

Haciendo de la electricidad el combustible de “HOY”



Ing. Ricardo Berizzo
U.T.N. Regional Rosario

Introducción

El futuro de nuestra sociedad pasa por la adopción de medidas que contribuyan a la sostenibilidad energética. Uno de los elementos que marcarán esta sostenibilidad será la progresiva adopción del vehículo eléctrico, que permitirá reducir nuestra dependencia de combustibles fósiles, y minimizar nuestra huella ambiental.

A medida que más gobiernos están promulgando nuevas leyes sobre emisiones y ofreciendo incentivos a los compradores de vehículos eléctricos, la demanda de coches completamente eléctricos no deja de crecer, animando a muchos fabricantes a crecer en este nuevo mercado mundial.

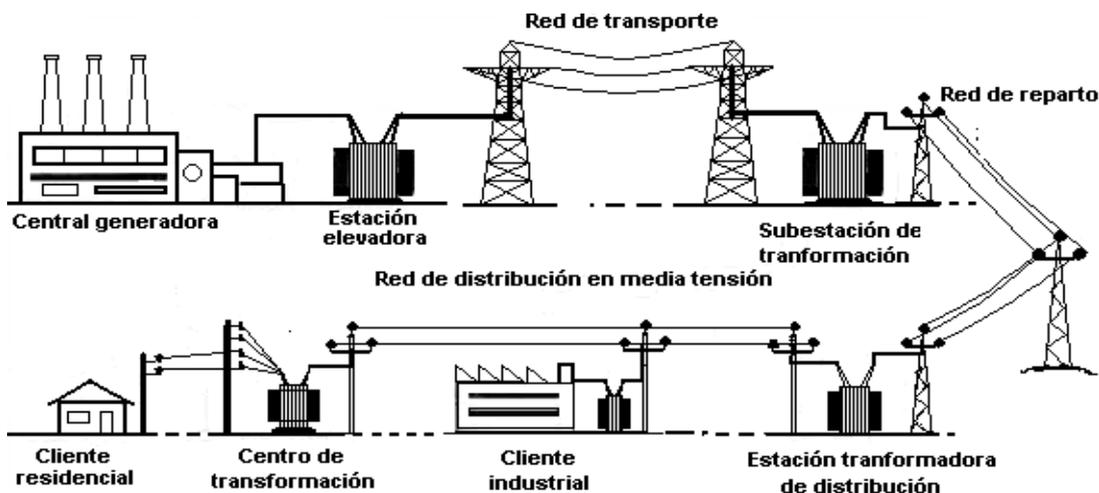
Pero, nos podríamos preguntar, cuantos vehículos eléctricos podríamos conectar a la red eléctrica actual de nuestro país (Argentina) sin modificar sustancialmente la misma? Cuando sería la hora mas conveniente del día?? Qué sector del transporte podría beneficiarse mas?

Desarrollo

Sistema eléctrico:

El sistema eléctrico de Argentina está compuesto por usinas generadoras de electricidad, líneas eléctricas de alta y extra alta tensión, redes eléctricas de distribución y por diversos consumidores de electricidad. Dicho sistema no almacena energía eléctrica, lo cual significa que en todo momento la generación debe ser igual a la demanda o consumo del mercado eléctrico.

En Argentina se emplean tres tipos de usinas para generación en gran escala: termoeléctricas, hidroeléctricas y nucleoeeléctricas.



Las usinas o centrales eléctricas son plantas que se encargan de producir energía eléctrica. Se ubican en las proximidades de fuentes de energía primaria (yacimientos de

hidrocarburos y combustibles nucleares, ríos, lagos) y en cercanías de los centros de consumo (grandes aglomeraciones urbanas o zonas industriales)



Las generadoras eléctricas se conectan entre sí y con los centros de consumo por medio de las redes de transporte y distribución. Las redes de transporte o transmisión consisten en sistemas de líneas de alta y extra alta tensión que transportan la electricidad desde los generadores hasta las aglomeraciones urbanas y parques industriales. Las redes de distribución son aquellas que se encargan de distribuir la electricidad desde los sistemas de líneas de media y baja tensión a los medidores de hogares (urbanos y rurales), comercios, fábricas, hospitales, escuelas, organismos públicos, ferrocarriles metropolitanos, alumbrado público, etc.

Todos los puntos de generación e instalaciones de transmisión, compensación y maniobra integran lo que se conoce como Sistema Argentino de Interconexión (SADI), conformado por el Sistema de Transporte de Alta Tensión y por los Sistemas de Transporte por Distribución Troncal de las diferentes regiones eléctricas del país.

El Sistema Argentino de Interconexión está compuesto por el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) que abastece al norte y centro del país, y a partir del 2006, se integró el Sistema Interconectado Patagónico.

CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico) es quien administra el mercado eléctrico.

De acuerdo a lo previsto en el art. 35 de la ley 24065 el decreto 1192 de julio de 1992 dispuso la creación de *CAMMESA* sobre la base del Despacho Nacional de Cargas. Sus funciones principales comprenden la coordinación de las operaciones de despacho, la responsabilidad por el establecimiento de los precios mayoristas y la administración de las transacciones económicas que se realizan a través del SIN (Sistema Interconectado nacional).

El paquete accionario de *CAMMESA* es propiedad de los Agentes del Mercado Mayorista Eléctrico en un 80%. El 20% restante está en poder del ministerio público que asume la representación del interés general y de los usuarios cautivos. El 80% señalado se integra en partes iguales por los Agentes Generadores, Transportistas, Distribuidores y Grandes Usuarios con un 20% de participación cada uno.

Además del objeto principal del despacho técnico y económico del SIN, organizando el abastecimiento de la demanda al mínimo costo compatible con el volumen y la calidad de la oferta energética disponible, *CAMMESA* ha sido concebida para realizar las siguientes funciones de propósito público:

1. Ejecutar el despacho económico para aportar economía y racionalidad en la administración del recurso energético
2. Coordinar la operación centralizada del SIN para garantizar seguridad y calidad.
3. Administrar el MEM asegurando transparencia por medio de la participación

de todos los agentes involucrados y el respeto a las reglamentaciones respectivas.

En los roles de administración del MEM, le corresponde a CAMMESA supervisar el funcionamiento del mercado a término, planificar las necesidades de potencia y optimizar su aplicación de acuerdo a las reglas fijadas por la Secretaría de Energía de la Nación.

CAMMESA actúa como mandatario de los diversos actores del MEM en lo relativo a la colocación de potencia y energía, organizar y conducir el uso de las instalaciones de transporte en el mercado spot, como agente de comercialización de la energía y potencia proveniente de importaciones y de emprendimientos binacionales, y también gestiona cobros, pagos o acreditaciones de las transacciones que se celebren entre los actores del MEM. Un Mercado Spot: con precios establecidos en forma horaria en función del costo económico de producción. Un Mercado a Término (MAT): con contratos de cantidades, precios y condiciones pactadas libremente entre vendedores y compradores.

