

Hacia un transporte sustentable

Por *Roberto Prieto y Salvador Gil*
(Escuela de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina)

Asistimos a grandes cambios en el modo de enfocar los desafíos sociales, energéticos y medioambientales respecto de la movilidad. En particular, en la pospandemia: ¿qué formas de movilidad prevalecerán?, ¿cuáles serán los modos más sostenibles y adecuados?

El transporte es fundamental en el desarrollo de cualquier sociedad. Precisamos del transporte tanto para mover la producción y las mercancías, como para movilizarnos. Además, el transporte es responsable del 22% de las emisiones los Gases de Efecto de Invernadero (GEI) asociados a la energía y del 16% del total de ellas. Es decir, no solo es causante de una fracción importante de las emisiones globales de GEI, responsables del calentamiento global; sino también de otras emisiones contaminantes locales: partículas microscópicas, gases tóxicos, etc., que causan numerosas enfermedades y muertes. La gravedad de este hecho es aún mayor si tenemos en cuenta el notable crecimiento de la flota de vehículos. De mantenerse la tendencia actual,

el número de vehículos en el mundo para 2050 podría llegar a triplicar el que había en 2010.

En la Argentina y en el mundo estamos asistiendo a grandes cambios en el modo de enfocar los desafíos sociales, energéticos y medioambientales respecto de la movilidad, en particular, en la pospandemia. En esta nota nos proponemos analizar tanto los costos de movilidad para distintos medios de transporte como sus impactos ambientales, explorando la posibilidad de usar distintas tecnologías y vehículos, desde bicicletas, *scooters*, vehículos livianos convencionales y eléctricos hasta buses convencionales, eléctricos y a gas natural. En cada caso comparando sus costos y emisiones para las distintas alternativas.



Sin embargo, es importante señalar que la problemática de un transporte sustentable excede ampliamente la tecnología de los vehículos y sus combustibles e incluye el tipo de organización social, económica y urbanística. Muchas veces, estos condicionantes, según las distancias involucradas, promueven el traslado de personas a través de vehículos, como automóviles y autobuses en detrimento de otras alternativas más sostenibles, como bicicletas, *scooters* o miniautos eléctricos, entre otros. En este contexto, cabe preguntarse ¿cuáles pueden ser los modelos de ciudades del futuro que reducirán los viajes y qué tipo de combustibles e insumos energéticos sería conveniente utilizar en el sector del transporte en las próximas décadas?

En el mediano plazo es previsible que la movilidad eléctrica alcance un gran desarrollo en el mundo y en el país en la medida que el costo de las baterías y los vehículos disminuya, especialmente en vehículos livianos, motos y bicicletas. Sin embargo, la flota de buses y camiones es muy factible que tenga una transición más lenta hacia lo eléctrico. Allí aparece una oportunidad importante para el Gas Natural Comprimido (GNC).

Introducción

Tanto en el mundo como en la Argentina, el transporte es responsable de un tercio del consumo energético total. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) (1), el transporte es responsable del 16% de las emisiones totales de los GEI en el mundo y del 22% si consideramos solo las emisiones asociadas a la energía. Los GEI, además del dióxido de carbono (CO_2) producido en la combustión, incluyen otros gases, como metano (CH_4), óxido nítrico (N_2O), clorofluorocarbonos (CFC), ozono (O_3) y hexafluoruro de azufre (F_6S), entre los más importantes.

Pero además de las emisiones globales de GEI que alteran el clima a nivel mundial, el transporte es uno de los principales contribuyentes a las emisiones contaminantes tóxicas que tiene impactos nocivos en la sociedad, a corto y mediano plazo, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado (MP), entre otros. Estas emisiones, también denominadas contaminantes críticos o emi-

siones locales, afectan la salud de la población en las zonas aledañas a los lugares de emisión (Figura 1).

Si bien, se sabe desde hace tiempo que las contaminaciones locales del aire debidas a la quema de combustibles fósiles y a otras actividades afecta la salud humana, un avance notable en su conocimiento se logró en el siglo XX, como resultado de la contaminación del aire ocurrida en Londres en 1952, llamada la gran niebla de Londres (2). Fue uno de los peores incidentes ambientales ocurridos hasta entonces, causado por el uso de combustibles fósiles en la industria, en las calefacciones y en los transportes.

Las Naciones Unidas, a través de la Organización Mundial de la Salud (OMS), publicó varios informes sobre el peligro y gravedad de la contaminación del aire (4). Según Our World In Data (5), en 2017 las muertes causadas por la contaminación de aire por partículas y gases tóxicos fue de un 2,7 millones en 2017. Por lo tanto, las muertes causadas por esta contaminación son similares a la pandemia de covid-19 en 2020. De allí la importancia de atender a este "Asesino Invisible o Silencioso" como los denomina la ONU (Figura 2). Desde luego, el transporte no es el único responsable de la contaminación del aire, pero sí uno de los principales responsables de las emisiones externas o *outdoor-emissions* (6). A propósito, las plantas generadoras de electricidad, fundamentalmente las que queman combustibles fósiles, también contribuyen a esta contaminación, en particular las que usan carbón o combustibles líquidos

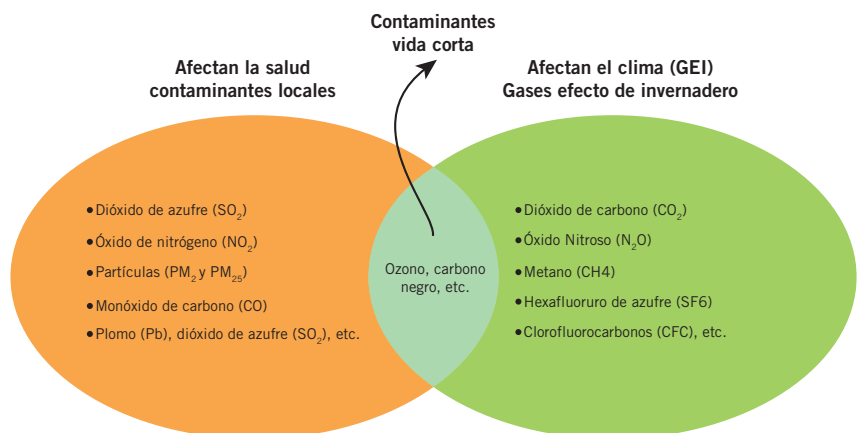


Figura 1. Contaminantes locales o criterio que afectan la salud. Los GEI afectan el clima a largo plazo. Algunos contaminantes de corto plazo tienen efectos sobre el clima y la salud (3).

