible fósil consumido en el país es destinado al transporte; asimismo, se tiene que en América Latina un tercio de las emisiones de dióxido de carbono son provenientes de los sistemas de transporte, siendo Argentina quien lidera el ranking con mayor cantidad de vehículos cada 1.000 habitantes. Ahora bien, ¿cómo avanzamos en el desafío de disminuir las emisiones de dióxido de carbono en la movilidad urbana? Entre los ejes principales de análisis aparecen los siguientes:

- Desarrollo y utilización de vehículos más eficientes
- Modificar hábitos de movilidad: car pooling, autos compartidos, explotar el uso de la micromovilidad (monopatines, bicicletas, etc.).
- Ocupación eficiente del espacio público para la movilidad, desfomentar el uso de vehículos para pocos individuos y fomentar la utilización de un transporte público más eficiente

Asimismo, algunos emergentes de los análisis realizados en dichos ejes son:

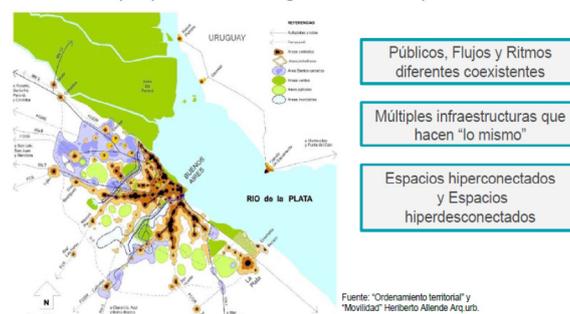
- Se requieren ciudades más compactas con recorridos cortos para poder hacer uso de la electromovilidad, por lo cual es necesario potenciar el desarrollo de soluciones destinadas a e-bikes e e-sharing cars donde los dockings sean utilizados como depósito y como centros de recarga simultáneamente
- Se requieren sistemas de transporte integrados, que hagan foco principalmente en el transporte público y donde la movilidad eléctrica sea un componente del viaje
- Las flotas de transporte público son un driver dentro de la electromovilidad y dentro de este sector existen

servicios de simple aplicabilidad como pueden ser aeropuertos, enlaces entre estaciones ferroviarias, etc. (servicios shuttle cortos)

También debe analizarse cómo se segmenta actualmente la movilidad en ciudades como Buenos Aires, para estudiar la manera óptima para la introducción de la movilidad eléctrica. Así, en dicha ciudad el transporte urbano se segmenta según:

- 11% subte + tren (movilidad eléctrica)
- 26% bicicletas + caminata (movilidad activa)
- 63% movilidad utilizando combustibles fósiles (el 37% lo aporte el uso de colectivos)

Modelo de superposición de lógicas de transporte



Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Impacto Global en el transporte urbano*. La experiencia Barcelona, realizada por el Mg. Sc. Ing. Matías Ubogui en el seminario *Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19* ([acceso al video en el siguiente enlace](#)):

Existen tres mega-tendencias globales que impactan en nuestro tema de interés:

1. **Concentración de la población en las ciudades.** Hoy la mitad de las personas vive en ciudades y, hacia el año 2050, se estima que las dos terceras partes del planeta se concentrará aún más en ciudades.
2. **Crecimiento de las economías emergentes.** Permite ilustrar esta tendencia el hecho que de los 100 millones de vehículos que se venden en el mundo actualmente, 30 millones se destinan a China y 12 millones a Estados Unidos.
3. **Calentamiento global.** Se firmó el Acuerdo de París



donde se establece el objetivo disminuir dos grados la media de temperatura global. Actualmente se generan 6 millones de muertos anuales a nivel mundial por contaminación atmosférica, esto es, 6 veces más que los casos por accidentes de tránsito.

Asimismo, con la llegada del Coronavirus indefectiblemente se provocan cambios que pueden ser de 2 tipos:

- **Elásticos.** Son temporales, vuelven a la normalidad
- **Estructurales.** Permanencia en el tiempo

En materia de movilidad, para poder analizar qué cambios perduraran y cuáles volverán al estado original necesitamos conocer por qué nos movemos, para los cual nos basaremos en un estudio realizado por la consultora McKinsey, en el que se expresan los siguientes conceptos:

- prácticamente las dos terceras partes del tiempo que pasamos en transporte público nos estamos desplazando para educación o para ir al trabajo
- la tercera parte restante, típicamente es desplazamiento para actividades de ocio
- este análisis se puede extrapolar a grandes rasgos al transporte privado

Si analizamos el detalle de cada uno de estas actividades que motivan la movilidad, podemos empezar a identificar tendencias de cambios estructurales y elásticos:

- **Trabajo (aplicado solo a la asistencia a las oficinas).** Impacta de manera directa el teletrabajo y por ende su comportamiento será estructural;
- **Educación.** Los niveles primario y secundario, obviamente van a tener cambios elásticos (luego de un tiempo vuelven a la normalidad) al momento del confinamiento dado que luego tenderán a volver al modo presencial. Por otra parte, las universidades se están empezando a adaptar de una forma mucho más fuerte a la educación a distancia o remota.
- **Ocio.** Las compras on-line y el e-commerce están teniendo un impacto masivo. El impacto no se va a reflejar solamente en la forma en que nos movemos las personas sino también en la forma en que movemos las cosas. Probablemente se aceleren algunos desarrollos de vehículos eléctricos de distribución de mercancías urbanas o centros de distribución puerta a puerta. Estos cambios van a tener un impacto específico en el largo plazo.

Cómo se comportarán los diferentes medios de transporte luego de la pandemia:

- el cambio en el transporte público será elástico ya que va a seguir siendo un transporte vital, necesario e imprescindible para el movimiento de las ciudades ya que el volumen de gente que mueve no puede ser absorbido

hoy por ningunos de los otros soportes o modos de transporte que disponemos en las ciudades. Por ese motivo es muy relevante la electrificación del transporte público. En la ciudad de Buenos Aires, en concreto, representa menos del 1% de la flota, implicando más del 25% de las emisiones contaminantes de sector automotor. En este segmento es donde se podría avanzar en una electrificación temprana que habilite a generar un impacto en el corto plazo.

- la micromovilidad tendrá un cambio estructural, en el caso concreto de Barcelona, se multiplicaron los usuarios de "Bicing", que es el servicio de bicicletas compartidas apenas se salió del confinamiento y muchas otras ciudades europeas están viendo incrementado el uso de estos sistemas. En este contexto, se ampliarán las bicis-sendas y los carriles-bici en 70 Km.
- La movilidad privada tendrá un cambio elástico dado que las ciudades no darán abasto para albergar tantos autos particulares

Respecto de cómo cambiarán las ciudades a partir de esta etapa, todavía no hay una tendencia clara, pero en el caso de Barcelona hubo una aceleración en la implementación de políticas que ya estaban en agenda, por ejemplo la reducción de la velocidad máxima en las calles (actualmente, en las dos terceras partes de las calles de la ciudad existe un límite de velocidad máxima de 30 Km por hora), lo que privilegió a los carriles-bici y a la promoción de la micromovilidad en general.

Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *¿La electromovilidad es compartida?*, realizada por la Dra. Ing. Mireia Gilibert, también en el seminario *Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19 (acceso al video en el siguiente enlace)*:

Existen cuatro grandes tendencias tecnológicas principales en el transporte automotor: conectividad,



vehículos autónomos, vehículos compartidos y vehículos eléctricos. Se analiza a continuación diferentes modalidades de servicios de transporte automotor compartido (car sharing), haciendo énfasis en su vinculación con la movilidad eléctrica:

- **Car sharing - Free floating.** Es el tipo de car-sharing en el que se selecciona un coche, se paga por minuto el uso y se devuelve en otro punto de la ciudad (dentro del área de servicio, que normalmente cubre toda la ciudad). Por lo menos en Europa la introducción de la electromovilidad empieza en este segmento y las flotas para este servicio son cada vez mayores. Todas ellas se basan en vehículos pequeños y eléctricos (vehículos más adaptados a las ciudades).
- **Car sharing - Station based o Rent-a-car.** Se ofrecen diferentes modelos de coches y es el típico servicio que se alquila por horas, días o semanas para hacer un trayecto más largo, por lo que un vehículo eléctrico en este tipo de flotas ya no encaja tanto por el tema del rango de kilómetros.
- **Taxi o VTCs (Vehículo de Transporte con Conductor).** Se trata de los servicios brindados por empresas como Lyft o Uber. En este segmento se empieza a observar la introducción de vehículos híbridos.
- **Shared ride-hailing.** Es un servicio de taxi compartido. Estas flotas suelen ser 100 % eléctricas y a diferencia de un servicio de taxi convencional donde el mismo es utilizado por una única persona aquí se puede compartir el trayecto con personas que van en la misma dirección.

En lo que respecta al boom de las micromovilidad se destaca la presencia de la electromovilidad, en particular servicios de bicicleta, de motos y/o monopatines con la modalidad *free floating*.

Se cree que la micromovilidad compartida solucionaría aquellos problemas que no pueden resolver los servicios individualizados, como ser:

- Elevados tiempos perdidos en embotellamientos
- Bajos tiempos de utilización de los vehículos: el coche, y también otros vehículos privados, están aparcados más del 90% de sus vidas, principalmente porque son utilizados para ir al trabajo, luego aparcados ocho horas durante la jornada laboral, para finalmente el regreso a casa.
- La contaminación del aire, que es uno de los principales causantes de varias muertes prematuras al año. De hecho, estamos hablando de cerca de 520 mil en Europa.

Proyecto Vectores
Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19

Presentación: "La electromovilidad en competencia"

Dr. Joz Mena-Gilbert, Universidad Pública de Córdoba

En primer lugar, quiero empezar exponiendo los cuatro grandes desafíos del sector de la automoción de los que se habla desde hace unos años, que serán: la sostenibilidad, el vehículo autónomo, compartido y eléctrico. Hoy voy a centrarme en el último, también conocido como *car sharing* o *free floating*, ya que es el que más se está desarrollando en el mundo y el que más se está adaptando a las ciudades. Este tipo de servicios de vehículos eléctricos que son furgonetas de tamaño pequeño, como el *Share Now* de la empresa *Share Now*, que son los que más se están utilizando en las ciudades. Este tipo de servicios de vehículos eléctricos que son furgonetas de tamaño pequeño, como el *Share Now* de la empresa *Share Now*, que son los que más se están utilizando en las ciudades.

Proyecto Vectores
Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19

Por otra parte tenemos los vehículos de conducción autónoma (AV) que son los que ofrecen diferentes modos de coche y ya el último servicio que se está poniendo en marcha es el de los vehículos eléctricos que son los que más se están utilizando en las ciudades. Este tipo de servicios de vehículos eléctricos que son furgonetas de tamaño pequeño, como el *Share Now* de la empresa *Share Now*, que son los que más se están utilizando en las ciudades.

Proyecto Vectores
Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19

En la ciudad de Barcelona se han recibido, desde que se abrió a la circulación, un número muy alto de vehículos eléctricos. Con respecto a los países de referencia, por lo que respecta al número de vehículos eléctricos en circulación, España se encuentra en un nivel muy alto, por lo que se puede considerar que España es uno de los países que más se está adaptando a las ciudades.

Mes	Número de viajes
Febrero	~1000
Marzo	~1200
Abril	~1500
Mayo	~1300
Junio	~1550 (+19%)

Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Infraestructura urbana para promover el uso de micromovilidad en la ciudad de Buenos Aires*, realizada por Mg. Lic. Felipe González, también en el seminario *Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19* ([acceso al video en el siguiente enlace](#)):

La presentación se focalizó principalmente en las siguientes temáticas:

- cómo se puede estimular el uso de la micromovilidad en las ciudades y resalta la importancia de construir infraestructura dado que cuando esta se expande más usuarios se vuelcan a su uso.
- jerarquización y especialización funcional de las vías, de manera tal que no todo el mundo use cualquier calle para lo mismo, compartiendo colectivos, autos, bicicletas, scooter, etc.
- métodos más eficientes para disminuir las velocidades de circulación
- existencia de carriles para micromovilidad en lugares cercanos a terminales de ferrocarriles
- la bicicleta como un dispositivo muy eficiente en el uso del espacio para la circulación.

Asimismo, se mencionó acerca de los efectos que puede tener el diseño de sendas para micromovilidad, entre los que se señaló:

- estimular el uso de la micromovilidad promoviendo entornos seguros y agradables de transitar
- desincentivar, a su vez, el uso de automóviles privados, quitando espacio para su circulación y estacionamiento



- ampliar el espacio de veredas para usos alternativos en tiempos de Covid-19 -bares, restaurantes, lugares de encuentro-;
- disminuir, en general, las velocidades de circulación, reduciendo la probabilidad de que ocurran accidentes y su vez su tasa de mortalidad;
- promover el uso más eficiente del espacio urbano, ya de por sí limitado, y crítico en tiempos de pandemia

Se incluye también el acceso a las reflexiones finales y palabras de cierre del seminario *Movilidad eléctrica en el transporte urbano post Covid-19*, brindadas por el Mg. Sc. Maximiliano Velázquez (acceso al video en el siguiente [enlace](#)).

Se destaca por último el impulso para la realización de Trabajos Profesionales y Tesis en forma integrada con los grupos de trabajo que componen el vector. Así, actualmente, se encuentran en curso cuatro trabajos profesionales de Ingeniería Industrial que suscriben al desarrollo de la presente línea de trabajo:

Título del Trabajo Profesional	Alumno/s
Factibilidad técnica, económica y ambiental de la incorporación de flota mixta con buses eléctricos, tecnologías alternativas (GNC, GNL, Biodiesel) y reconversión de tecnología existente (Diesel) a buses híbridos en grandes urbes	Guadalupe Acosta Olano

Estudio comparativo entre las tecnologías de energía eléctrica, biodiesel y GNC, analizando factores técnicos, ambientales y económicos; y estudio de la posibilidad de reconversión de buses Diésel (con media vida útil) a las tecnologías recién mencionadas.