Niveles de tensión del sistema eléctrico argentino

220 V	Circuitos en viviendas comunes
380 V	Motores de ascensores y bombas de agua en viviendas
380 V	Motores comunes en las industrias
13.200 V = 13,2 kV	Líneas denominadas de media tensión
66.000 V = 66 kV	Líneas denominadas de media tensión (Antiguas)
132 000 V = 132 kV	Líneas denominadas de alta tensión (Total en el país 6 000 km)
220.000 V = 220 kV	Líneas denominadas de alta tensión (Total en el país 500 km)
330.000 V = 330 kV	Líneas denominadas de alta tensión (Total en el país 1 100 km)
550.000 V = 550 kV	Líneas denominadas de extra alta tensión (Total en el país 9 292 km)

Donde conectar los vehículos eléctricos

Uno de los beneficios de los vehículos eléctricos que se suele mencionar es que la electricidad, su combustible, está ampliamente disponible. Sin embargo, la electricidad tiene que ser transferida desde la red hasta las baterías de cada vehículo por medio de una infraestructura especialmente diseñada. Se puede dividir las infraestructuras necesarias en tres categorías:

- Infraestructura de carga residencial AC
- Infraestructura pública de carga AC
- Infraestructura de carga rápida en CC

Se considera infraestructura local de recarga al conjunto de medios hardware y software que permiten la gestión simultánea de un número elevado de puntos de recarga, correspondientes a una comunidad de usuarios. Se debe primero definir y dimensionar el ámbito de estudio de dicha recarga. A continuación, se estudiarán los diferentes elementos críticos que componen la infraestructura local y que permiten una óptima gestión de la recarga de los vehículos: la arquitectura del sistema de recarga, los

sistemas de comunicación y los sistemas que permitan una gestión de la demanda en la infraestructura local.

Es esencial tener en cuenta el estado de la red para evitar costos y riesgos innecesarios. Para los transformadores de distribución, la carga “a ciegas” (a cualquier hora del día) podría dar lugar a sobrecargas en el transformador y a apagones locales, incluso con una pequeña cantidad de vehículos eléctricos.



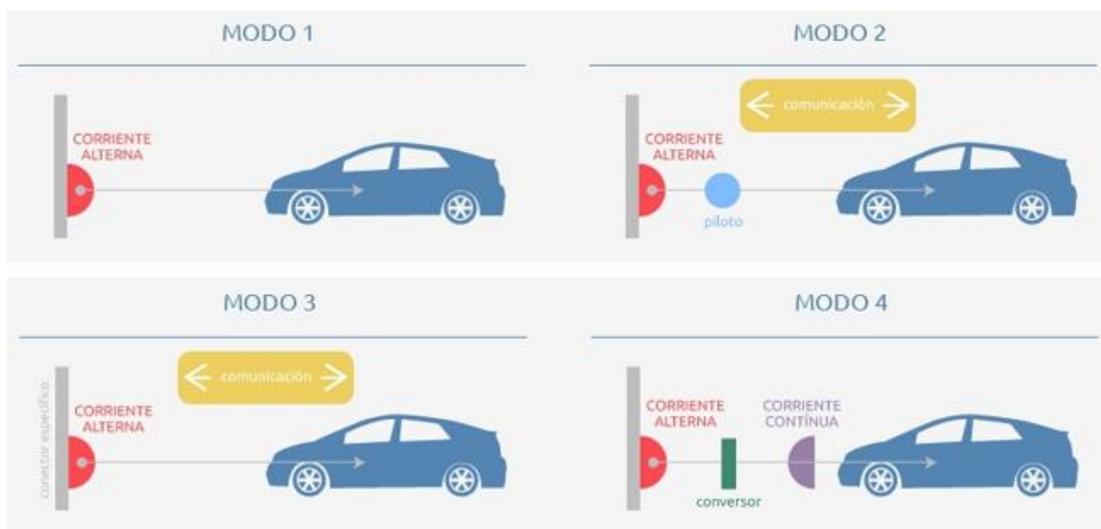
Existen diferentes tipos de carga en función de la necesidad del usuario. Se entiende por recarga del vehículo eléctrico el proceso mediante el cual un vehículo carga su batería total o parcialmente. Dependiendo del tiempo de carga de las baterías, existen tres modalidades de carga:

- **Carga lenta, estándar o convencional.** La recarga convencional se realiza en corriente alterna monofásica – como la que llega a nuestras casas – y emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la propia vivienda, es decir, 16 amperios y 230 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 3,6 kW. Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 6-8 horas (desde el 0% al 100% del estado de carga de la batería). Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en el garaje de una vivienda o para realizar pequeñas cargas parciales que permitan aumentar sensiblemente la autonomía del vehículo eléctrico para alcanzar un destino determinado.
- **Carga semi-rápida.** Este tipo de carga se realiza en corriente alterna trifásica, y emplea corrientes de 16A ó 32A, a una tensión de 400V, lo que implica potencias de carga de 11Kw ó 22kW. En este caso, los tiempos de carga se reducen a periodos entre 1 y 2 horas. Esta solución de carga es típica para zonas comerciales y de ocio, en las que el vehículo permanece estacionado cortos periodos de tiempo (típicamente 1 o 2 horas).
- **Carga rápida.** La recarga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica y, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50kW, comparable a la de un edificio de quince viviendas.
- Esta solución es la que más se asemeja a los hábitos actuales de repostaje con un vehículo de combustión. Este tipo de recarga consigue una autonomía de 60Km en aproximadamente 10 minutos.

También existe los llamados modos de carga:

Los modos de carga tienen que ver con el nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga (y por consiguiente la red eléctrica), y el control que se puede tener del proceso de carga, para programarla, ver el estado, pararla, reanudarla, o incluso volcar electricidad a la red.

- **Modo 1**, sin comunicación con la red. Sería el que se aplica a una toma de corriente convencional con conector schuko.
- **Modo 2**, grado bajo de comunicación con la red. El cable cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto que sirve para verificar la correcta conexión del vehículo a la red de recarga. Podría seguir usándose un conector schuko.
- **Modo 3**, grado elevado de comunicación con la red. Los dispositivos de control y protecciones se encuentran dentro del propio punto de recarga, y el cable incluye hilo piloto de comunicación integrado (por ejemplo los conectores SAE J1772, Mennekes, Combinado o Scame).
- **Modo 4**, grado elevado de comunicación con la red. Hay un convertor a corriente continua y solo se aplica a recarga rápida (por ejemplo conector CHAdeMO).



Tipos de conectores:

Los tipos de conectores todavía no están estandarizados a nivel mundial. Así que hay varios enchufes, con diferente tamaño y propiedades.

Conector doméstico tipo **schuko**, responde al estándar CEE 7/4 Tipo F y es compatible con las tomas de corriente europeas. Tiene dos bornes y toma de tierra y soporta corrientes de hasta 16 A, solo para recarga lenta y sin comunicación integrada. Lo podemos encontrar en múltiples electrodomésticos.

- Conector **SAE J1772, o Tipo 1**, a veces conocido también como Yazaki. Es un estándar norteamericano, y es específico para vehículos eléctricos. Mide 43 mm de diámetro.