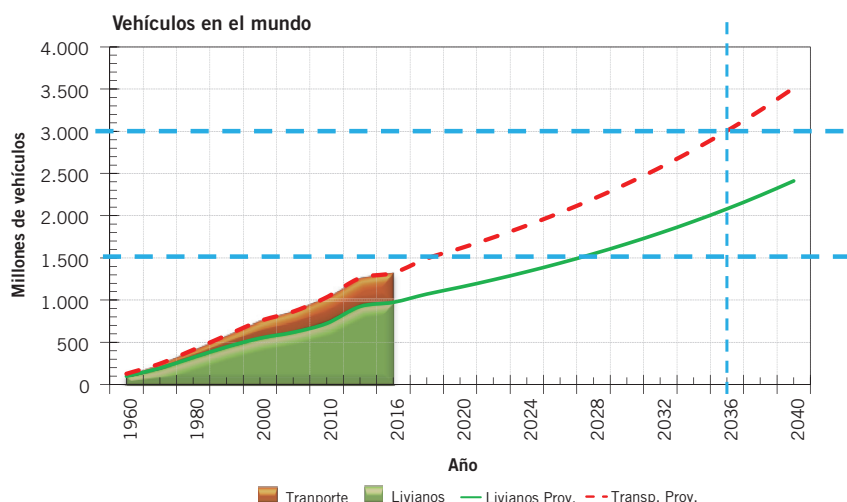


Figura 3. Proyección del número de vehículos en el mundo en 2040. Proyecciones propias, realizadas a partir de datos registrados hasta 2016 (10).

Hacia un transporte sostenible

Es importante reconocer que los desafíos de un transporte sustentable exceden ampliamente la tecnología de los vehículos e incluyen el tipo de organización social, económica y urbanística que muchas veces promueve el traslado de bienes y personas a través del uso de vehículos, como buses y automóviles en detrimento de otras alternativas más sostenibles, como bicicletas, *scooters* o miniautos.

En ese sentido, parecerían surgir al menos tres ejes o carriles por los que sería posible lograr un transporte más sostenible. En la figura 4 se muestra un esquema sintético de una primera mirada del problema que quizás ayude a orientar la discusión.

Un primer eje es Eficiencia en el sistema o eficiencia social y territorial, es decir, las distintas formas de organización social, económica y urbanísticas de modo de minimizar los viajes. Este enfoque pone atención en el diseño de la ciudades y barrios para reducir los traslados masivos de personas como a veces ocurre con los barrios dormitorio, tan en boga en los Estados Unidos y la Argentina, que obliga a los habitantes a viajar, a veces grandes distancias, para ir a trabajar, ir a las escuelas y realizar sus compras. Otra alternativa es promover, en la medida de lo posible,

ricos en azufre. Este es un aspecto crítico cuando se discute la posibilidad de electrificar el transporte para reducir las emisiones. La forma de generación eléctrica debe ser cuidadosamente incluida en estos análisis.

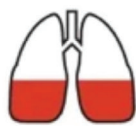
Así, las emisiones de los vehículos en general las podemos clasificar en dos categorías: las **emisiones locales o contaminantes criterio**, que afectan directamente la zona adyacente donde circulan los vehículos (municipio, barrio o ciudad) y las **emisiones globales**, como las de los GEI. Si bien las emisiones locales están reguladas en la mayoría de los países, varían ampliamente de

un país a otro. Muchas veces al hablar de las emisiones no se diferencian estos dos tipos de emisiones que son de gran importancia en el corto y largo plazo.

Por otro lado, los desafíos del transporte son tanto más importantes cuando advertimos de su grado de crecimiento. En la figura 3 se ilustra un posible escenario de crecimiento de vehículos en el mundo en 2040. De no mediar políticas activas es previsible que, en un modelo *Business as Usual*, la flota de vehículos se duplique en 18 años. Estas proyecciones son consistentes con otras fuentes (8), (9).

EL ASESINO INVISIBLE

Puede que no siempre se perciba, pero la contaminación atmosférica puede resultar letal.



36%
DE LAS MUERTES POR
CÁNCER DE PULMÓN



34%
DE LAS MUERTES POR
ACCIDENTE CEREBROVASCULAR



27%
DE LAS MUERTES POR
CARDIOPATÍAS

RESPIRA LA VIDA

Aire limpio, futuro saludable.



Organización
Mundial de la Salud

ONU
medio ambiente



COALICIÓN
CLIMA Y
AIRE LIMPIO

EL PROBLEMA MUNDIAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

El 92% de las personas que viven en ciudades no respiran un aire limpio

Únase a nosotros para devolver el aliento a nuestras ciudades en BreatheLife2030.org

RESPIRA LA VIDA

Organización Mundial de la Salud

COALICIÓN CLIMA Y AIRE LIMPIO

Figura 2. Infografías de la Organización Mundial de la Salud (OMS-ONU) que llaman la atención sobre la contaminación del aire, principalmente de los contaminantes locales o críticos (7). Esta contaminación es diferente de las emisiones GEI causante del calentamiento global (3).

