

La ola de anuncios de automotrices que se orientan al auto eléctrico con miras a un planeta sustentable aparece, en principio, como una solución frente al cambio climático. En este artículo, el autor, experto en energía eléctrica, desglosa aspectos importantes que se deberán tener en cuenta para que la puesta en práctica sea exitosa, tales como incrementar la potencia instalada, reforzar las redes de distribución y crear estímulos a la compra de estos vehículos.

“La sustentabilidad eléctrica y el futuro del combustible fósil”

Por **Ing. Vicente Sierra Marchese**

El alcance del hombre debe exceder su facultad de comprensión.

Santo Tomás de Aquino

La preocupación por el cambio climático ha llevado a los países desarrollados a establecer un mecanismo de disminución del CO₂ causante del efecto invernadero, en el tratado de Kioto, por medio del cual se establecieron los bonos del carbono. Luego de la incipiente introducción de las energías renovables derivadas, en parte, de las políticas gubernamentales y del tratado citado, se sumó el aumento del precio del petróleo de 40 a 120 U\$S/barril, durante la primera década del siglo XXI, introduciéndose la perspectiva del fin del petróleo barato.

En los informes anuales de las Naciones Unidas y de los principales analistas se conjeturaba acerca de las perspectivas en 2010 para los próximos veinte años (Cuadro 1).

La Argentina se ubica en el puesto 38, con 268 autos cada mil habitantes¹, es decir que el parque automotor es de 12.000.000 vehículos, aproximadamente.

Hay dos tipos principales de vehículos eléctricos (EV): a batería (BEV) utilizadas para el almacenamiento de energía, que deben ser enchufados para recargarse; y los híbridos (PHEV), que tienen baterías y motor de combustión





Cuadro 1. Fuente: ONU, Bloomberg.

interna a combustible líquido con los sistemas de recarga según cada modalidad².

El stock global de vehículos eléctricos (los EVs) alcanzó la marca de 2 millones en 2016. Esta nueva meta alcanzada, ha sido liderada por China, los Estados Unidos, Japón y varios países europeos.

Esta marca se debe a un progreso fuertemente tecnológico; las reducciones de costos, especialmente de las baterías; y el soporte de política con incentivos a la compra, ventajas en la conducción y el acceso al estacionamiento con módulos para carga; además del aumento de estaciones de recarga en la vía pública.