Tiene cinco bornes, los dos de corriente, el de tierra, y dos complementarios, de detección de proximidad (el coche no se puede mover mientras esté enchufado) y de control (comunicación con la red).

- Nivel 1: Hasta 16 A, para recarga lenta.
 - Nivel 2: Hasta 80 A, para recarga rápida.
- Conector **Mennekes, o Tipo 2**, es un conector alemán de tipo industrial, VDE-AR-E 2623-2-2, a priori no específico para vehículos eléctricos. Mide 55 mm de diámetro. Tiene siete bornes, los cuatro para corriente (trifásica), el de tierra y dos para comunicaciones.
 - Monofásico, hasta 16 A, para recarga lenta.
 - Trifásico, hasta 63 A (43,8 kW) para recarga rápida.



Conector Mennekes Tipo 2

- Conector único **combinado o CCS**, se ha propuesto por norteamericanos y alemanes como solución estándar. Tiene cinco bornes, para corriente, protección a tierra y comunicación con la red. Admite recarga tanto lenta como rápida.
- Conector **Scame, o Tipo 3**, también conocido como EV Plug-in Alliance, principalmente apoyado por los fabricantes franceses. Tiene cinco o siete bornes, ya sea para corriente monofásica o trifásica, tierra y comunicación con la red. Admite hasta 32 A (para recarga semi-rápida).
- Conector **CHAdeMO**, es el estándar de los fabricantes japoneses (Mitsubishi, Nissan, Toyota y Fuji, de quien depende Subaru). Está pensado específicamente para recarga rápida en corriente continua. Tiene diez bornes, toma de tierra y comunicación con la red. Admite hasta 200 A de intensidad de corriente (para recargas ultra-rápidas). Es el de mayor diámetro, tanto el conector como el cable.



*Infraestructura de carga residencial

Seguramente la gran mayoría de los procesos de recarga se van a realizar en el entorno doméstico, con una potencia igual o inferior a 3,7 kW (monofásica de 16 A) y una duración de unas 6 u 8 horas para una recarga completa. Este tipo de recarga se realizará por medio de un cable especial suministrado con el vehículo (carga en Modo 2) junto con las tomas de corriente habituales doméstico o industriales, o bien por medio de un pequeño dispositivo permanentemente conectado a la red de suministro de c.a. (carga en Modo 3), denominado “*wallbox*”.

Un “*wallbox*” ofrece una seguridad adicional a la que ofrece un simple enchufe doméstico y a su vez, puede estar dotado de un medidor de energía para posibilitar una discriminación de tarifas, así como funcionalidad avanzada relativa a la gestión de la demanda.



Aquí vemos un 'wallbox' con una toma schuko (izquierda) y una toma Mennekes (derecha)

*Infraestructura pública de carga

Los postes de recarga han sido diseñados para cubrir las necesidades de recarga de vehículos eléctricos en la vía pública, cumpliendo con todas las normativas de seguridad eléctrica así como seguridad en el acceso y la medida y gestión del consumo.



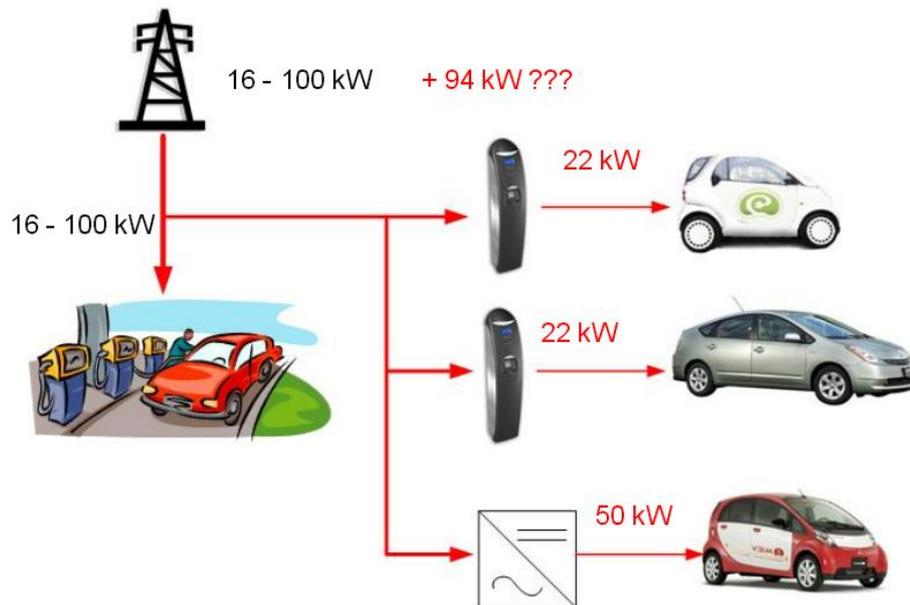
El sistema ha sido pensado para dar al usuario del vehículo eléctrico, un método sencillo para recargar su vehículo allí donde lo estacione. Los postes de recarga disponen de un fácil sistema de acceso y pago de energía mediante tarjetas sin contacto, así como un práctico sistema de apertura y cierre. De esta forma, todo el proceso de recarga puede realizarse con tan solo unos pocos pasos por cualquier usuario.

Todos aquellos lugares en intemperie son susceptibles de ser destinados al estacionamiento de vehículos de cualquier tipo (coches, motos, bicicletas, transporte, limpieza, ...)



Las *electrolineras* (similar a estaciones de servicio o gasolineras) son la infraestructura requerida para recarga rápida de los vehículos eléctricos. Se implementan en espacios públicos y privados. Se está trabajando en puntos de recarga en estaciones de servicio, estacionamientos públicos, centros comerciales.