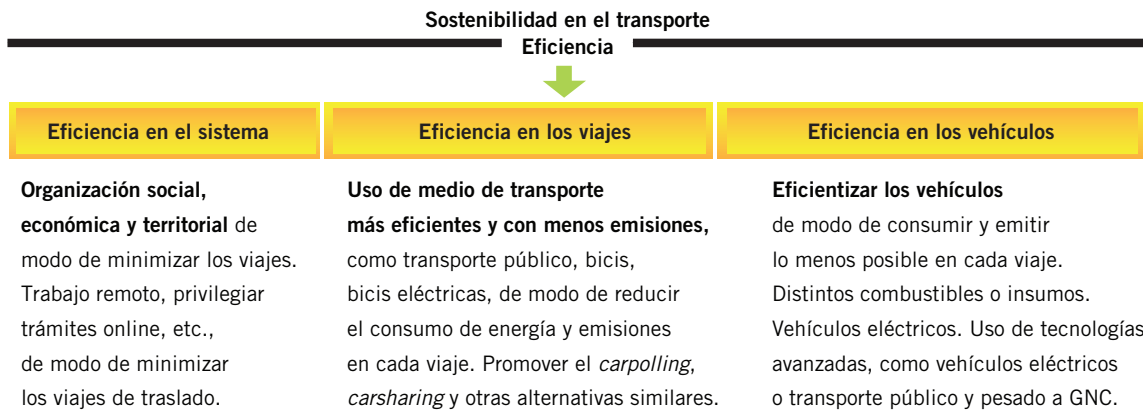


Figura 4. Posibles ejes sobre los que se podría encausar la discusión de un transporte más sostenible.

el trabajo remoto (*home office*) y privilegiar los trámites online.

Un segundo eje de discusión es la Eficiencia en los viajes y consiste en promover los traslados en medios de transportes más eficientes y con menos emisiones, como transporte público, bicis, bicis eléctricas, etc. de modo de reducir el consumo de energía y emisiones en cada viaje. Promover compartir el viaje en automóvil con otras personas (*carpooling*), el alquiler de autos por horas (*carsharing*) y otras alternativas similares.

Un tercer eje es la Eficiencia en los vehículos, esto es el análisis de vehículos más eficientes y menos contaminantes de modo de reducir las emisiones en cada viaje. En este artículo,

por razones de espacio, solo analizaremos los costos de movilidad con diversos vehículos que usan distintos combustibles o insumos energéticos y su impacto en las emisiones.

Eficiencia de los vehículos

Para poder comparar los costos y las emisiones de diversos medios de transporte es útil introducir el concepto de eficiencia de Pozo a Rueda para los distintos medios de transporte. En la figura 5 se ilustra esquemáticamente este concepto (donde UE significa Unidades Energéticas).

El concepto de eficiencia de Pozo a Rueda o *Well to Wheel* (W2W) toma

en cuenta todas las transformaciones que un insumo dado de energía primaria sufre desde que se extrae de la naturaleza, es decir, el Pozo (*Well*), hasta que llega al tanque o batería eléctrica (*Tank*). También incluye la eficiencia desde que se carga de combustible el tanque o de electricidad a la batería hasta que se transforma en energía mecánica, en la Rueda (*Wheel*), para recorrer una dada distancia. Así la eficiencia y el consumo *Well to Wheel* se puede separar en dos partes: *Well to Tank* (W2T) y *Tank to Wheel* (T2W). La primera etapa, W2T, incluye los gastos energéticos de la extracción de petróleo o gas, su transporte, distribución, procesamiento y la entrega de combustible

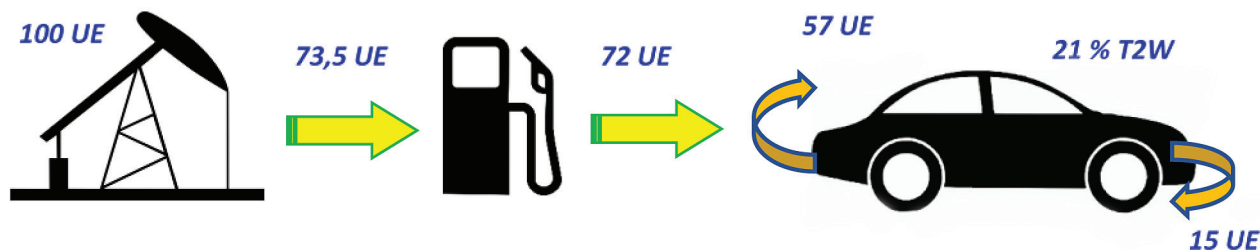


Figura 5. Diagrama esquemático de las pérdidas de energía en las distintas etapas de Pozo a Rueda. Se ve como 100 Unidades de Energía (UE) que salen de la naturaleza (pozo), solo 72 UE llegan al tanque, pero a las ruedas solo 15 UE, es decir un 85% de la energía se disipa en distintas pérdidas en el camino del pozo a la rueda.

al surtidor o toma corriente (*Pump*) y del surtidor al tanque. El concepto de *Tank to Wheel* hace referencia a la eficiencia conversión del vehículo propiamente dicho, desde que se carga de combustible hasta que este se transforma en energía mecánica. Este último concepto es el que se utiliza cuando se especifica el rendimiento o eficacia de un vehículo con los kilómetros recorridos por litro de combustible, es decir, los km/litro.

Así, cuando decimos que un automóvil tiene un rendimiento de 15 km/litro, estamos haciendo referencia al consumo de Tanque a Rueda o *Tank to Wheel*. Para llegar a obtener un litro de gasolina, cuyo poder calorífico es de aproximadamente 34,5 MJ/l ≈ 9,6 kWh/l, es necesario tener en cuenta la cadena de eficiencias hasta llegar al surtidor, llegando a una eficiencia de Pozo a Surtidor (*W2P*) del orden de ≈ 71,5%. De modo que el consumo energético *W2W*, considerando un rendimiento del vehículo de 15 km/l, la eficacia será de ≈ 3,21 MJ/km = 0,89 kWh/km. Por otro lado, por cada litro de gasolina se emite aproximadamente 2,3 kg de CO₂, de modo que las emisiones *W2W*, en un análisis simple o modelo naive, donde suponemos que todo el combustible provisto a un vehículo se consume (o quema) en el motor, la emisión del vehículo sería ≈ 150 g(CO₂)/km.