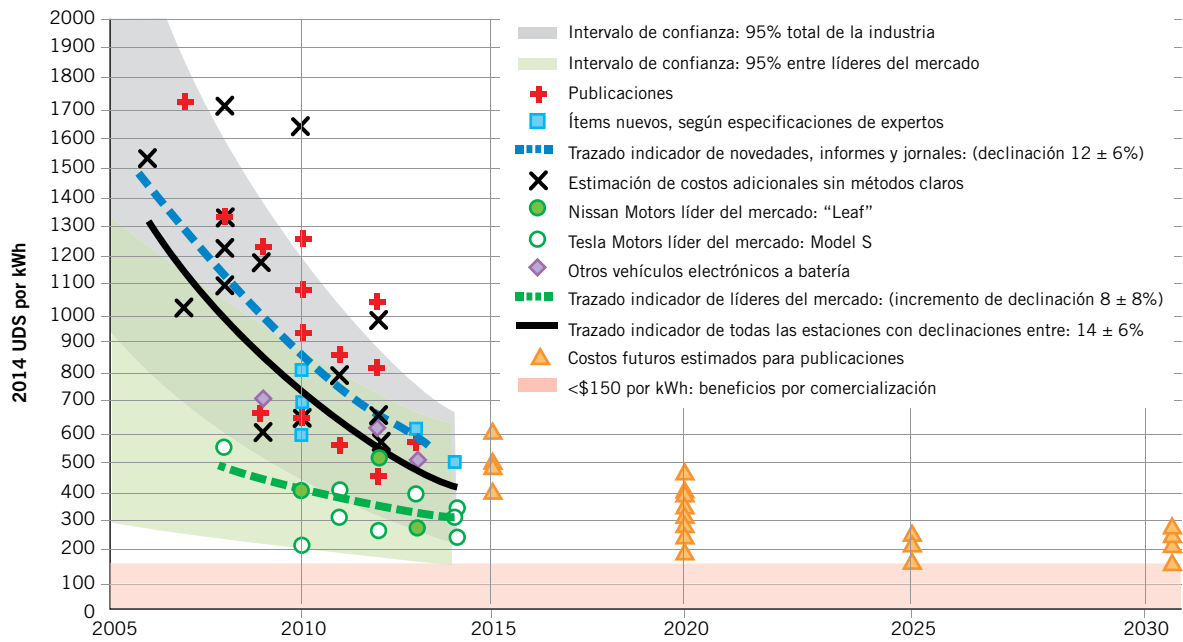


Figura 1. **Convergencia del costo de las baterías** (Fuente: Nykvist and Nilsson, 2015).

Los vehículos eléctricos a batería (BEVs) dominaron las ventas por sobre los vehículos eléctricos híbridos hasta mediados de 2015, pero en 2016 se equipararon. A pesar de las mejoras en la performance y las reducciones de costos, los EVs todavía afrontan obstáculos potencialmente

importantes: los nuevos modelos en 2017 y 2018 llegarán a los 300 kilómetros de autonomía, pero las nuevas baterías de 60 kWh cuestan unos 350 U\$/kWh, solo en el futuro podría alcanzar un valor que se estima en U\$9000 (Hoy > U\$15000).

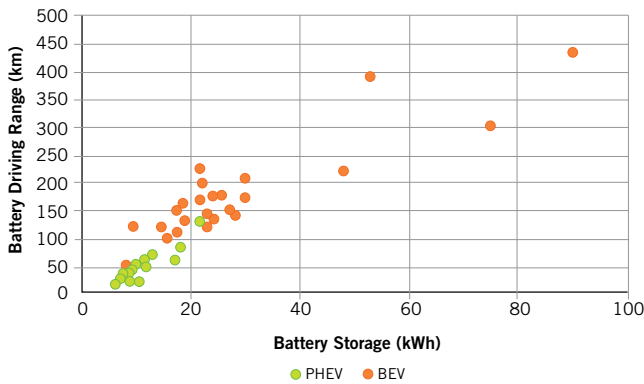


Figura 2. Autonomía de autos híbridos y a batería. (Fuente: UC Davis market data).

En la figura 1 se muestra la convergencia del costo de las baterías a un valor de U\$S250 para 2030, según un relevamiento efectuado por Nykvist and Nilsson³.

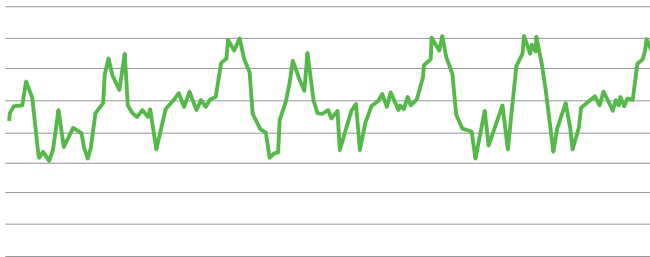
En la figura 2 se grafica la autonomía de los autos a baterías y los autos híbridos, en la que se aprecia que para más de 250 km de autonomía es necesario disponer de baterías por arriba de los 40 kWh. Debe tenerse en cuenta que las pérdidas asociadas al motor, baterías, accesorios y transmisión mecánica no llegan al 10%, mientras que en los motores de combustión interna, sus eficiencias llegan



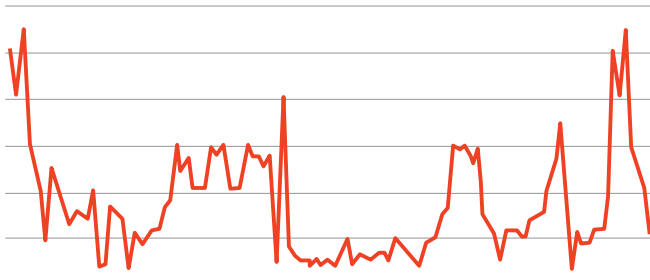
al 30% aproximadamente, por lo que el rendimiento de la transformación energética de la batería llega al 90%.