Electrolineras – servicio rápido con grandes potencias

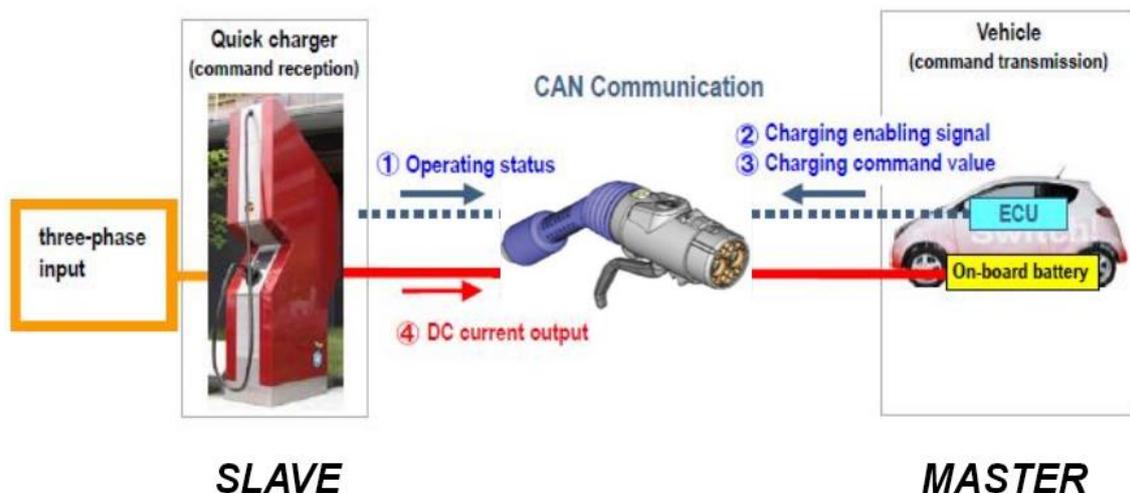


*Infraestructura de carga rápida en CC

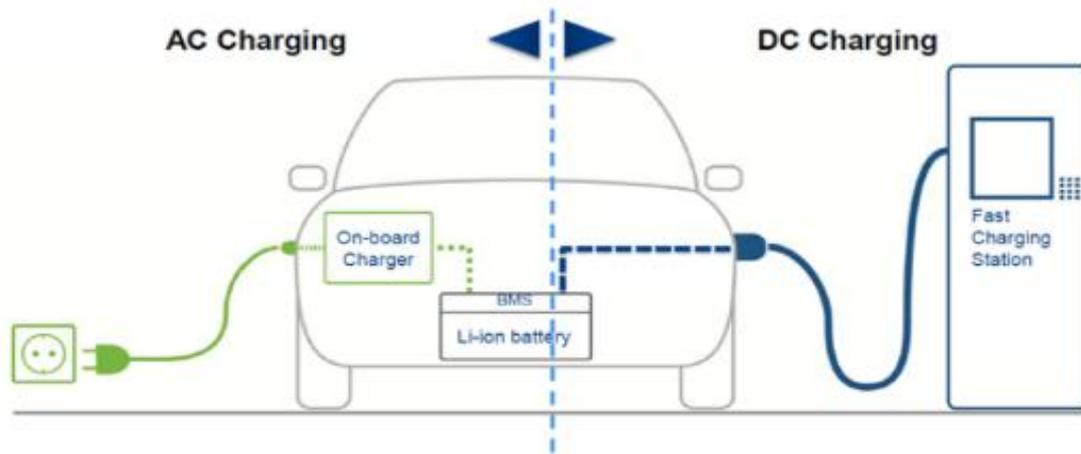
Cargador de baterías externo al VE, con suministro DC al mismo. Hasta 400 A (aprox 50 –150 kW) Modo 4 de carga.

El protocolo CHAdeMO garantiza que las estaciones de recarga interoperen con cualquier tipo de batería que lleven los vehículos.

La ECU a bordo del vehículo decide la corriente óptima de carga según el estado de la batería y transmite comandos a la estación de recarga, quien suministra corriente DC.



Adicionalmente a toda esta oferta de infraestructura privada y pública, también es previsible la realización de recargas en el lugar de trabajo y en centros de ocio: centros comerciales, restaurantes, gimnasios...



Modos de carga en AC y DC.

Con el fin de resultar más atractiva a los usuarios, es previsible que esta infraestructura esté dotada de una potencia de carga mayor, principalmente en versión trifásica, hasta los 22 kW (32 A por fase), ofreciendo la recarga completa de un vehículo en tiempos aproximados inferiores a 2 horas.

Las baterías de los vehículos eléctricos

Las baterías son un componente muy importante en los Ve porque son las responsables de almacenar y suministrar la energía eléctrica que estos vehículos necesitan para su funcionamiento.

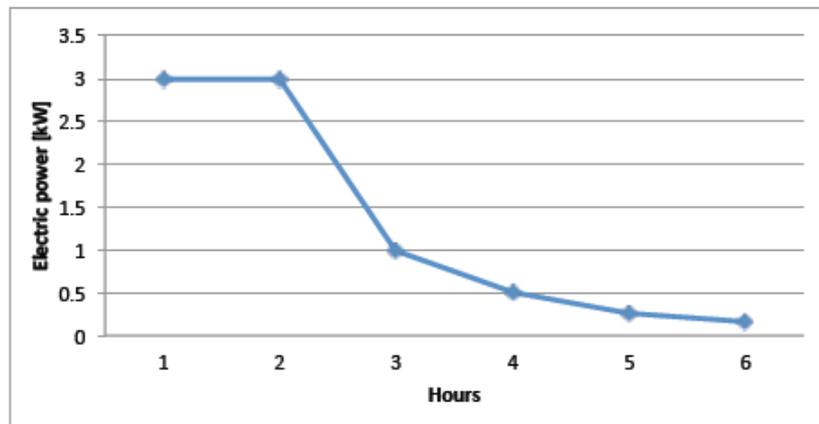
Más aún, las características de los Ve's tales como autonomía, velocidad máxima, tiempo de recarga y costo van a depender principalmente de la tecnología de la batería que se haya utilizado en el diseño y fabricación del vehículo eléctrico.

Hoy en día, mayoritariamente se utilizan baterías de Litio, en sus diferentes variantes, para los Ve's.

Este tipo de baterías poseen una densidad energética que varía del orden de 80 a 170 Wh/kg (energía específica) pues significa una disminución del peso de la batería de una misma capacidad en comparación con las anteriores tecnologías.

Otra gran ventaja de estas baterías es que poseen un alto voltaje por celda al utilizarse un electrolito no acuoso, y presentan un excelente ciclabilidad, pudiendo realizar más de 1000 cargas sin bajar a menos de 90% su capacidad de carga.

La siguiente gráfica es un ejemplo de la característica de carga de las baterías eléctricas de ion -litio a carga lenta que se consigue con una potencia del orden de 3 kW y se puede hacer por lo tanto en una red monofásica con tensión domiciliaria.



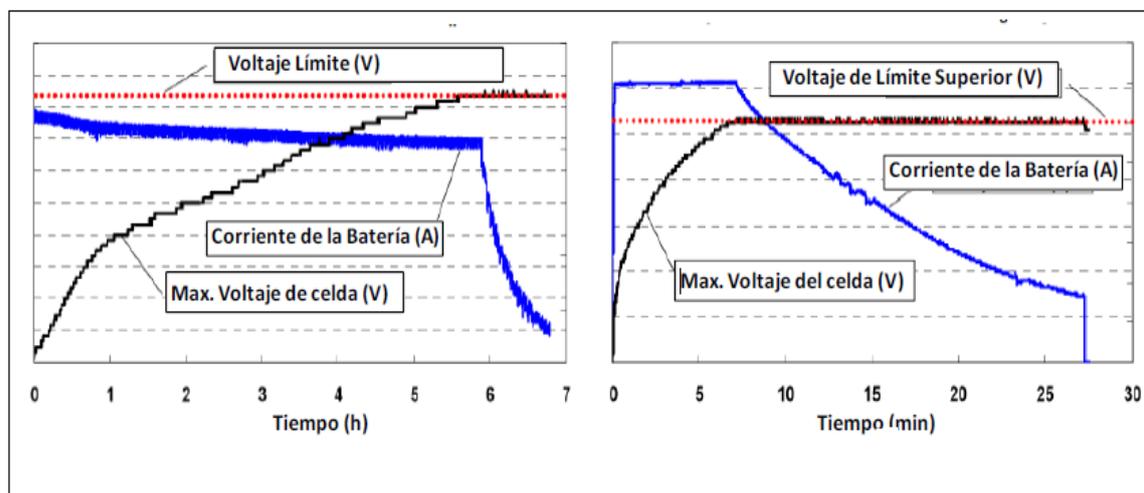
Observamos que la figura se compone de un período total de aproximadamente 6 horas, donde las dos primeras horas presentan un control de carga constante, correspondiente al tiempo en que aumenta la tensión eléctrica interna de la batería, y luego se provoca una disminución de la corriente de carga durante las últimas horas en que se completa el último 25% del total de la carga hasta llegar a la tensión nominal de la batería.