Se realiza una modelización lineal de los factores estudiados y generación de un tablero de decisión que permita modificar las variables y tras la simulación, arroje un resultado óptimo de cuántos buses a cada tecnología conviene tener, y cuántos reconvertidos de Diésel. La idea es realizar este estudio de optimización utilizando el software *Lindo*.

Vale mencionar sobre esta experiencia, la sinergia lograda a partir de esta cooperación, que permitió el abordaje de problemáticas reales de la Ciudad de Buenos Aires –pudiendo realizar aportes concretos al diseño de políticas de movilidad eléctrica-, el acceso a bases de datos para análisis más profundos que de otro modo no hubiesen podido disponerse, el aporte de experiencias de los especialistas enriqueciendo el saber compartido en el área, y la generación de un espacio para intercambio de visiones y criterios consensuados. Todo esto redundando en una experiencia constructiva y positiva para el alumnado, docentes y graduados de nuestra Universidad, y en fortalecimiento de los lazos de cooperación interinstitucional.



Título del Trabajo Profesional	Alumno/s
Proyecto de integración de la micromovilidad al espacio urbano mediante el uso de dispositivos eléctricos.	Alan Leicach
Desarrollo de nuevo negocio para empresas de servicios (car sharing, car pooling, scooters, bicicletas etc) en ámbito público o privado	Juan Ignacio Bruscajin, Boiko Nicolas
Plan de integración de un servicio de monopatines/bicicletas eléctricas para conectividad de grandes centros de traspordo en la ciudad	Ignacio Argañaraz Arriazu, Balyan, Darío Alberto
Análisis de mecanismos de fomento y regulación para el despliegue de la movilidad eléctrica en diferentes áreas	Mateo Crinigan

Cabe destacar asimismo un Trabajo Profesional adicional, realizado en cooperación con la Subsecretaría de Planificación de la Movilidad del GGBA, Coordinación de Bajas Emisiones -a cargo de Milagros Garros-, en una temática de interés compartido, ligadas al transporte con un enfoque estratégico y factible de aplicarse en la Ciudad de Buenos Aires. A continuación se presenta su título y una muy breve reseña:



Infraestructura Eléctrica

Se incluye a continuación una breve reseña de los aspectos relacionados con la presente línea de trabajo incluido en la presentación titulada *Movilidad Eléctrica en Argentina y el sistema eléctrico*, realizada por Ing. Claudio Damiano en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 1° Encuentro* ([acceso al video en el siguiente enlace](#)):

Resulta importante destacar que los vehículos eléctricos existen desde finales del siglo XIX y muchas de las preguntas actuales ya se hicieron durante aquellos años y principios del siglo XX, principalmente acerca de los desafíos asociados a la recarga de este tipo de vehículos. La primera generación de vehículos del siglo XXI usó baterías extraíbles, similares a *notebooks*. Una readaptación de los vehículos existentes. Las baterías se recargaban en bloque. Estos proyectos fracasaron. La segunda generación de vehículos, con baterías integradas al chasis y con gerenciamiento térmico, dan lugar a una plataforma estilo skate, que debe cargarse allí donde esté el vehículo.

Como sabemos, existe una gran expectativa de crecimiento de vehículos eléctricos, con estimaciones de entre 266 y 600 millones para 2040, pero las demandas de los usuarios en cuanto a prestaciones son crecientes: por ejemplo, aunque haya mejorado la velocidad de recarga, los usuarios demandan a estos vehículos tiempos similares a las cargas de combustibles líquidos. En ese sentido, es interesante notar que si un automóvil *naftero* estuviera recargando, de forma hipotética, durante una hora, podría recorrer 12.000 km, mientras que uno eléctrico apenas podría recorrer 1.000km.

Una ventaja de los vehículos eléctricos es que las baterías pueden ser recicladas. Los packs de celdas tienen una segunda vida. Cuando llegan al 80% son reemplazadas para ser vendidas y reutilizadas en otros sitios que requieran almacenamiento cuando no hay sol o viento, es decir pasan a tener una vida estática. Volviendo a la recarga de vehículos y a la movilidad eléctrica a comienzos de siglo XX, en Manhattan en 1916 existían muchos lugares de recarga pero ya desde entonces se planteaba la necesidad de avanzar en normas de homogeneización de conectores, lo cual es un tema de relevancia hoy, ya que actualmente existe una disputa para imponer alguna de las variantes de este tipo de tecnología. En este contexto, la interoperabilidad, es decir que cualquier auto pueda cargar en cualquier cargador, está en una etapa tan incipiente como necesaria. Aún se necesita contar con protocolos de

comunicaciones y seguridad para la recarga de energía en vehículos. En cuanto a los métodos de recarga disponibles se tiene por ejemplo a la inducción – bobina de inducción, la carga por pantógrafo en catenaria, la carga de tipo *scalectrix*, la carga en las cocheras, cargadores en las carreteras y cargadores de emergencia en camionetas –también existe la diferenciación entre carga *rápida* y carga *lenta*-. Estas variantes responden a los problemas con los horarios de recarga y la saturación del sistema eléctrico y la necesidad de pensar en un círculo virtuoso entre energías renovables y vehículos eléctricos.



Se incluye a continuación una breve reseña de los aspectos relacionados con la presente línea de trabajo incluidos en la presentación titulada *Enel X*, protagonista de la movilidad eléctrica, realizada por Lic. Adrián Peragallo en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 2° Encuentro* ([acceso al video en el siguiente enlace](#)):

Enel X cuenta con diversos proyectos en Latinoamérica, en especial relacionados con el transporte público, que serán comentados en esta presentación. Una primera reflexión tiene que ver con que el fomento de la movilidad eléctrica implica la generación de ciertas condiciones favorables. Así por ejemplo, actualmente en nuestro país un auto como el Nissan LEAF tiene un impuesto a los bienes suntuarios, y los cargadores de baterías útiles para para ese tipo de automóviles tienen aranceles elevados para su importación; se requiere de medidas que puedan corregir estas



situaciones que no promueven una introducción más rápida de la movilidad eléctrica. Esto más allá de ciertos beneficios o ventajas que pueden aplicarse para fomentar el uso de la movilidad eléctrica en los usuarios finales, muchos de ellos aplicados en otros países, entre otros:

- el no pago de patentes,
- el no pago de peaje
- poder circular en zonas que están prohibidas para autos a combustión.