Así parece demostrarlo la firma Chevrolet, que recientemente ha lanzado en los Estados Unidos un modelo Cruze turbo diesel de cuatro cilindros Ecotec de 1.6 litros, que le permite erogar una potencia de 140 CV y 33,1 kgm de torque y caja automática de nueve cambios, que le permite recorrer 22 km/l con la caja manual de 6 velocidades (20 con la Automática) y según la Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA), es el vehículo no híbrido o eléctrico más eficiente que se comercializa en los Estados Unidos.

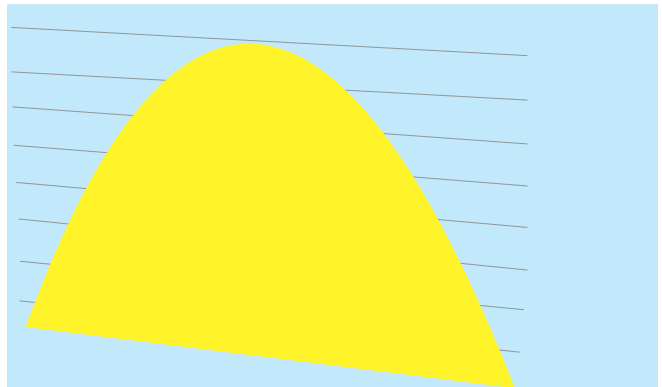
Variación de la carga de VEs



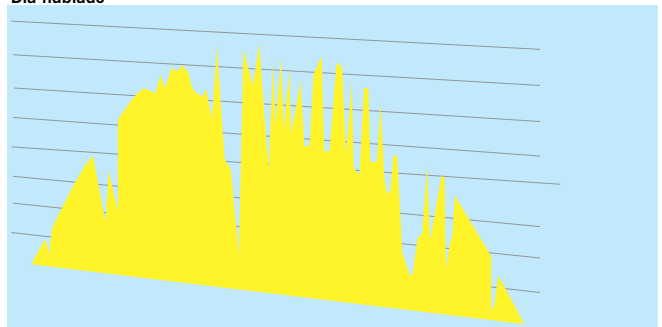
Energía eólica suministrada



Día soleado



Día nublado



Energía renovable

Tendencia actual

Introducción en gran escala de la energía renovable en la red de energía eléctrica.

Automatismos y ampliaciones en la red eléctrica.

Nuevas unidades de generación renovable para el abastecimiento de los vehículos.

Gestión de energía

Potencia eléctrica fluctuante de la fuente renovable de entrega a la red.

Potencia instantánea fluctuante de cargas de baterías rápida a vehículos.

Se requiere una red flexible y controlada que integre y pueda balancear la generación fluctuante de distantes fuentes generadoras de energía.

Figura 3. Visión de la Siemens: comportamiento de la VRE interactuando con la red eléctrica.

En Europa, el avance de esta tecnología para maximizar la reducción de la polución en las ciudades requiere de cuatro estrategias concurrentes para alcanzar el target deseado y confluir energía renovable con la carga de autos eléctricos:

1. La electrificación de vehículos.
2. La provisión de suficiente de equipo de carga.
3. La descarbonización de la generación de electricidad.
4. La integración de vehículos eléctricos interactuando su recarga con la red eléctrica.

Según la visión europea (fósil-dependiente), la implementación del electrovehículo, debe ir de la mano de la energía renovable variable (VRE) para el cumplimiento de las premisas (3 y 4). Así se pretende usar el sistema de baterías de los VE como almacenamiento de energía renovable configurándose lo que se denomina como baterías de segunda mano. Una “segunda vida” de la energía generada por las renovables.

Sin embargo, para la consumación de la VRE difundida, un tema importante es el comportamiento de los propietarios de los electrovehículos, asociado con la variabilidad de la generación de la energía renovable; y la provisión de otros servicios auxiliares en red eléctrica, como la regulación de frecuencia, la demanda instantánea, el soporte de energía durante la operación y la reserva de capacidad para asegurar la energía que se pueda almacenar en las baterías.

En la visión de Siemens (Figura 3) se puede observar el comportamiento de la VRE al interactuar con la red eléctrica⁴.

Los vehículos eléctricos crean un cambio en la operación de las redes eléctricas haciéndolas más complejas para poder soportar el crecimiento de la energía renovable variable y disponer de la misma a través de la red eléctrica para la carga de los VE denominada “carga punzante”.