Por otro lado, la carga rápida requiere menos de una hora y se aplican potencias del orden de 30-50 kW si se quiere completar en decenas de minutos.

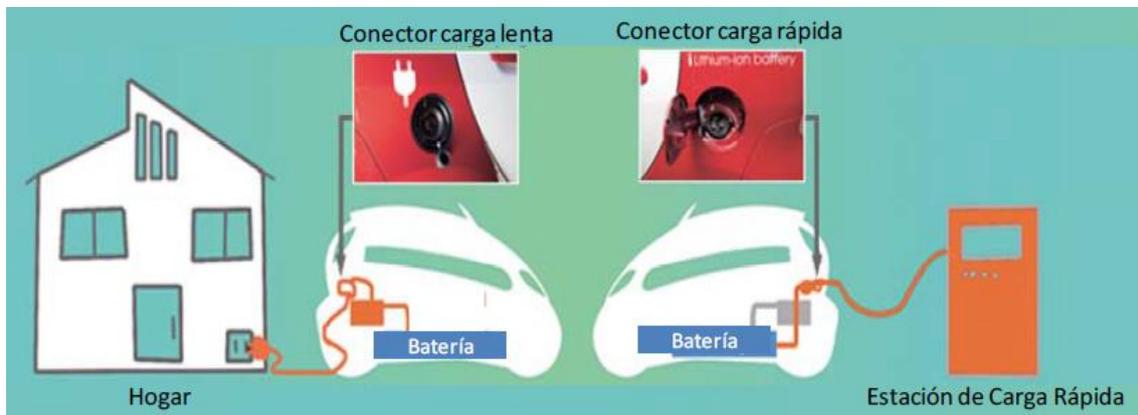
De cualquier forma, la carga rápida al requerir mayor potencia e intensidades de corriente, necesita por lo tanto de una red trifásica para el suministro y de mayores medidas de protección; es de esperar que este tipo de carga no ocurra en ambiente domiciliario, sino que en lugares de carga públicos con sistemas apropiados. Además es importante mencionar que esta carga de alta potencia provoca niveles de recalentamiento de las baterías que disminuyen su vida útil, razón por la que no es conveniente abusar de esta modalidad de carga

En la figura de la derecha se observa un ejemplo de la característica de tensión y corriente en el proceso de carga rápida, que tiene periodos similares al de la carga lenta, pero de duración muy diferente.

En la figura de la izquierda se presenta el comportamiento de la tensión y la corriente de carga durante el proceso de carga lenta equivalente para el mismo tipo de vehículo.



Dada la posibilidad de realizar estos dos tipos de carga, desde el punto de vista de la tecnología del vehículo es necesario que estos estén adaptados para realizar ambos tipos de procesos de carga, mediante conectores y baterías que permitan la conexión a alta potencia.



Ejemplo de la capacidad de almacenar energía en Kw-h de diferentes bancos de baterías de distintos vehículos eléctricos:

Nissan leaf	24	Kw-h
I-Miev Mitsubishi	16	“
Ford Focus –e	23	“
Kia Soul EV	27	”
Tesla Roadster	53	“
Tesla S	85	“
e-Bus BYD K9	324	“
e-Bus Irizar	376	“

Hasta aquí se ha presentado los diferentes elementos eléctricos constitutivos de un sistema de transporte eléctrico autónomo, esto es, el sistema eléctrico, las baterías de los Ve's y el nexa entre ambos.

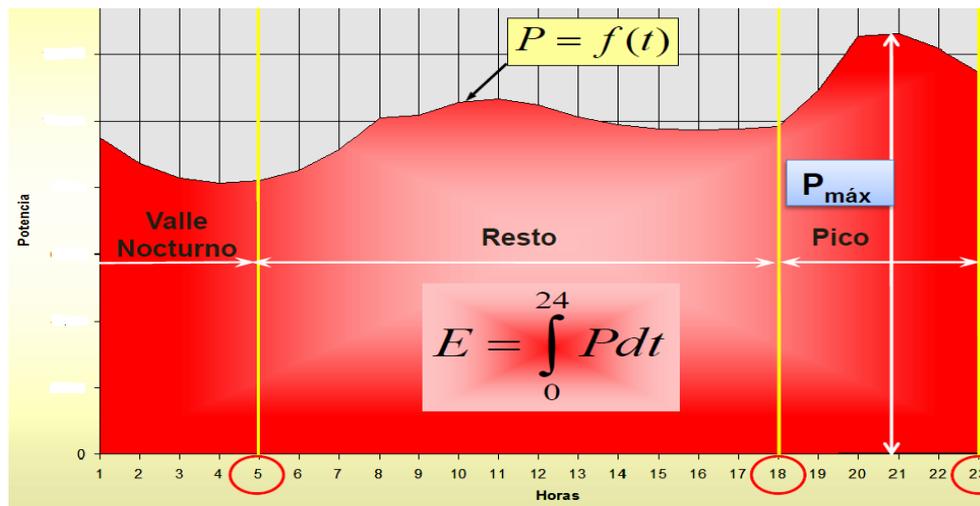
Inserción del vehículo eléctrico en la red

La implantación del VE en forma “masiva“ en las ciudades representa un desafío en lo que a diseño, desarrollo y mejora de las redes eléctricas se refiere de modo de poder satisfacer las necesidades de conexión de los usuarios y la necesidad de energía y potencia del parque vehicular.

La demanda de energía eléctrica se caracteriza por una fuerte variabilidad temporal determinada por la temperatura, el número de días laborales en un mes y la actividad económica de la población.

La combinación de todos estos factores determina que la **curva de demanda** de un día que se caracteriza por lo general por un mayor consumo en las horas del mediodía y la tarde y un menor consumo en la madrugada, lo que puede variar según las estaciones del año.

Por ejemplo, se muestra una curva de demanda de electricidad tipo:



En el eje horizontal (x) se representan las horas del día, de 0 a 24 hs.

En el eje vertical (Y) se representa la potencia generada.

Considerando que la generación debe equilibrar constantemente la demanda, los picos de demanda pueden significar la necesidad de más centrales de generación, y a su vez las horas valle pueden significar la existencia de excedentes de energía que pudiera provocar que centrales de generación no gestionables, tales como por ejemplo las centrales hidráulicas de pasada o las eólicas, que suelen ser las de menores costos de operación, tuvieran que desaprovechar su potencial al prescindir de ellas en momentos de demanda mínima, por causa de su baja potencia.