En relación con el mercado de la movilidad eléctrica se observan algunos hechos destacables:

- se observa una a la baja en el precio de las baterías eléctricas, lo que podría dar lugar a que, según indican varios estudios, para el año 2024 los autos eléctricos podrían tener el mismo costo que los autos impulsados por motores a combustión interna.
- En este contexto, se avizora un crecimiento exponencial en las ventas de vehículos eléctricos a nivel mundial en las próximas dos décadas, con China como el mercado más importante y con Estados Unidos con el mayor ritmo de crecimiento.
- En América Latina, por otro lado, se encuentra más atrasada en la introducción de estas tecnologías, pero sí hay avances importantes en lo que respecta a buses eléctricos, al punto que se calcula que para el año 2023 puede haber entre 2000 y 3000 de estos vehículos funcionando en la región.

Por último, se comenta la experiencia de ENEL X en el desarrollo del servicio de buses eléctricos en Santiago de Chile, que implicó la puesta en funcionamiento de más de 150 buses eléctricos desde 2019, con planes para incrementar esta cantidad hasta las 600 unidades a finales de 2020, lo que ubicaría a Chile en el segundo país a nivel mundial en cuanto a la introducción de buses eléctricos.

Una cuestión importante que surgió en la experiencia de Chile se refiere al terreno y sus relieves; por ejemplo un problema detectado en las pruebas piloto tuvo que ver con el hecho de que varias líneas requieren que las unidades se detengan en pendientes de hasta casi a 30 grados, lo que requirió la incorporación de motores de mayor torque, que permitan poner en movimiento los buses en esas condiciones. Otro aspecto relacionado es que las mencionadas condiciones del terreno de Santiago de Chile permiten por otra parte cargar las baterías al 90% y que el restante 10% se realice en el primer tramo de los recorridos, que se realizan en caminos con pendiente descendiente.

Por último se hizo mención a otras experiencias en Latinoamérica como la de Colombia y la de Perú.



Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Electrificación de buses de líneas de jurisdicción Nacional. Planificación e implementación analizando el impacto económico y energético*, realizada por el Ing. Nicolás Girado y por el Ing. Sebastián Canziani –ambos estudiantes avanzados al momento de dar la presentación- en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 2° Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)²⁸):

Se analiza el potencial impacto económico y en el sistema eléctrico de la electrificación de los buses de jurisdicción nacional. El trabajo se dividió en dos partes, la primera es un estudio de mercado que contempla la dimensión general y la dimensión local (AMBA) en relación al mercado eléctrico y a sus capacidades, y luego una serie de dimensionamientos que implica estimar costos e inversiones requeridas.

Como marco general se señaló que:

- China posee el 99% de la flota de buses eléctricos
- Estados Unidos y Europa vienen creciendo muy rápidamente en la incorporación de este tipo de vehículos
- América Latina recién está comenzando a adquirir sus primeros buses eléctrico y el principal referente es Chile (aunque con la incorporación de soluciones llave en mano desde el exterior)

En cuanto a las características técnicas básicas de los buses eléctricos, se tiene que existen los diseñados para carga *lenta*, que con aproximadamente 4 horas de carga permiten una autonomía promedio de 200 km y con potencias relativamente bajas. Y los diseñados para carga *rápida*, que pueden ser cargados hasta en 10 minutos, por ejemplo, en las cabeceras de los recorridos, o incluso en 30 segundos, en las paradas -para lo cual es importante considerar la frecuencia requerida de los buses-, actuando con potencias

²⁸ Todos los videos correspondientes a la presentación de avances de Trabajos Profesionales de ingeniería incluidos en este seminario se integran en este único video general.



bastante mayores, por lo que la infraestructura de carga es bastante más cara en este caso.

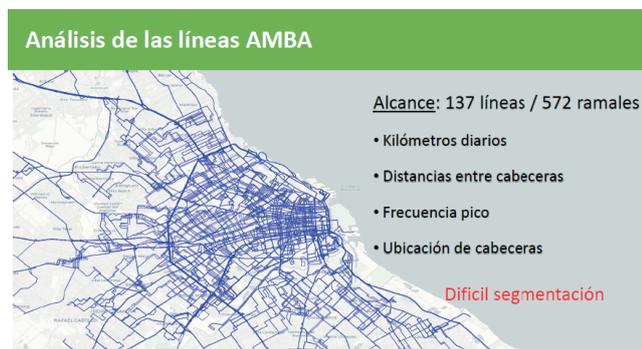
Para la realización del estudio se tuvieron en cuenta tres escenarios, asociados a la incorporación de buses:

- 100 % unidades de carga rápida
- 100 % unidades de carga lenta
- Un mix de 50% de unidades cada tipo de carga

Asimismo, se asumió un tiempo total para el recambio completo de la flota de buses de 10 años, plazo en el cual toda la flota pasaría ser 100% eléctrica.

Para cada uno de los escenarios definidos se determinó:

- Potencia de energía demanda y su equivalente en subestaciones eléctricas
- Costos incurridos diferenciados por buses, cargadores e infraestructura eléctrica (tanto para las líneas de colectivos como para las distribuidoras eléctricas)



Por último se incluye una breve reseña de la presentación titulada *Escenarios Energéticos para la Movilidad Eléctrica*, realizada por el Ing. Darío Slaifstein –estudiante avanzado al momento de dar la presentación- en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 2º Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)²⁹):

Los escenarios energéticos son una herramienta de planificación de un sistema energético, que resulta útil para analizar el impacto de políticas y tendencias relacionadas con las fuentes primarias como con el consumo de energía, y permite evaluar específicamente los desafíos vinculados a la Movilidad Eléctrica.

A través de esta herramienta podremos realizar ejercicios de simulación para saber qué pasaría si ocurriesen tales eventos o si se modificasen ciertas variables de tal o cual manera. Para el trabajo presentado:

- Se tuvo en cuenta el comportamiento de diferentes vehículos eléctricos
- Se lo combinó con diferentes variantes de generación de energía (variación en la participación de las energías renovable y no renovables)
- Se obtuvieron diferentes indicadores: evolución de la matriz energética, emisiones de gases de efecto invernadero y los costos de generación de energía

Los principales resultados obtenidos fueron:

- Mejoras en el plano de la eficiencia energética por introducción de vehículos eléctricos
- Beneficios adicionales si además se realiza la carga de forma inteligente. Ejemplo: reemplazo de centrales basadas en gas natural por energías renovables (disminución de gases contaminantes y aumento de saldos exportables del combustible no utilizado)
- Posibilidad de usar los vehículos como acumuladores de energía eléctrica / *back up* de la red.



Se destaca por último el impulso para la realización de Trabajos Profesionales y Tesis en forma integrada con los grupos de trabajo que componen el vector. Así, actualmente, se encuentran en curso, o bien fueron finalizados recientemente, trabajos profesionales y tesis de Ingeniería Industrial y de Ingeniería Civil, así como tesis de maestría del Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética, CEARE, de la Facultad de Derecho:

²⁹ Todos los videos correspondientes a la presentación de avances de Trabajos Profesionales de ingeniería incluidos en este seminario se integran en este único video general.