No solo la tecnología de las baterías es un elemento sensible en la evolución de los autos eléctricos, otro son las estaciones de carga. Se debe diferenciar las de rápida carga de menos de 30 min para una batería estándar de 40 kWh, de un cargador hogareño de 4 kWh (más de 10 horas). En el primero caso se requerirá una potencia instantánea mayor a 90 kW de la red y, en el segundo, la instalación domiciliaria debe estar preparada para poder suministrar

una corriente eléctrica mayor a los 30 A.

En la figura 4, vemos un cargador rápido para dos vehículos de la firma Setec y sus características técnicas⁵. Si tomamos una estación tipo de 3 islas de carga de combustible tradicional, tendríamos el equivalente de 12 cargadores rápidos que, funcionando al mismo



Figura 4. Cargador rápido para dos vehículos de la firma Setec.

SOLUCIONES CON GASES PARA LA INDUSTRIA QUIMICA Y PETROQUIMICA, TECNOLOGÍA AVANZADA EN CADA PROCESO

<p>Poliductos Limpieza Pruebas Hidráulicas Inspecciones Geométricas Secados Inertizados</p>	<p>Tanques y Reactores Blanketing Sparging Transporte Neumático</p>
<p>Gases de Alta Pureza Aire Cromatográfico Hidrogeno Helio Argón Nitrógeno Oxígeno</p>	<p>Mezclas Patrones Control de Calidad Control de Procesos Control del Medio Ambiente Control de Emisiones Vehiculares Control de Fugas</p>

Centro de Servicio al Cliente
0810 810 6003
www.indura.com.ar

INDURA
Grupo AIR PRODUCTS

Voltaje de las líneas AC	380 V	
Tipo de voltaje	3 fases	
	Frecuencia (HZ)	45-55
Entrada AC	Factor de potencia	0,99
	Valor de la corriente THD	<5%
Salida DC	Corriente de salida (A)	200A
	Precisión en la regulación	<0,1,5%
	Rango del voltaje detallado (V)	350-750V
	Potencia de salida	200kW
	Peso del sistema	<300Kg
	Tipo de protección	IP54
Función protectora	Protección contra cortacircuitos / Protección contra aumento de temperatura / Protección contra aumento y contra disminución voltaje / Comunicación de la falla	
Comunicación BMS	CAN2.0 [CHAdEMO] / PLC [Combo]	
Temperatura de operación	-25 °C: to +50 °C	
Identificación del usuario	RFID card	
Tapones DC	CHAdEMO and CCS combo 2	
Enfriamiento	Ventilación forzada	

Figura 4. (Fuente: SETEC-POWER).

tiempo, situación más probable en las horas pico, da como resultado que la estación de servicio debe disponer de la red una potencia instantánea de 1.200 kW o sea 1.2 MW.

En la figura 5 se describe un cargador de garaje de supermercados de 20 kW o de la vía pública, como en Noruega; si se considera una playa de estacionamiento de 125 vehículos nos da la insignificante suma de 2.5 MW en la máxima estadía en un supermercado en la hora pico.



Line Voltage AC	380 V	
Voltage Type	3phase	
AC Input	Frequency(HZ)	50/60Hz
	Power Factor	0.99
	Current THD value	≤5%
	Current (A)	0~30A
DC Output	Nominal output voltage(V)	450/750
	Regulation accuracy	≤0.5%
	Ripple Peak factor	≤0.5%
	Output Power	20 kW
	Protection grade	IP31
Protective Function	Short circuit protection / Over temperature protection / Over-voltage / Under-voltage	
BMS Communication	CAN2.0 [CHAdEMO] / [GB/T] PLC [SAE Combo]	
Operating Temperature	-25°C to +50°C	
User Recognition	RFID card	
DC Plugs	CHAdEMO/CCS/GB/T	
Cooling	Forced Ventilation	

Figura 5. Cargador de garaje de supermercados.



Espera funcional de la estación de potencia EV: Especificaciones
 Voltaje de entrada: AC 100-260V (±6%), 50Hz / 60Hz, Fase inicial
 Rango de la corriente de salida: DC 0-30A (Common Power 3kW)
 Potencia pico de salida: 3-6kW
 Eficiencia en la conversión: 92% o más

Figura 6.