Siempre son deseables medidas de eficiencia y gestión de la demanda que busquen “aplanar la curva de demanda o de carga” mediante el desplazamiento de consumos en horarios de punta a períodos de valle.

Mediante mecanismos de gestión de la demanda, el vehículo eléctrico podría integrarse en el sistema eléctrico sin ninguna inversión adicional en activos de generación y transporte

Bajo esta premisa, el vehículo eléctrico puede ser un instrumento muy útil para aplanar la curva de demanda y aumentar el porcentaje de energías renovables en el mix de generación eléctrica, o convertirse en un factor adicional de desequilibrio de la misma, dependiendo de cómo y cuando se realicen las recargas de los mismos. El sistema eléctrico tiene capacidad para integrar a los vehículos eléctricos, siempre que la recarga de los mismos se realice de una manera controlada, aprovechando los momentos valle del sistema.

Por ello, una forma de obtener mayor aprovechamiento del sistema eléctrico, podría ser mediante la recarga nocturna de las baterías de los VE, lo que permitiría disminuir los valles existentes en las noches y así aplanar la curva diaria y estacional de carga, disminuyéndose de esta forma los pronunciados valles. De esta manera, se logra una curva de duración de carga con menor dispersión entre su punto máximo y mínimo, y por ende, un uso más eficiente de la potencia instalada de generación del sistema eléctrico y de todo el sistema eléctrico en general.

Ahora bien, a continuación se considerará el caso real de la curva de demanda de nuestro país del año 2013, datos suministrado por Cammesa a través de su “Informe anual 2013”. El cual puede ser obtenido, año a año, de su sitio de internet.

Las curvas se obtienen a partir de datos reales de las mediciones eléctricas de todo el país, que provienen de:

* El SOTR (Sistema de Operación en Tiempo Real), que son varios miles de transductores que miden la Potencia Activa en todas las interconexiones de los demandantes, generadores y transportistas de energía eléctrica y que se reciben cada 9 segundos en CAMMESA.

* En caso de fallas del SOTR se lo puede reemplazar por el SMEC (Sistema de Medición de Energía Comercial) de los demandantes mayoristas de energía que son medidores de energía inteligentes, que contabilizan esas demandas y que se reciben diariamente en CAMMESA con lo consumido el día anterior. Con estos equipos se factura la energía mayorista de dichos agentes.

Entonces:

- Las curvas de demandas máximas son las correspondientes al día del verano y del invierno donde se produjo el máximo consumo de ese período estacional.
- Las demandas de los días típicos de cada período se obtienen promediando las curvas diarias de cada Estación (Verano e Invierno) y luego se elige aquel día que más se repite y parece a ese valor promedio.

Es decir es un valor típico y estadístico que sea el más representativo del universo de días de ese período estacional.