Titulo del Trabajo Profesional	Alumno/s	Institución
Estrategia y hoja de ruta para la implementación de una red de carga pública para vehículos eléctricos en transporte público (estaciones en centros de trasbordo, carga de oportunidad y terminales comunes)	Lucas Ferrari	FIUBA - GCBA
Estrategias para la implementación de omnibus de energía limpia en el transporte público del AMBA	Matías Rigoni, Luis Ceccarelli, Juan Vido	FIUBA - GCBA
Estudio de simulación de consumo de energía de buses eléctricos para transporte público con recorrido definido, criterios de optimización de autonomía y sistemas de carga	Gonzalo Fichera	FIUBA - GCBA
Proyecto de estaciones de carga pública rápida y semi rápida para vehículos eléctricos particulares	Juan Tricarico, Emilio Grondona	FIUBA - GCBA
Factibilidad y economía del Hidrógeno para despliegue de estaciones de suministro para transporte de carga de larga distancia en Argentina	Juan Ignacio Peón, Martínez, Santiago Alonso	FIUBA
Estudios de comportamiento y optimización de redes de distribución incluyendo generación distribuida y conexión de vehículos eléctricos, considerando gestión inteligente de demanda.	Horacio Gaetano, Agustín Mareco Dürks	FIUBA
Factibilidad de incorporación de buses eléctricos en el sistema de transporte público mediante incentivos	Ramiro Blanco, Facundo Cagnasso, Nicolás Vega	FIUBA
Factibilidad e impacto de introducir incentivos de carga para VE en tarifas eléctricas	Andrés Pilz Dinale, María Sol Gerchunoff	FIUBA
Optimización de la infraestructura de carga para buses eléctricos en terminales del ámbito metropolitano con evaluación técnico económica en el sistema de distribución eléctrica	German Romero	FIUBA
Planificación y operación de H2 verde en la argentina.	Ariel Levi	FIUBA
Inserción del Hidrógeno en la Matriz Energética Nacional y su aplicación para el transporte	Bautista Figoli, Miguel Angel Lombardi	FIUBA
Movilidad Eléctrica, barreras y medidas de fomento para el nuevo agente del mercado eléctrico	Jorge Diaz Gomez	CEARE
Planificación de electrificación de transporte urbano en un centro urbano	Martin Arias	CEARE

Cabe destacar asimismo que parte de los citados trabajos de investigación se realizaron en cooperación con la Subsecretaría de Planificación de la Movilidad del GCBA, Coordinación de Bajas Emisiones -a cargo de Milagros Garros-, en temáticas de interés compartido, ligadas al transporte con un enfoque estratégico y factible de aplicarse en la Ciudad de Buenos Aires. A continuación se incluye una muy breve reseña de dichos trabajos:

- Estrategia y hoja de ruta para la implementación de una red de carga pública para vehículos eléctricos en transporte público (Lucas Ferrari):

El trabajo desarrolla una herramienta de modelización para la toma de decisión sobre la adquisición de vehículos eléctricos para el transporte público en función de las necesidades del sector público y el sector privado.

- Desarrollo de la infraestructura de carga rápida y semi-rápida para autos eléctricos particulares en el ámbito urbano e interurbano (Juan Tricarico y Emilio Grondona):

El trabajo se basa en el desarrollo de la infraestructura de carga rápida y semi rápida pública para autos eléctricos particulares. El alcance es la región de AMBA y el tramo Buenos Aires-Córdoba de la Ruta Nacional 9, definiendo localización y tipo de cargadores para las zonas analizadas.

- Estudio de simulación de consumo de energía de buses eléctricos para transporte público con recorrido definido, criterios de optimización de autonomía y sistemas de carga (Gonzalo Fichera):

El foco del estudio es la electrificación -100 %- de la flota de una línea en particular. Se analizan los resultados obtenidos en la prueba piloto de la línea 59 con una base de datos brindada por el GCBA, la relación entre la autonomía, estado de carga y consumo de energía. En el estudio técnico se analiza la operación para definir su optimización.

- Estrategias para la implementación de omnibus de energía limpia en la AMBA (Luis Ceccarelli, Matías Rigoni y Juan Vido):

El trabajo se basa en una evaluación operacional, económica y ambiental de omnibus Diésel, Biodiesel, GNC y Eléctrico. Luego, a raíz de una clusterización de las líneas de jurisdicción nacional, se propusieron distintas estrategias de reconversión de flota para cada uno de los clusters definidos en función de sus características y para distintos escenarios.

Como se indicó antes en este volumen vale mencionar sobre esta experiencia, la sinergia lograda a partir de esta cooperación, que permitió el abordaje de problemáticas reales de la Ciudad de Buenos Aires -pudiendo realizar aportes concretos al diseño de políticas de movilidad eléctrica-, el acceso a bases de datos para análisis más profundos que de otro modo no hubiesen podido disponerse, el aporte de experiencias de los especialistas enriqueciendo el saber compartido en el área, y la generación de un espacio para intercambio de visiones y criterios consensuados. Todo esto redundó en una experiencia constructiva y positiva para el alumnado, docentes y graduados de nuestra Universidad, y en fortalecimiento de los lazos de cooperación interinstitucional.





Vehículos Eléctricos

Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Desarrollo para la industria de la movilidad*, realizada por el Ing. Diego Marino, Jefe del Departamento de Desarrollo para la Movilidad del INTI en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 1° Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)):

El abordaje de la electromovilidad también implica aspectos técnico-legales, y en este sentido resulta importante el papel del INTI como organismo verificador del cumplimiento de normas y estándares definidos por el Estado, y responsable de otorgar licencias.

Así por ejemplo, para que un vehículo esté autorizado para circular, requiere una Licencia de Configuración de Modelo, LCM. Para llegar a obtenerla, es necesaria la trazabilidad y parametrización del vehículo así como ensayos sobre la base de normativas como la Ley de Tránsito, así como decretos y regulaciones específicas.

Para eso se evalúan los sistemas, componentes y la calidad de producción. Es importante saber también que estas Licencias de Configuración de Modelo, LCM, deben ser obtenidas tanto por productos fabricados localmente como por los importados.

Como corolario de lo expuesto, se tiene que, para el desarrollo pleno de la movilidad eléctrica en el país, y de la industria correspondiente, el país necesita contar con laboratorios adecuados que permitan realizar ensayos -existentes vacancias en varias áreas, por ejemplo en cuanto a ensayos de choques-, lo cual redundaría positivamente en las posibilidades de desarrollo tecnológico y productivo a nivel local en estas tecnologías.



Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Movilidad sostenible en Latinoamérica. La electromovilidad como driver del cambio tecnológico*, realizada por el Sr. Mariano Jimena -presidente de Asociación Argentina de Vehículos Eléctricos y Afines, AAVEA, y también presidente *pro t mpore* al momento de la presentación de la Asociación Latinoamericana de Movilidad Sustentable, ALAMOS-, en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 1  Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)):

La Asociación Argentina de Vehículos Eléctricos y Alternativos, AAVEA, fue fundada en 2013 por 23 socios, que ya son más de 100 en la actualidad, y desde entonces viene trabajando por el desarrollo de esta alternativa tecnológica en el país. A su vez, la Asociación Latinoamericana de Movilidad Sostenible, ALAMOS se conformó en México en 2019, con participación de asociaciones de 5 países -ampliable seguramente a 10 países en el corto plazo-, entre ellos Argentina, que a través de AAVEA est  a cargo de su primera presidencia *pro t mpore*.