En el caso de vehículos eléctricos, la eficiencia *T2W* es del orden del 90%, por otro lado, la generación eléctrica de origen térmico en centrales de ciclo combinado a gas natural (CC-GN) tiene una eficiencia del 58%, a esto hay que agregar la eficiencia del transporte de gas (~95%), la eficiencia de distribución eléctrica (~88%) y la eficiencia de carga de la batería (~90%); de este modo la eficiencia *W2W* de un auto eléctrico bajo esta cadena de eficien-

cias puede alcanzar ≈ 40%. Nótese, que tanto las eficiencias *W2W* como las emisiones de GEI de los vehículos eléctricos, depende críticamente de cuál es la matriz eléctrica de la región en consideración, un análisis realizado en Brasil o Noruega no vale para lo que pasa con las eficiencia y emisiones en Sudáfrica o Argentina. Respecto de las emisiones para la movilidad eléctrica, hay que tener en cuenta que, en promedio, Argentina por cada kWh producido se emiten 0,297 kg de CO₂, entonces, para el análisis *W2W*, esta característica de la generación eléctrica debe ser incluida para poder comparar las distintas tecnologías, por lo que, un vehículo eléctrico que consumiría aproximadamente 0,25 kWh/km, sus emisiones serían ≈ 75 g(CO₂)/km, casi la mitad de un buen vehículos convencional en este país.

Cabe señalar que un vehículo convencional a gasolina, con una eficiencia *T2W* del 21%, resulta que su eficiencia *W2W* es del orden del 15% (21% x 71,5%). Si tenemos en cuenta que los vehículos tienen masas entre 15 a 20 veces la de sus pasajeros resulta que un automóvil que transporta a una sola persona tiene una *eficiencia energética efectiva para trasladar la carga útil (pasajero) inferior al 1%*. De recorrer el mismo camino, pero para un vehículo convencional que transporta tres (3) personas, la eficiencia sería del ≈ 3%, o sea tres veces mejor que transportar una sola persona. Esto justifica la importancia del *carpooling*, o transporte compartido, para reducir las emisiones y optimizar el uso de la infraestructura de transporte. Por ello surge la necesidad de analizar cómo se debería pensar la sustentabilidad en el transporte en forma integral, para que la sociedad se vea favorecida por las decisiones que se tomen hoy con perspectiva de futuro.

Vehículos eléctricos

Una tecnología que ha tenido un gran desarrollo en los últimos tiempos y que posiblemente sea la dominante en el mediano y largo plazo es la de los vehículos eléctricos (*Batería Electric Vehicles: BEV*). Muchas veces estos automóviles se los identifica como de *emisión cero*, pero esta no es una denominación adecuada, ya que como vimos, la generación eléctrica rara vez es de emisión cero. En la Argentina a inicios de 2020, la intensidad de carbono de la matriz eléctrica era de 297 g(CO₂)/kWh. Dado que la electricidad de las redes eléctricas es la que finalmente carga las baterías, en un análisis *W2W* estas emisiones deben tenerse en cuenta. Por ejemplo, en Alemania, que cuenta con un importante parque de energías renovables que aportan el 29,5% de la electricidad, el carbón todavía aporta 40% y el gas natural el 12% de su electricidad, tiene una intensidad de emisiones de 512 g(CO₂)/kWh (11).

Para evaluar las eficiencias y emisiones de estos vehículos es necesario analizar todos los procesos involucrados en la generación de electricidad (eficiencia o eficacia de Pozo a Tanque o Batería (*W2T*), y luego de Tanque/Batería a Rueda (*T2W*)).

Un hecho disruptivo, que ocurre actualmente, es el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos BEV. Para algunos autores, la combinación de vehículos eléctricos, junto al desarrollo y el abaratamiento de las energías renovables, son los pilares de un cambio que se avecina en el mundo para esta década (12). Si bien a nivel global el número de BEV aún es muy pequeño, al año 2020 constituían solo el 1% de la flota mundial. Las ventas globales BEV alcanzaron un millón de unidades en 2015 y cinco millones en diciembre

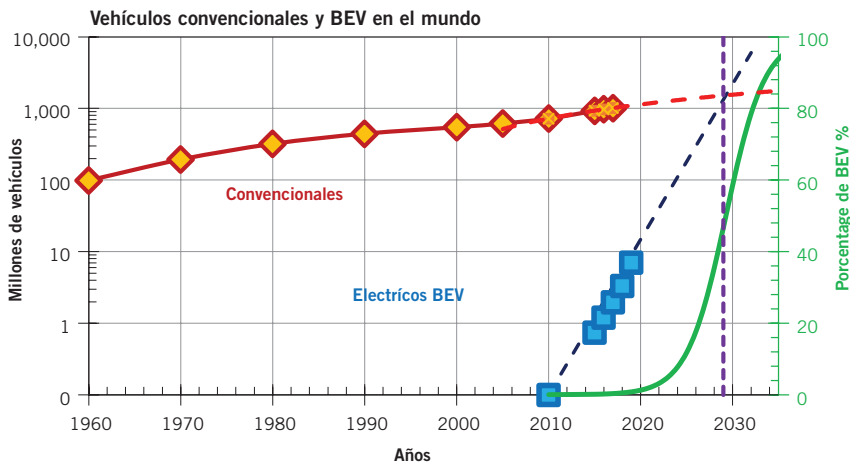


Figura 6. Vehículos livianos en el mundo. Los símbolos romboidales rojos representan el número de vehículos convencionales y los símbolos cuadrados celestes el número de BEV en el mundo, referidos al eje vertical izquierdo. Las líneas de trazos son proyecciones basadas en el comportamiento de los últimos diez años. Se puede observar que para 2029, el número de BEV alcanzaría a los convencionales. La curva verde, referida al eje vertical derecho, representa el porcentaje de BEV en el parque total de vehículos.

de 2018. De proyectarse las tendencias de crecimiento de los últimos diez años, para los próximos años, como se muestra en figura 6, para fines de esta década, el parque de los BEV será comparable al convencional (13). Por otra parte, el costo de los BEV continúa descendiendo, de hecho, en Alibaba (14), ya hay anuncios de BEV para dos personas a menos de USD 3000 y otros para cuatro personas por menos de USD5000. En la medida que se advierta que la transición está próxima, se producirá una aceleración mayor. Después de todo ¿quién quiere comprar un auto que no tendrá demanda de reventa? Con lo que la transición puede ocurrir antes de lo previsto en la figura 6.