Por último, en la figura 6 se muestra un cargador hogareño de 3.6 kW monofásico.



Figura 7. Automóvil Nissan Leaf.

La empresa YPF, la más importante del país, acaba de anunciar la instalación en 110 estaciones de servicio de 200 picos de carga para vehículos eléctricos de más de 50 kW cada uno. Imagine ahora si todos los vehículos en la Argentina fuesen eléctricos, ¿cuánto sería la potencia eléctrica necesaria si todos al mismo tiempo quieren recargar sus baterías? La respuesta sorprenderá.

En un automóvil como el Nissan Leaf⁶, la potencia del motor es de 80 KW, por lo cual la batería debe estar diseñada para transmitir esa potencia más las pérdidas que son de alrededor del 5% en total (Figura 7).

En una estación especial, la batería de este vehículo se recarga en 20 min y en el domicilio, unas 8 horas con el cargador más común. Según el fabricante, con una unidad de recarga de 32 A y el cargador de a bordo de 6,6 kW, se pasará de vacío a lleno en unas cuatro horas con la batería de 24 kWh, o en cinco horas y media con la nueva y más

	China - Shanghai	Noruega - Oslo	USA - San José
National 2015 EV			
Ventas (% del total de LDV vendidos)	209.000 (1%)	50.000(30%)	115.000(0.7%)
Ventas totales por región, 2015	44.000 (16%)	12.140(4%)	15.000(10%)
Puntos de carga públicos por región	13.400	1.820	1.200
Incentivos financieros federales	U\$S 3.500-8.500	Eximición del VAT (25% para impuestos mayores a U\$S 25.000 para vehículos de U\$S 100.000)	U\$S 2.500-7.500
Incentivos financieros locales	U\$S 1.500-4.500		En California: rebaja para EV U\$S 1.500 (PHEV) / 2.500 (BEV)
Impuesto a las ventas	Eximición del impuesto a las ventas (10%)		
Tasa de inscripción	Inscripción sin cargo (se exceptúa el ICE costo de patentamiento USD 11000-13 000)	Exemption USD 3. 500-7.300:	lower annual fee
Caminos	BEVS exentos de las restricciones en calles para vehículos regulados fuera de Shanghai	Bus lane access, free toll roads (nationally worth U\$S 600-1.200 reduced ferry rates.	Alta ocupación de calles de acceso.
Estacionamientos		Free parking in municipal garages	Libre estacionamiento en lugar de con medidor. Libre en muchos hoteles
Recargas	Recargas sin costo en estaciones de carga, teléfonos móviles, App para localizar estaciones de carga	Free charging at public charging stations	Puntos de carga en gran número de lugares de trabajo en US

Cuadro 2. **Análisis de política automotor en diversas ciudades del mundo.** Fuentes: Advisory Work on Global Benchmark Study on Policies Promoting Electro-Mobility - Europe Uwe Tietge. A. Carnpestrini, P. Mock ICCT (Draft Version January 2016); Analysis on China's New Energy Automobile Policies and Incentive Toolkits. China EV 100, November 2015; Pathways to Electromobility - perspectives based on Norwegian experiences E. Figenbaum, M. Kolbenstedt, TOI Report Osb, May 2015.

potente batería de 30 kWh. El LEAF tiene una autonomía de 199 km con la batería de 24 kWh, o de 250 km con una de 30 kWh en la calle⁷.



Ahora bien, si los automovilistas son impacientes y no tienen garaje en su domicilio para la carga, la mayoría recurrirá a las estaciones especiales.

El coche de referencia tiene un consumo promedio de 173 Wh/km⁸, la autonomía real es de 138 km, 173Wh/km*138 km = 24 kWh que es la energía de la batería. Ello implica que en la estación especial de YPF se tarda 20 min. Tenemos que la potencia instantánea requerida de equipo de recarga debe ser superior a los 72 kW considerando las pérdidas, para ese lapso (24 kW*60 min/20 min).