La circulación de vehículos eléctricos en Argentina es un hecho muy reciente, recién en 2018 se comercializaron y circularon los primeros, de la empresa Renault, lo cual pudo hacerse realidad a partir de la sanción del decreto 32/2018, que modifica la Ley 24.449 (Ley de Tránsito). Pero el desarrollo de esta modalidad de transporte necesita de un impulso mayor, de carácter integral, para lo cual estamos impulsando una Ley que promueva la electromovilidad sostenible, teniendo en cuenta cuestiones ambientales, de ciencia y técnica, de eficiencia energética, entre otras. Es importante volver por un momento a lo que se dijo en la introducción, los motores eléctricos, por su eficiencia superior al 90-95%, son una alternativa superadora a la de los de combustión interna, aun cuando la matriz energética es esencialmente de base térmica, como ocurre en Argentina en donde sólo el 6-8% de la energía producida es de fuentes renovables. Así, se debe trabajar en simultáneo por mejorar el perfil de la generación de energía en el país, bajando el peso de la generación térmica.

Por último, se enfatizó que para el avance de la electromovilidad en el país es necesaria una industria argentina en este campo, para lo cual hacen falta instituciones como INTI, que participa de este encuentro, y de IRAM -que por ejemplo generó una norma para



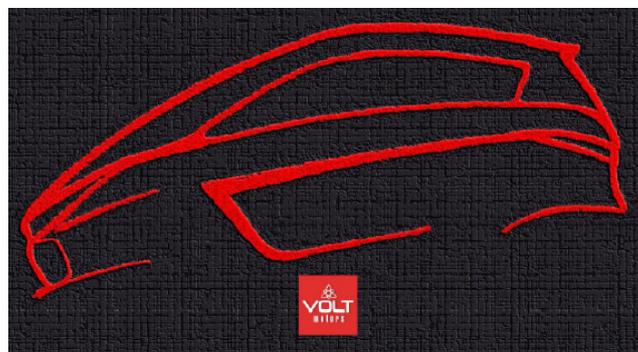
bicicletas eléctricas (Norma 60.020), que se certifica en INTI-. Si bien existen avances en el país -en este momento hay 7 proyectos de ley nacionales y provinciales sobre este tema, y existen proyectos industriales interesantes en el país-, venimos en general rezagados para lo que podríamos estar logrando. Aun así, estamos a tiempo para ser referencia en la región en esta temática, para lo cual es clave empezar desde ahora, por ejemplo en lo que respecta a la formación de recursos humanos especializados para atender los desafíos tecnológicos del presente y el futuro en este campo.



Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Volt motors, vehículo eléctrico nacional*, realizada por el Ing. Javier Moyano (Volt Motors) en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras - 1° Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)):

Se enfatizó en el hecho de que el gran desafío nacional en materia de vehículos eléctricos no es hacer un auto eléctrico, sino una fábrica de autos eléctricos, con una mirada de largo plazo. Asimismo, se abordaron las siguientes temáticas:

- Cómo y por qué ahora nace la empresa Volt Motors
- Cuál es el futuro de la movilidad eléctrica en Argentina y cuál es su potencial mercado
- Cuál es diseño ideal de un vehículo eléctrico para el mercado nacional
- Características técnicas principales del Volt E1, actual modelo en venta
- Tecnologías de producción
- Aprendizajes desde el sector aeroespacial
- Grado de integración nacional de los principales componentes que conforman la unidad
- Baterías: ¿tiene sentido pensar en el desarrollo de la Industria nacional?



Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Sero Electric: Industria argentina de vehículos eléctricos*, realizada por Sr. Pablo Naya (Sero Electric) en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras - 1° Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)):

Se trazó una línea de tiempo con los acontecimientos principales de la empresa desde sus inicios hasta el momento de la presentación, resaltando sus logros principales y sus próximos objetivos en el corto plazo. Asimismo, se abarcaron los siguientes aspectos:

- Comparación de vehículos de combustión interna vs vehículos eléctricos (contaminación y costo por km)
- Modelo de negocios
- Proceso de obtención de la reglamentación requerida para circular (Licencia de Configuración de Modelo, LCM) y Homologación (INTI)
- Incorporación de la categoría vehicular L6 (cuatriciclos carrozados) a la ley de tránsito nacional
- Características técnicas principales de los 3 modelos a la venta actualmente (medidas y capacidades)
- Materiales utilizados y proceso productivo
- Evolución global de la venta de VE e híbridos y su proyección en los próximos años
- Capacidad de producción actual y ubicación de la planta
- Posibles usos alternativos de los vehículos producidos por la empresa (correo, hoteles, turismo, barrios privados, etc.)





Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Estudio de factibilidad para la producción nacional de autobuses urbanos 100% eléctricos para el mercado local*, realizada por el Ing. Patricio Priano, la Ing. Mariela Chaab y el Ing. Joaquín Chazarreta –estudiantes avanzados al momento de dar la presentación- en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 2º Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)³⁰):

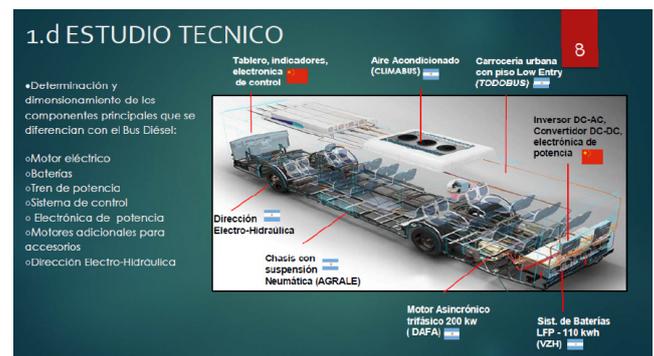
En la primera parte de la presentación se realizó una comparación entre buses eléctricos y buses de combustión interna, se presentó diversos tipos de buses eléctricos y se explicó en términos generales sus principios de funcionamiento y sus componentes principales.

Luego se avanzó con la presentación del estudio de mercado realizado, comenzando por su capítulo internacional, en el que se analizaron casos de Europa como Francia, España, Reino Unido y de América Latina, como Brasil, Chile y Colombia; en todos ellos se analizaron las políticas públicas implementadas, así como los logros y dificultades verificadas para el avance de este tipo de tecnologías.