Para que los beneficios energéticos y medio ambientales puedan concretarse, es necesario considerar los aspectos microeconómicos, ya que la decisión de adoptar estas tecnologías depende de un conjunto de millones de usuarios que actuarán en promedio siguiendo las leyes económicas. Para nuestro análisis es útil comparar el costo de estos vehículos (BEV) con los convencionales a gasolina. A los costos del mercado internacional actual, un vehículo eléctrico es del orden de USD 10.000 más caro que un convencional equivalente en la mayoría de los países de la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). Para que los usuarios tengan un estímulo económico, que vaya más allá de su afán de disminuir sus emi-

siones de GEI, es necesario que su costo disminuya o bien implementar alguna herramienta financiera que facilite el acceso hasta que los vehículos eléctricos producidos en gran escala tengan un precio competitivo respecto de los convencionales a gasolina.

Actualmente, la incidencia del costo de las baterías en los BEV es de alrededor de 1/3, pero está cayendo

rápidamente, cada tres años se reduce a la mitad (15) (Figura 7). Suponiendo que los costos de hardware (chasis, ruedas, etc.) se mantengan constantes, y también suponiendo un costo de impuestos y *overhead* del orden del 25%, se obtiene una proyección de precio de los BEV para la OECD como se muestra en el *panel inferior* de esta figura. Para fines de la presente década, es previsible que el precio de los BEV iguale a la de los convencionales. En concordancia con lo que en la figura 6 se sugiere. De todos modos, en la actualidad ya existen modelo de miniautos eléctricos (Figura 7), que pueden transportar 2 o 4 personas, a costos moderados, inferiores a USD10.000. Si el costo de las baterías sigue la tendencia indicada por la curva de la figura 6, hacia fines de esta década su precio será comparado a una moto eléctrica actual.

Otra ventaja de los BEV es que sus baterías actúan como un acumulador de energía. Durante las horas en que la red eléctrica tiene menos demanda, como en las noches, o fines de semana, se pueden generar estímulos tarifarios para que se carguen las baterías. Así los BEV actua-

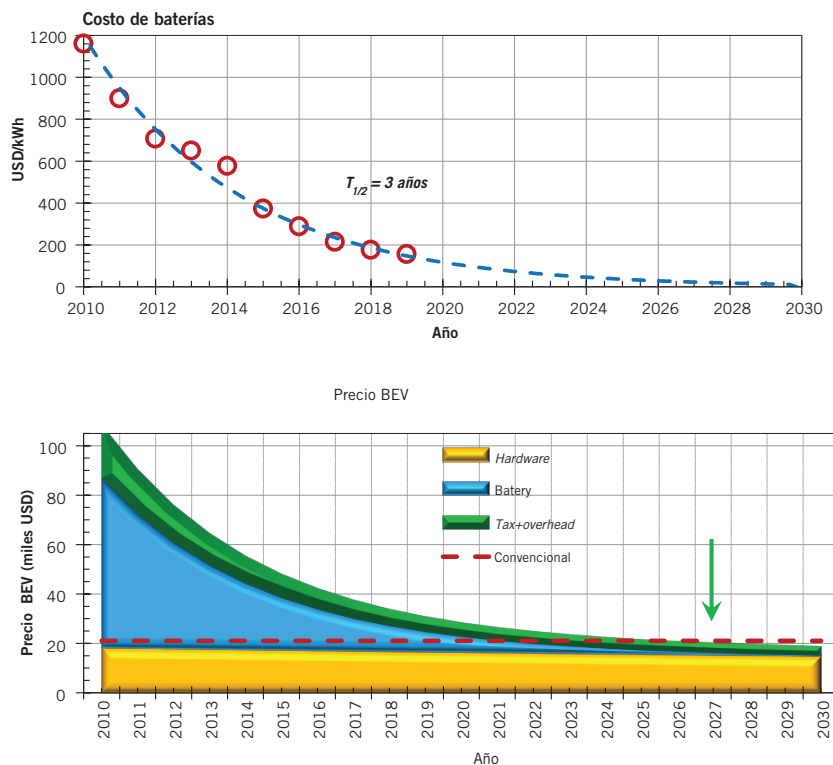


Figura 7. Arriba, probable evolución de los precios de las baterías (15). Abajo, posible evolución de los precios de los BEV en la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), suponiendo la evolución del costo de baterías indicados por el panel superior. Bajo estas suposiciones, es probable que, para fines de la década de los veinte, los precios de los BEV sean similares a los convencionales.

rían como una especie de *peak shaving* que mejoraría la eficiencia y el factor de carga de las redes de distribución eléctricas, de hecho, los dispositivos de carga para automatizar esta operación son un componente estándar en estos vehículos.

Asimismo, grandes playas de estacionamiento, como las de shoppings, escuelas, universidades, etc. podrían contar con techos que contengan paneles solares fotovoltaicos que cargarían las baterías de los autos mientras están estacionados, así se generaría una interesante posibilidad para el desarrollo de redes inteligentes (*Smart Grids*) para estos fines (Figura 8).

Costo Nivelado para la Movilidad (CNpM)

Una metodología de análisis y comparación de costos asociados a la movilidad de distinto tipos de vehículos es el Costo Nivelado para la Movilidad (CNpM). Se trata de un indicador económico que permite evaluar el costo por km y pasajero en los medios de transporte. Es un



concepto similar al que se conoce en la generación eléctrica como Costo Nivelado de la Energía (LCoE) (18), que permite comparar el costo necesario para generar un MWh de electricidad para diferentes tecnologías. De manera análoga, el CNpM permite establecer el costo medio en USD para recorrer una unidad de distan-

cia (km) y pasajero para recuperar el costo del vehículo, el del combustible necesario y el de mantenimiento, con una tasa de descuento a lo largo de su vida útil.