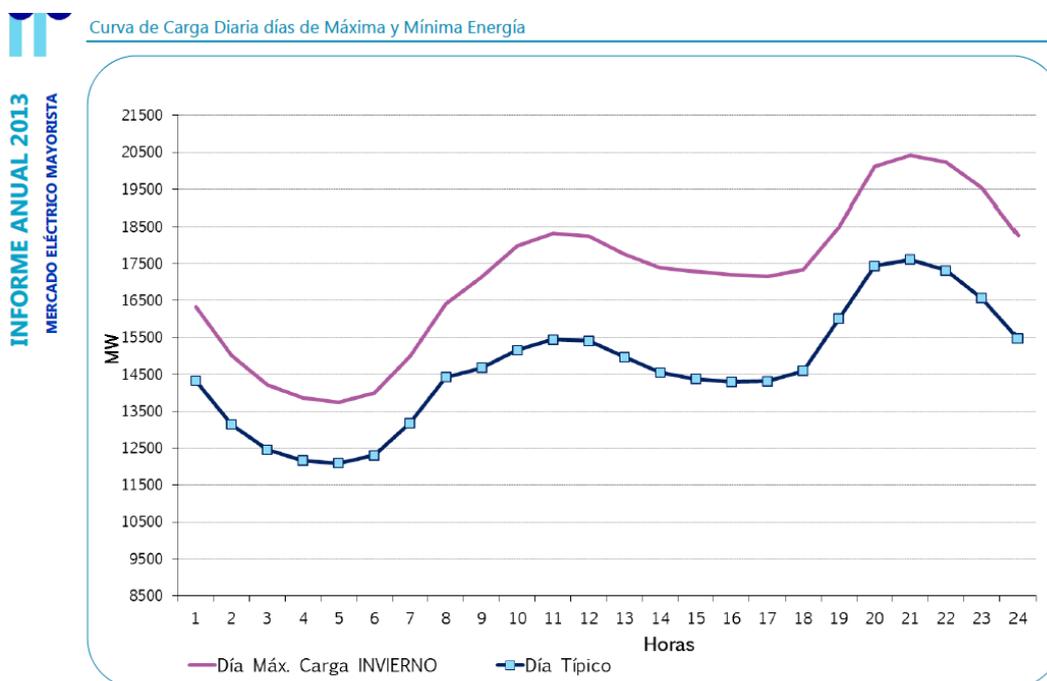


Gráfico 9: Invierno 2013. Curva típica y de máxima carga

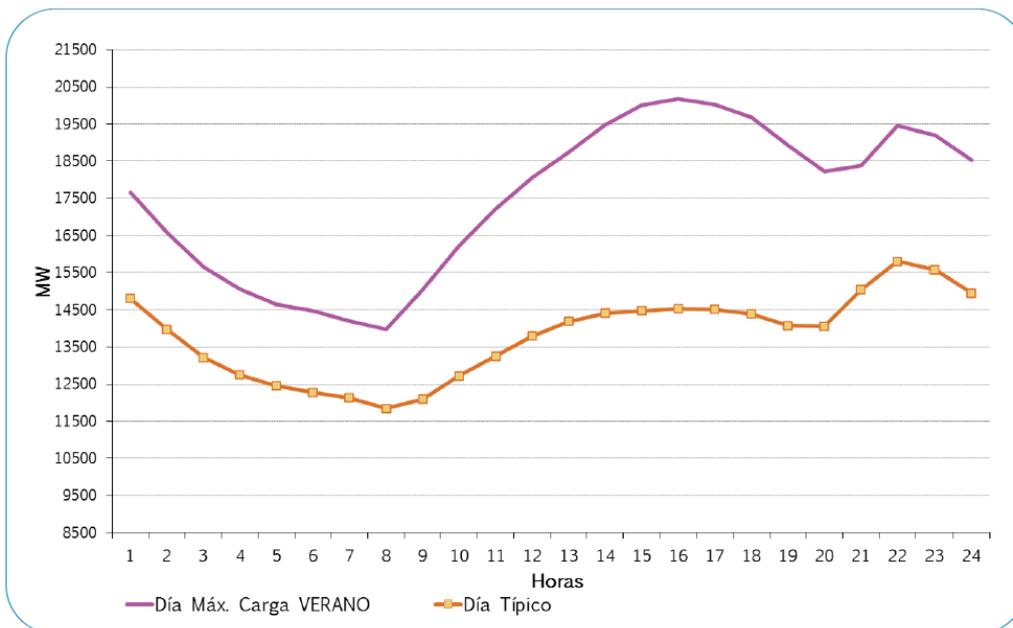
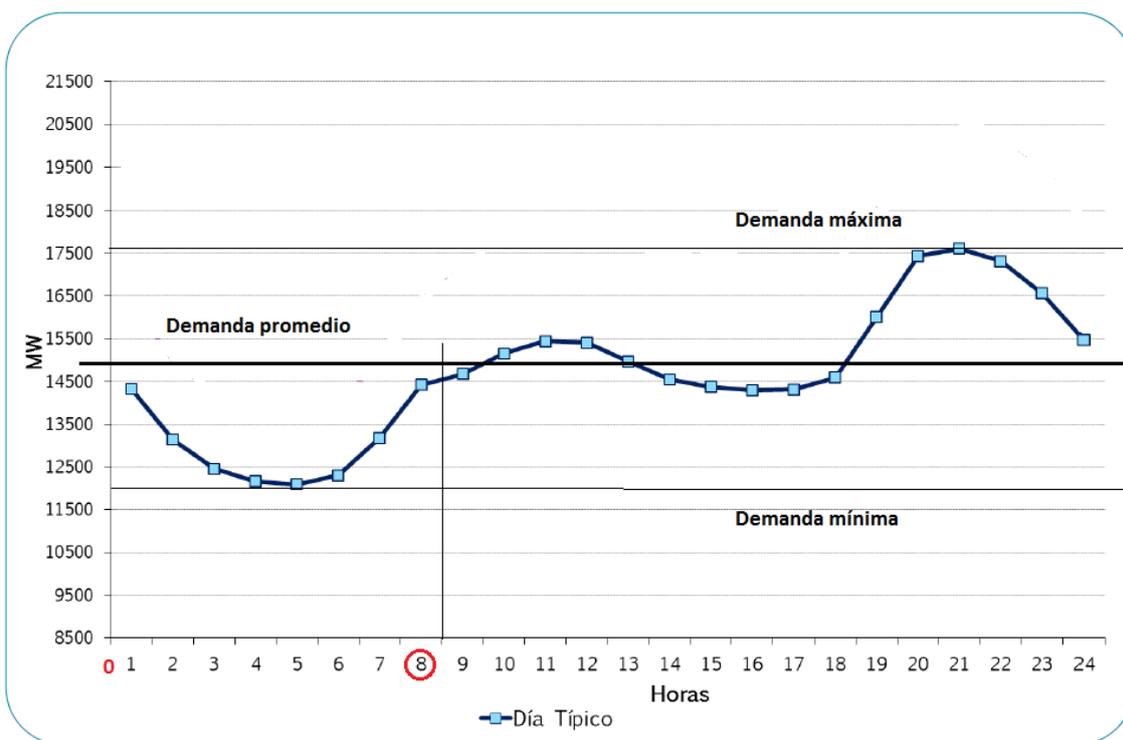
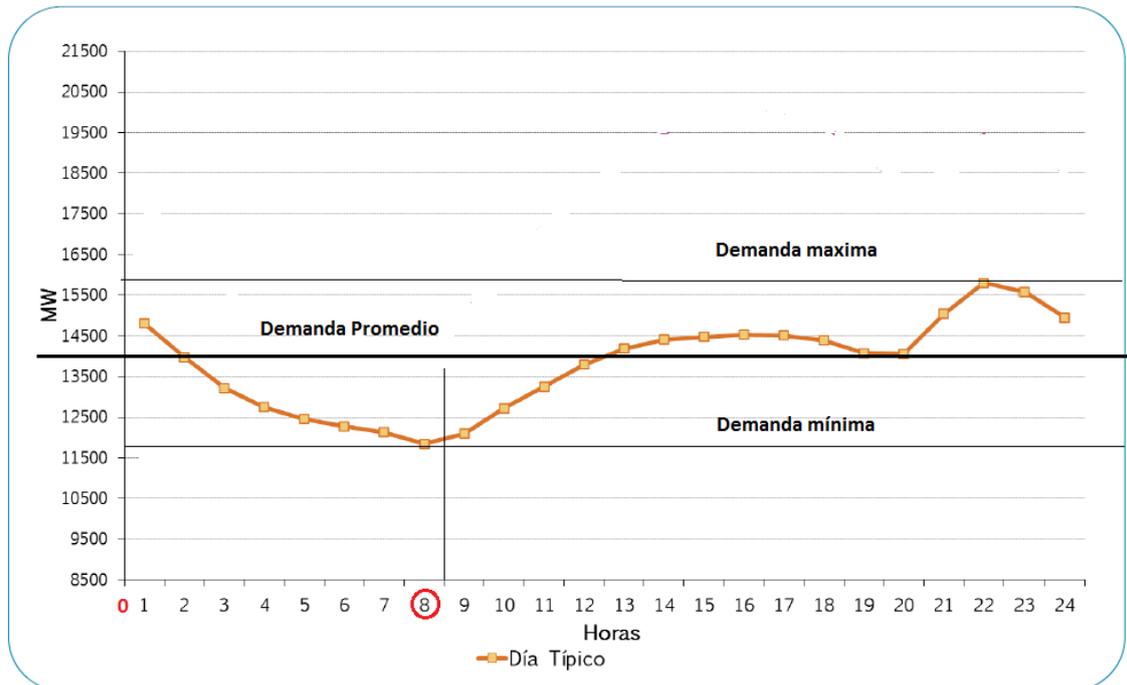


Gráfico 10: Verano 2013. Curva típica y de máxima carga

Se extrae las curvas típicas:



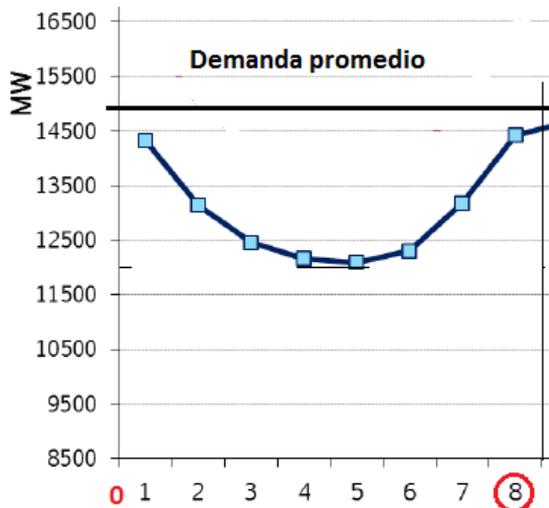
Invierno 2013. Curva típica



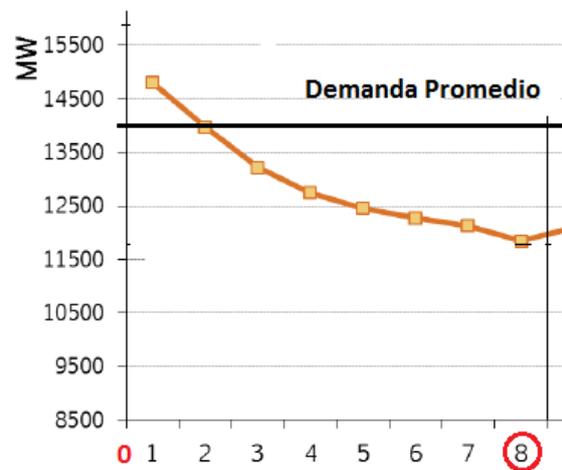
Verano 2013. Curva típica

Se observa una diferencia en la forma del valle, entre las 0 y las 8 hs, entre invierno y verano. Debido a los diferentes usos y costumbres que determina la demanda sobre el sistema eléctrico.