Para el caso de Argentina, se tomaron en cuenta todas las ciudades de país que cuenten con una población de más de 50 mil habitantes y con flotas de buses mayores a 100 unidades. Para estos casos se analizaron recorridos, distancia entre cabeceras y kilómetros recorridos por día, obteniendo como primer dato significativo que el 90% de los recorridos analizados tienen una distancia entre cabeceras igual o inferior a 52 Km, distancia para la cual se necesitarían baterías de hasta 110 KWh por bus, sumando el conjunto de buses incluido en este segmento de análisis suma alrededor de 15.000 unidades.

Además, para garantizar la frecuencia de estos buses, se encontró que necesariamente deberían incluir sistemas de carga rápida en su recorrido, además de los sistemas de carga lenta ubicados en las cabeceras. Esta opción dual para la carga de las baterías se considera conveniente también por el hecho de que las baterías representan un porcentaje significativo en el costo de las unidades -entre un 30% y un 50%- por lo que incorporar baterías más pequeñas contribuye al descenso de costos y vuelve a la opción eléctrica más competitiva frente al diesel.

En cuanto al análisis de la posibilidad de fabricar buses eléctricos en el país, debe observarse en primera instancia que las diferencias esenciales entre ese tipo de buses y los impulsados por diesel son básicamente la batería y el motor, existiendo diferencias también en lo que respecta al tren de potencia, los sistemas de control, dirección hidráulica, entre otros elementos. En el caso del motor, los buses eléctricos a introducir en el país podrían emplear, de acuerdo con nuestros estudios, uno de tipo asincrónico trifásico, de 200 KW de potencia, los cuales son fabricados actualmente en el país. En el caso de las baterías, existen empresas que ensamblan en el país las del tipo requerido, pero sería importante que pudiera avanzarse en una integración nacional más plena, aprovechando por ejemplo las capacidades del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales Avanzados en Acumulación de Energía, CIDMEJu. Con respecto al chasis, se cuenta en el país con larga experiencia en su fabricación y actualmente el 100% de los buses urbanos argentinos tienen chasis fabricados en el país. En este ítem por otro lado no existirían grandes diferencias entre los buses diesel y los eléctricos, salvo las modificaciones de diseño necesarias para alojar las baterías, que como se está trabajando en la línea de que éstas sean de la menor capacidad necesaria, se vería asimismo facilitado. Por último, para profundizar estos análisis se propone avanzar en el dimensionamiento de las plantas productiva requerida para la fabricación de estos vehículos y sus componentes, y los análisis financieros necesarios, buscando la maximización de la integración nacional. También resulta de interés la posibilidad de analizar el potencial para la exportación de los buses por ejemplo hacia otros países de Latinoamérica.



³⁰ Todos los videos correspondientes a la presentación de avances de Trabajos Profesionales de ingeniería incluidos en este seminario se integran en este único video general.



Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Plataforma de simulación física de resistencia al avance para motores de vehículos eléctricos*, realizada por el Ing. José Sotelo a partir de su tesis de grado de ingeniería electricista, que consistió en desarrollar una plataforma que permitiese simular cuplas resistentes en autos eléctricos en distintos tipos de caminos para poder evaluar el comportamiento dinámico y energético de los sistemas motrices. Para alcanzar este objetivo se planteó la necesidad de generar un modelo físico, cuyo funcionamiento y dimensionamiento se describe a continuación (acceso al video en el siguiente [enlace](#)³¹):

Características del banco:

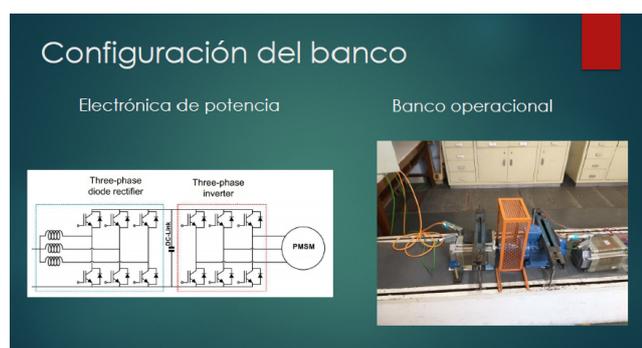
- Motor sincrónico de imanes permanentes interiores
- Convertidor de par por control vectorial
- Computadora con puerto Ethernet
- Unidad de control Simotion D425
- Ciclo de trabajo europeo

Asimismo, el Modelo contempla 3 tipos de cuplas resistentes:

- Resistencia Aerodinámica
- Resistencia al Ascenso (pendiente)
- Resistencia por Rodadura (fricción)

Las conclusiones del estudio fueron:

- La disponibilidad de bancos de estas características permitirá efectuar pruebas de operación de la planta motriz de un vehículo eléctrico en diversos escenarios, incluyendo los ciclos estándar establecidos por diversas normas internacionales.
- Si bien el banco está disponible para sistemas de vehículos ligeros, su implementación puede ser escalada a sistemas de mayor porte.



Por último, se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *Desarrollo de vehículos eléctricos en la Argentina*, realizada por la Inga. Irina Winokur y el Ing. Facundo Jurado – ambos estudiantes avanzados al momento de dar la presentación- en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 2º Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)³²):

El estudio consistió en un relevamiento del mercado de vehículos eléctricos de uso privado en Argentina y de oportunidades para su desarrollo en el país. Fue importante en este sentido realizar la siguiente pregunta: ¿en qué contexto se desarrolla actualmente un mercado de vehículos eléctricos? Es el Estado el estamento que se ubica como catalizador de la creación y crecimiento de este mercado, empleando para ello herramientas como:

- Subsidios a la cadena de valor (terminales, autopartistas, tecnología asociada)
- Subsidios a los consumidores (beneficios impositivos, financiación diferenciada)
- Cambios en regulaciones (mercado eléctrico / mercado automotriz / espacio público)

En cuanto al caso argentino, el estudio se focalizó especialmente en el mercado de *city cars* y de utilitarios pequeños -del tipo del modelo *Kangoo* de la empresa Renault-, que son el tipo de vehículos que aparecen como más afines a la electromovilidad tal como se mencionó antes, y que son además los segmentos-objetivo que han elegido nuestras empresas nacionales productoras de vehículos eléctricos en su etapa inicial de desarrollo. Así, se observó que el mercado de *city cars* representa en forma estable alrededor del 10% del total de patentamientos de vehículos de pasajeros vendidos en Argentina, y que el mercado de utilitarios pequeños representa alrededor del 20% del total del mercado de vehículos comerciales livianos -aproximadamente el 50% del volumen de mercado de los *city cars*-.

También, a partir de las proyecciones disponibles para la actividad económica de la región, se estimó la demanda de *city cars* y pequeños utilitarios para los próximos 5 años, en Argentina, Brasil y Chile, buscando estimar la cantidad de éstos que podrían ser captados por alternativas eléctricas, recurriendo a la modelización mediante escenarios. Planteamos 3 escenarios potenciales, que denominamos *lento*, *medio* y *acelerado*, y para su construcción nos basamos no sólo en las tendencias disponibles sino en encuestas realizadas a potenciales compradores de *city cars*, analizando sus preferencias por la opción convencional

31 - 32 Todos los videos correspondientes a la presentación de avances de Trabajos Profesionales de ingeniería incluidos en este seminario se integran en este único video general.



o eléctrica, poniendo en consideración -a iguales niveles de confort, seguridad y performance- ciertas ventajas para la opción por la electromovilidad, así como factores de precio y autonomía.