El Costo Nivelado para la Movilidad (CNpM) se define como:

$$CNpM = \frac{\text{Suma de los Costos en la Vida Útil de la Unidad}}{\text{Suma de los kilómetros recorridos en la Vida Útil de la Unidad}}$$

En esta suma de los costos en la vida útil del vehículo se incluyen los costos iniciales del vehículo propiamente dicho y los gastos incurridos a lo largo de su vida útil. Estos gastos incluyen gastos de combustibles, mantenimiento, seguro y en algunos casos, como buses, los salarios de los choferes se expresan en USD. Dado que estos últimos gastos se realizan en tiempos distintos que la compra del vehículo, los mismos se reducen a valores presentes con una tasa de descuento del 7% anual en dólares. Mayores detalles de estos cálculos se pueden encontrar en la referencia (19).

En este artículo se presentan los CNpM, que permite estimar el costo medio, en USD, para un recorrido



Sero Electric



Volt Motors



Wuling Hongguang MINI EV - Anunciado a un precio de 4 mil USD

Figura 8. Algunos ejemplos de Mino BEV. Los modelos de la parte superior son dos modelos fabricados en la Argentina. Abajo un modelo chino que se anuncia a un precio de USD4000 (14), (16), (17).

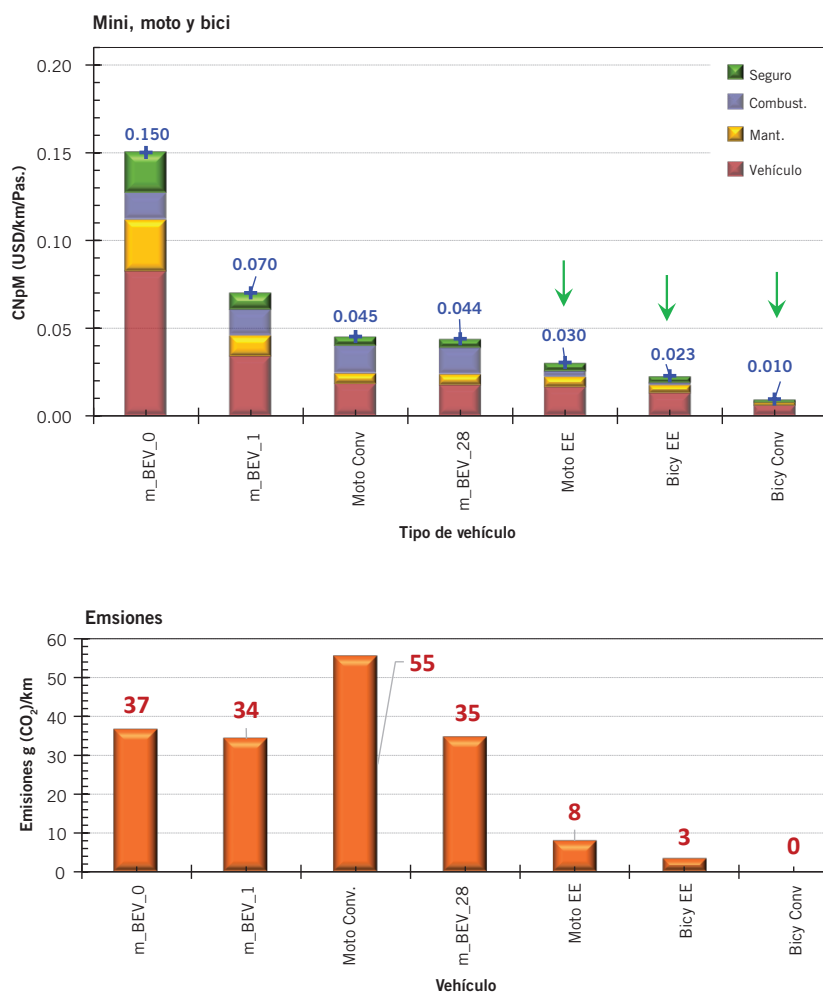


Figura 9. Arriba: CNpM para los distintos medios de transporte Mini BEV, motos y bicicletas convencionales y eléctricas. La barra roja es la incidencia del costo inicial; en amarillo, el mantenimiento, estimado en 40% del costo inicial y; en azul, el costo de combustibles. Abajo: emisiones globales de GEI en g(CO₂)/km equivalentes.

de un km y por pasajero de distintos medios de movilidad y los valores de emisiones por km y por pasajero, de cada vehículo. En la figura 9 se muestran estos resultados tomados de la referencia (19).

Los dos modelos de mini BEV (miniautos eléctricos m_BEV_0 y m_BEV_1 son similares a los que se ven en la figura 8, aunque sus precios iniciales varían entre USD2 y USD10.000). El modelo m_BEV_28 sería un modelo similar a los anteriores, pero con precio proyectado al 2028. También se consideran motos convencionales a gasolina (de 150 CC) y moto similar en versión eléctrica. Asimismo, se presenta el caso de bicicletas convencionales y eléctricas. En un trabajo complementario al actual se pueden encontrar más detalles de estos cálculos (19).

Como se observa en la figura 9, los medios de transportes que resul-

tan más asequibles (menores valores de CNpM) y menos contaminantes son las bicicletas convencionales, bicicletas eléctricas, motos eléctricas y Mini BEV (14), (16) de precios inferiores a USD2000 o USD3000. Si además consideramos que, con la disminución de los costos de las baterías, el precio de los Mini BEV puede seguir reduciéndose, es de esperar que este tipo de movilidad prevalecerá en un futuro muy próximo.

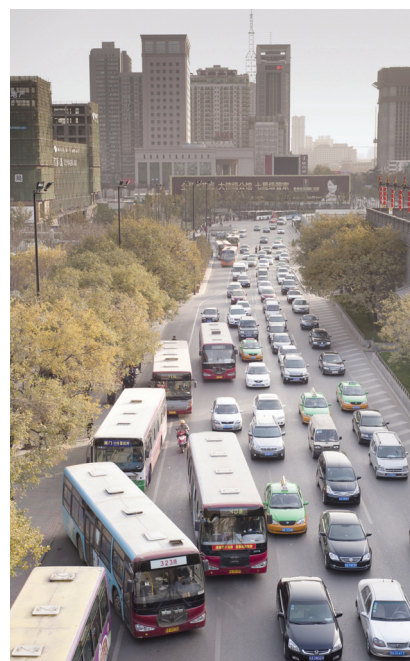
Un resultado importante de este trabajo es haber introducido el concepto de Costo Nivelado para la Movilidad (CNpM) (19), que permite establecer el costo medio en USD para recorrer una unidad de distancia (km) y por pasajero, teniendo en cuenta todos los costos: valor del vehículo, costo de mantenimiento, combustible y seguro a lo largo de su vida útil.