Según información de Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV), en la temporada de verano por la ruta Buenos Aires-Mar del Plata circulan 2000 autos por hora. Si suponemos que todos fueran VE deberían parar a hacer una recarga, en principio, en Dolores. La potencia instantánea que debe estar disponible para abastecer a todos esos vehículos es de 80 kW x 1000 VE (cada media hora) = 80 MW. Es decir que para abastecer dicha demanda deben construirse nuevas líneas de alta tensión, una Estación Transformadora completa y tender nuevos conductores de la red de media y baja tensión que llegan a las estaciones de servicio.

En la Ciudad de Buenos Aires⁹ ingresan por día 1.300.000 vehículos, y suponiendo que solo un 0,5% del parque recarga combustible al mismo tiempo en la ciudad cuando regresan, la potencia instantánea necesaria sería de 524 MW. Una central de generación completa de última generación disponible durante 20 min para recarga de vehículos. Ello implicaría, el aumento en un 20% la capacidad de los cables de distribución en la Ciudad de Buenos Aires para atender esta demanda¹⁰.

La potencia instalada en el MEM es de 30 GW aproximadamente y crece un 3% por año. Si mañana se convirtiese a todo el parque (12.000.000 de vehículos) en eléctricos y, si consideramos que en todo el país están cargando simultáneamente el 0,25 %, se debería contar con una generación adicional de 3000 MW en un día normal. (Ténga-

se en cuenta que la autonomía no es la misma que con el combustible fósil, por lo tanto, hay más avidez de recarga de energía).

Por consiguiente, deberíamos incrementar la potencia de generación instalada en un 10% y aumentar las potencias de las instalaciones. Respecto a esto último, ¿por qué los ciudadanos de a pie, que no tienen auto, deberían contribuir a la mejora de la red y en la tarifa eléctrica en igualdad de pagos?

No se debe pasar por alto que, así como para las energías renovables se requirió un gran incentivo fiscal en los países que propugnaron un cambio en la matriz energética, también se ha requerido un estímulo a los vehículos eléctricos, en el cuadro 8 se muestran los alicientes en cada país, y se destaca el caso de Noruega.

consumió 156 l de gas oil y el propietario debe erogar en Gas Oil Premium \$3.450 con impuestos.

Si además de todo ello consideramos la modificación de las instalaciones domiciliarias y el refuerzo de la red de distribución que debería realizarse, no prevista en la revisión integral de tarifas de las distribuidoras, podría decirse que para la masificación de VE aún habrá que tomarse un tiempo. ■

Referencias

1. <http://www.nationmaster.com/country-info/stats/Transport/Motor-vehicles>
2. IRENA_Electric_Vehicles_2017



La competencia está desatada, como se mencionó, los fabricantes de motores a combustibles líquidos han acusado el impacto, y la prueba está en el *downsizing* como los motores TSI y el Cruzer a gasoil.

Analicemos por último los costos del abastecimiento de carga desde el punto de vista de la tarifa eléctrica. Supongamos, que el vehículo recorre todos los días 138 km desde un barrio de Pilar a la Capital ida y vuelta; si fuese BEV debe recargar batería en el garaje de su casa a 3.6 kW por 8 horas, es decir tendría un consumo mensual (25 días más la perdidas) por este concepto de 777 kWh y conforme la tarifa de EDENOR (sin subsidios del MEM ni del Valor Agregado de Distribución) el pago rondaría los \$3.000 x mes¹¹ con impuestos; en el año horizonte de sinceramiento (sin subsidio) un vehículo, como el Cruzer,

3. <https://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-Nature-pre-pub-2015-falling-costs-battery-packs-BEVs.pdf>
4. Ing. Carlos F. Galtieri Siemens S.A. - Argentina 2011.
5. <http://www.setec-power.com>
6. <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf.html>
7. <https://www.diariomotor.com/coche/nissan-leaf/>
8. <https://www.electromaps.com/coches-electricos/nissan/leaf>
9. https://www.clarin.com/ciudades/duplico-cantidad-autos-entran-Capital_0_Hy6mzxesPmg.html
10. <http://www.cammesa.com/uflujpot.nsf/FlujoW?OpenAgent&Tensiones%20y%20Flujos%20de%20Potencia&23/07/2017 21:00>
11. https://www.minem.gov.ar/servicios/archivos/6960/AS_14858840071.pdf