Se destaca por último el impulso para la realización de Trabajos Profesionales y Tesis en forma integrada con los grupos de trabajo que componen el vector. Así, actualmente, se encuentran en curso, o bien fueron finalizados recientemente, trabajos profesionales y tesis de Ingeniería Industrial, así como tesis de maestría del Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética, CEARE, de la Facultad de Derecho:

Título del Trabajo Profesional	Alumno/s	Institución
Análisis de prefactibilidad de desarrollo de autopartes nacionales para la fabricación de vehículos eléctricos (con el INTI)	Ari Karzovnik, Wajnsztok Andrés, Zaleski Diego	FIUBA - INTI
Estudio de Prefactibilidad para la implementación de vehículos eléctricos de última milla en los sistemas de micrologística urbana en la CABA	Franco Lunghi, Augusto Dadomo	FIUBA - GCBA
Análisis de factibilidades técnicas, económicas, ambientales y legales sobre retrofiting de buses en CABA	Ramiro Graziano, Juan Ignacio Gordon, Juan Manuel Carballeiro	FIUBA - GCBA
Análisis de la implementación o reconversión de vehículos eléctricos en los aeropuertos (buses, camiones, tractores), teniendo en cuenta la posibilidad de cargar en el mismo Aeropuerto en los momentos de baja demanda	Felipe Fernandez, Julián Dardanelli, Agustín Giannasi	FIUBA
Electrificación de la flota de taxis que operen en una ciudad o comuna determinada (ej.: Hurlingham)	Pontón Tomás, Muñoz Selva Facundo, Slimmens Gimena	FIUBA
Optimización y factibilidad del diseño de buses híbridos a través de la reconversión de tecnología existente y uso de propulsión con generador para grandes urbes de Argentina	Agustín Iraldi, Caraboni Ignacio Javier	FIUBA
Optimización del proceso productivo y diseño de vehículo eléctrico Astor	Emiliano Tofolo	FIUBA
Factibilidad de fabricación de componentes locales y desarrollo de tecnología para la integración de la cadena de valor del vehículo eléctrico en transporte público	Eugenia Wasylyk, Ramiro Sicardi	FIUBA
Análisis de la reconversión de buses de CI a Hidrógeno o a GNC con Blending de Hidrógeno en cierto %	Francisco Forrester, Facundo Santos	FIUBA
Desarrollo y conversión de flota de utilitarios para servicio comercial (logístico, distribuidora, correo, etc.) - (Posibilidad de realizar junto a DHL)	Ian Epstein, Juan Ignacio Schwerdt	FIUBA
Diseño de vehículo eléctrico urbano para persona con movilidad reducida	Ivo Prestifilippi, Martin Selvaggi	FIUBA
Electrificación (retrofit o 0km) de camiones de basura o de recolección de residuos de poda. Analizar la viabilidad de la implementación y la forma de operación más óptima	Joaquín Moteldo, Stefano Scordamaglia, Santiago Caram	FIUBA
Cadena de valor agregado de la industria de la electromovilidad en Argentina	Regina Ranieri	CEARE



Baterías y cadena de valor del litio

Se incluye a continuación una breve reseña de la presentación titulada *El litio en Jujuy, desde la extracción al valor agregado. Una visión desde la Investigación y el Desarrollo, hasta la Inversión y la Producción*, realizada por el Ing. Héctor Simone – por entonces presidente y Director Ejecutivo del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales Avanzados en Acumulación de Energía, CIDMEJu, también conocido como ‘Instituto del Litio’- en el seminario *Movilidad eléctrica en Argentina. Actualidad, desafíos y perspectivas futuras – 2º Encuentro* (acceso al video en el siguiente [enlace](#)):

La presentación se inicia con una descripción del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales Avanzados en Acumulación de Energía, CIDMEJu, su interacción con los distintos organismos nacionales involucrados en la industria del litio y las áreas en las que se dividen los proyectos del instituto:

- Obtención de carbonato de litio a partir de salmueras
- Obtención de litio metálico y baterías a partir de carbonato de litio

También se explican de los procesos para la obtención del carbonato de litio y se hace referencia a las reservas mundiales de litio y la ubicación de Argentina en este escenario mundial.

Se mencionan consideraciones que justifican la producción nacional de litio metálico en Argentina, la posibilidad de contar con una planta piloto en Jujuy para este fin a partir de sales y las escalas de producción posibles.

Se hace referencia a diferentes asociaciones internacionales que el país podría profundizar para avanzar en la fabricación de baterías de litio en Argentina y al tipo de batería más conveniente para tal fin. Se hace referencia a posibles plantas complementarias focalizadas en:

- Producción de celdas cilíndricas de baja densidad (notebooks, ebikes, etc.)
- Producción de celdas prismáticas de alta densidad
- Producción de Fosfato (LiFePO4) a partir de Carbonato de Litio
- Reciclado, tratamiento y reutilización de baterías de Litio

Se presentan diferentes tipos de celdas y de componentes internos, así como los procesos de ensamblaje de celdas.



Se destaca asimismo el impulso para la realización de Trabajos Profesionales y Tesis en forma integrada con los grupos de trabajo que componen el vector. Así, actualmente, se encuentran en curso tres trabajos profesionales de Ingeniería Industrial que suscriben al desarrollo de la presente línea de trabajo:

Título del Trabajo Profesional	Alumno/s
Factibilidad de fabricación nacional de baterías de litio para vehículos eléctricos de diferentes características	Cristian Gil, Manuel Mauvecin
Planificación estratégica para el desarrollo de la cadena de valor nacional del Litio	Fabrizio D'Alto
Estado del arte de baterías para movilidad eléctrica, comercialización y desarrollo de tecnologías futuras	Nicolás Battaglia





Impacto Ambiental

Si bien la temática ambiental está presente por definición en el sentido del vector Movilidad Eléctrica y en cada una de sus actividades, todavía no se realizaron encuentros específicamente focalizados en el tratamiento específico de esta temática.

Sin embargo, se dio impulso a la realización de Trabajos Profesionales y Tesis en forma integrada con los grupos de trabajo que componen el vector y actualmente se encuentran en curso dos trabajos profesionales de Ingeniería Industrial que suscriben al desarrollo de la presente línea de trabajo:

Título del Trabajo Profesional	Alumno/s
Factibilidad de reutilización de baterías para generación distribuida y/o estaciones de recarga, reciclado y métodos de disposición final	Milagros Angellotti, Mora Gonzalez Gebhard
Análisis del balance y eficiencia energética de buses a GNC y buses eléctricos con evaluación de impacto ambiental	Alejandro Rothlisberger





 Proyecto
Vectores