En la figura 10 se muestra una comparativa de los medios de trans-

portes analizados, junto con las emisiones de GEI por vehículo, por año y por pasajero.

Es interesante notar que los vehículos de menor costo (CNpM) y menores emisiones son las bicicletas, las motos y los mini-vehículos eléctricos. Incluso las motos convencionales pequeñas (125 cc) no son una mala opción, sin embargo, tiene otras objeciones en cuanto al ruido y las emisiones locales que no se reflejan en este análisis, ya que hay pocas regulaciones de emisiones para este tipo de medio de movilidad, estas reservas no se aplican a las motos eléctricas. En la transición, y hasta que los precios de los autos eléctricos bajen, los autos híbridos y a GNC constituyen una buena alternativa, ya que presentan una infraestructura de apoyo suficiente para su desarrollo.

Los miniauto, motos, bicicletas eléctricas son opciones válidas y competitivas actualmente, con perspectivas todavía mejores en el futuro próximo. De hecho, el costo de traslado con estos vehículos, CNpM, y sus emisiones, en la actualidad es inferior al de los buses a gasoil y automóviles de todo tipo, como se muestra en la figura 10, por lo cual para ciudades pequeñas, donde el transporte público muestra ser muy poco redituable, la promoción de miniautos eléctricos, bicis y motos eléctricas puede ser una buena alternativa desde el punto de vista económico como ambiental.



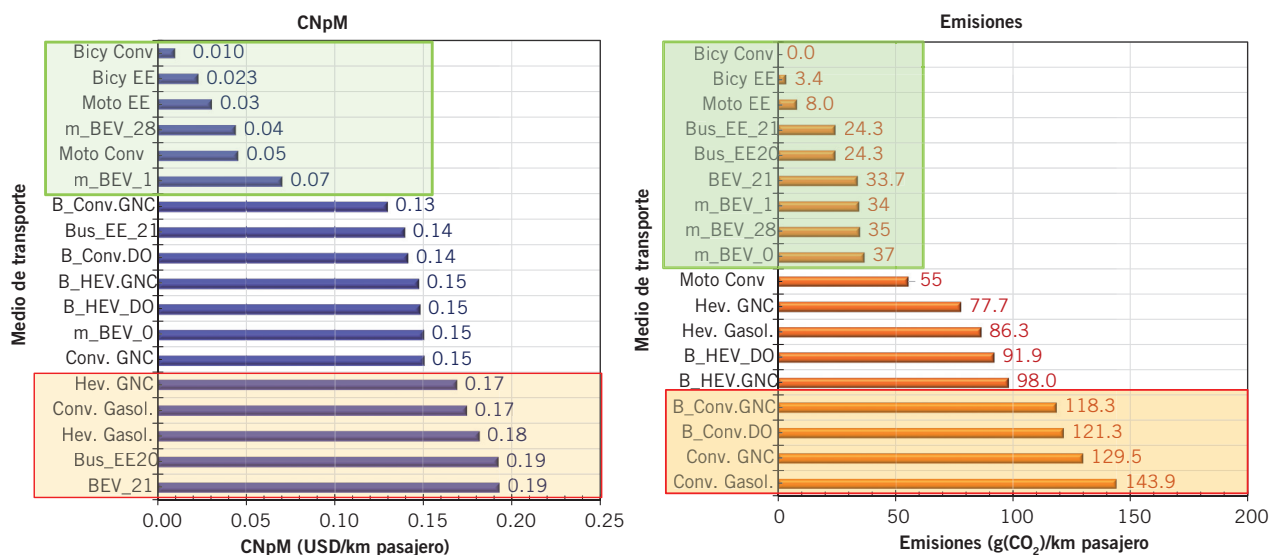


Figura 10. Cuadro comparativo de los CNpM en (USD/km.pasajero) y emisiones anuales en (gCO₂/km.pasajero) para distintos medios de transportes, usando costos de la energía en la Argentina. El recuadro verde indica las opciones más sustentables en esta serie de medios de transportes analizados. El cuadro rojo, los medios de transporte con costos (CNpM) más elevados (donde DO: Diésel Oil o gasoil, GNC: gas natural comprimido, Hev se refiere a vehículos híbridos y EE se refiere a eléctricos).

Reflexiones finales

Si bien los autos eléctricos en el mundo, y sobre todo en la Argentina, actualmente tienen precios inaccesibles y, por lo tanto, poco convenientes, la vertiginosa tendencia decreciente de estos precios y su penetración en el mercado, indica que, para fines de esta década, sus precios de venta serán similares a la de sus equivalentes convencionales. Dada su mayor eficacia respecto de los vehículos de combustión interna como la ventaja comparativa de los costos de mantenimiento mecánico y de combustible es de esperar que los vehículos eléctricos prevalezcan por sobre los convencionales. Esta ventaja económica, asociada a sus menores emisiones, los transforma en los medios de transportes más promisorios en el mediano y largo plazo, es decir dentro de diez o quince años.

Sin embargo, en la Argentina, ni la infraestructura de generación eléctrica ni las redes de transmisión y distribución están preparadas para absorber esta nueva demanda potencial de los vehículos eléctricos. Otro desafío importante para la transición hacia vehículos eléctricos es la carencia de generación suficiente y estaciones de cargas con la consecuente expansión de las redes de transmisión y distribución eléctrica. Según CAMMESA, la generación total en la

Argentina en 2019 fue de 134 TWh. Suponiendo que la eficiencia de los vehículos eléctricos sea unas cuatro veces mayor a los convencionales de combustión interna, la demanda de los livianos sería del orden de unos 25 TWh, o sea cerca del 20% de la generación total nacional en 2019.

Para grandes ciudades, el transporte público tiene varias ventajas, como el de transportar más pasajeros con menor uso de la infraestructura. Pero aquí, surge la posibilidad del uso de buses a GNC o mejor híbridos a GNC. Esta es una tecnología madura y en la Argentina ya tiene la infraestructura necesaria para su implementación.

En la transición, y hasta que los precios de los automóviles eléctricos bajen, los autos híbridos y a GNC constituyen una buena alternativa, que ya cuenta con la infraestructura de apoyo suficiente para su desarrollo. En cuanto a miniauto, motos y bicicletas, todos eléctricos, ya son beneficiosos actualmente, mejorando su posición en el futuro próximo. De hecho, el costo de traslado de estos vehículos, CNpM, y sus emisiones por km, en presente es inferior al de los buses a gasoil y automóviles de todo tipo, con lo cual, para ciudades pequeñas donde el transporte público es muy poco rentable, la promoción de miniautos eléctricos, bicis y motos eléctricas puede ser una

muy buena alternativa, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Se necesita arbitrar estímulos económicos, como créditos de mayor plazo, campañas informativas, y el desarrollo de infraestructuras de carga de baterías, en rutas, calles y estaciones de servicio.

Para grandes ciudades, el transporte público tiene varias ventajas, como transportar más pasajeros con menor uso de la infraestructura. Pero aquí, surge la posibilidad del uso de buses a GNC o mejor, híbridos a GNC; esta es una tecnología madura y en la Argentina ya cuenta con la base necesaria para su implementación. Si bien en este sector los buses eléctricos tienen una clara ventaja ambiental, por sus costos, y hasta que los precios de los buses eléctricos disminuyan, se abre una ventana temporal donde el GNC puede desempeñar un papel clave en los próximos quince años.

Otro aspecto importante de implementar en las ciudades de Argentina es el tránsito lento, además de contribuir a la seguridad en las calles, tiene beneficios ambientales y urbanísticos importantes, a la par de reducir los consumos de combustibles y emisiones, posibilita que otros medios de transporte más sostenibles puedan coexistir y desarrollarse, como las bicicletas y *scooters* eléctricos, entre otros.

En cuanto al transporte de carga y de pasajeros surge claramente lo conveniente de incorporar a las flotas de transporte urbano y de carga unidades motorizadas con GNC. En consecuencia, se iniciaría un camino hacia vehículos de menor contaminación y mayor ahorro energético, en un marco de desarrollo estratégico sostenible.

Por último, la necesidad de comenzar a movernos hacia la adaptación de las ciudades, la economía y sociedad a condiciones más sostenibles, hace que la atención debiese apuntar al rediseño de nuestras ciudades incorporando nuevas formas organización social, económica y urbanísticas, de modo de minimizar los viajes. Estas iniciativas en muchos lugares del mundo ya están en curso, donde organizan ciudades sostenibles e inteligentes. Son prioridades que se vuelven impostergables y deberían tomarse como un concepto abarcativo de los emprendimientos constructivos actuales.

Agradecemos a la Mg. Diana Mienicki por la lectura y las valiosas sugerencias realizadas.

Referencias

1. IEA. IEA looks at CO₂ emissions. [En línea] Data and statistics. IEA, 2020. <https://www.iea.org/data-andstatistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>.
2. Wikipedia. La gran niebla de Lon-

dres de 1952. [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Gran_Niebla_de_Londres#:~:text=En%20diciembre%20de%201952%20un,densa%20masa%20de%20aire%20fr%C3%ADO.

3. SEMARNAT. Cuadernos de divulgación ambiental. Calidad del aire: una práctica de vida. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México: s.n., 2-013.
4. ONU. El aire contaminado es un “asesino silencioso». Noticias ONU. [En línea] ONU, 2019. <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452171>.
5. Our World in Data. Air Pollution. [En línea] 2021. <https://ourworldindata.org/air-pollution>.
6. Environmental Protection Agency - EPA (USA). Report on the Environment. [En línea] 2021. <https://www.epa.gov/report-environment/outdoor-air-quality>.
7. Organización Mundial de la Salud (OMS o WHO). Respira la vida: una campaña sobre los peligros de la contaminación atmosférica - infografías. [En línea] 2021. <https://www.who.int/phe/infographics/breathe-life/es/>.
8. International Energy Agency. World Energy Outlook 2017 (IEA). [En línea] 2017. www.iea.org.
9. EXXON. Exxon World Energy Outlook. 2018 Outlook for Energy: A View to 2040. [En línea] 2018. <https://corporate.exxonmobil.com/en/energy/energy-outlook/a-view-to-2040>.
10. Wikipedia. Motor vehicle. Wikipedia. [En línea] 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/Motor_vehicle.
11. —. Energy in Germany. [En línea] 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_in_Germany.

2018. https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_in_Germany.

12. Seba, T. Clean Disruption of Energy and Transportation: How Silicon Valley Will Make Oil, Nuclear, Natural Gas, Coal, Electric Utilities and Conventional Cars Obsolete by 2030. s.l. : Amazon, 2014.
13. Wikipedia. Electric car use by country. [En línea] 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country.
14. Alibaba. Small Electric Cars. [En línea] 2021. https://www.alibaba.com/products/electric-small-car/CID100002872.html?IndexArea=product_en&.
15. Bloomberg NEF. Lithium-ion battery price for EV. [En línea] 16 de Dec de 2020. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/>.
16. Wikipedia. Wuling Hongguang Mini EV. [En línea] 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Wuling_Hongguang_Mini_EV.
17. Movilidad Electrica.com. Chang Li, el coche eléctrico más barato del mundo que se vende en Alibaba. [En línea] 2020. <https://movilidadelectricacom.com/chang-li-coche-electrico-mas-barato-del-mundo/>.
18. Wikipedia. Cost of electricity by source. [En línea] 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_electricity_by_source.
19. Prieto, R., Vassallo, J. y Gil, S. Transporte Sostenible en Argentina. Buenos Aires: Cámara Argentina de la Construcción (APE), 2021.