En las próximas gráficas se realiza un zoom sobre los valles:



Invierno 2013. Curva típica

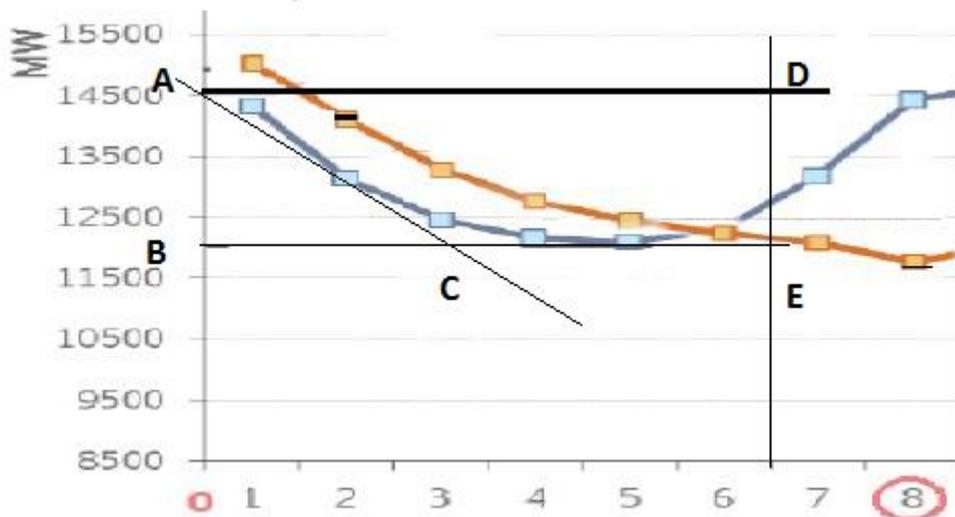


Verano 2013. Curva típica

Y a continuación una superposición de ambas curvas:



La idea es obtener un valor de la energía que podría estar disponible entre las 0 hs y las 6 hs. Fundamentalmente pensando en que ese lapso puede ser el tiempo de carga de buses y autos –taxis, es decir, el *transporte público*. De acuerdo a lo que se planteó en el inicio, como desafío en el presente trabajo.



Al área representativa de la energía $A - D - E - B$ se le resta el área $A - B - C$.

$$\text{Area } A D E B : (14500 - 12000) \text{ Mw} \quad 25000 \text{ Mw} * 6 \text{ Hs} = 150000 \text{ Mw-h}$$

$$\text{Area } A B C : A B * B C / 2 = 25000 \text{ Mw} * 3 \text{ Hs} / 2 = 37500 \text{ Mw - h}$$

$$\text{Area } A D E C = 150000 - 37500 = 112500 \text{ Mw-h}$$

Se puede decir que disponemos de 112500 Mw-h de energía, obviamente a generar, pero sin modificar para nada las instalaciones del sistema eléctrico nacional. Estamos aprovechando y amortizando las instalaciones que durante ese lapso (0 a 6 hs) están ociosas por falta de demanda.

Ahora bien, que podríamos cargar en este lapso con esa energía??

De acuerdo a los datos de packs de baterías presentados, como ejemplo, mas arriba tomamos como valor promedio para un e-Bus un valor de 350 Kw-h y para un e-Taxi un valor de 30 Kw-h.

En estos casos: $112500 \text{ Mw-h} / 350 \text{ Kw-h/e-bus} = \mathbf{321.428 \text{ e-Buses}}$

ó $112500 \text{ Mw-h} / 30 \text{ Kw-h / e-taxi} = \mathbf{3.750.000 \text{ e-Taxis}}$

En nuestro país, que cuenta con un estimado de 23.000 buses urbanos con motor de combustión interna y 80.000 unidades autos- taxis con motor térmico, se puede observar que modificando la planta motriz a eléctrica, la energía disponible a generar es mas que suficiente sin modificar la infraestructura del sistema eléctrico. No solo eso, también se pueden recargar los vehículos particulares eléctricos.

Como primeras conclusiones puede decirse que para lograr aprovechar de manera mas óptima el sistema, se deberá incentivar un cambio del sistema de propulsión de los vehículos del transporte público (por eléctricos autónomos) y enfocado a que los VE sean cargados en la noche y durante un tiempo largo a baja potencia mediante un proceso de carga del tipo lento.

Se debe agregar también que para ello se deben usar incentivos tarifarios hacia los propietarios de los diferentes tipos de VE que promuevan la carga nocturna en modalidad de carga lenta en horas de valle de la curva de demanda eléctrica. De esta forma, se podrá lograr un desplazamiento de la curva de carga, mediante una gestión de la carga de los VE.

Si se cuenta con un gran parque de generación eólica que produce un importante porcentaje de la electricidad. Mucha de esta electricidad se produce por la noche cuando la demanda es baja y no se requiere. Dado que esta energía eléctrica generada es difícil de almacenar, y en muchos casos imposible, se opta por desconectar los generadores eólicos. Incentivando la recarga masiva de vehículos eléctricos se podría aprovechar esa energía producida por la noche para usarse durante el día.

Por otra parte, también puede considerarse las siguientes plantas motrices térmicas, respectivas:

Buses: Cilindrada total 4 a 6 lts.

Potencia de 170 a 231 Hp

Emisiones EURO III

Combustible: Gas -Oil

Autos-taxis: Cilindrada 1.4 a 1.6 lts.

Potencia promedio 100 Hp

Combustible original: Nafta convertido para uso de Gas

Y la próxima tabla, estimado un kilometraje/día, consumo y polución

Bus Gas-Oil	Taxi nafta	Taxi gas
250 Km/día	200Km/día	200 km/día
0,33 lts /Km	10 Km/Lts	8 m3/100 Km
0,94 kgCO2/Km	0,23 kgCO2/Km	0,148 grCo2/km

De cumplirse el objetivo de electrificación de la totalidad de los buses se evitarían la emisión de **5.4 Toneladas diarias de CO2** y un ahorro de combustible líquido de **1.897.500 Lts gas-Oil** diarias.

No emisión de energía que se disipa al medio ambiente en forma de calor:

$$Q_{\text{perdida}} = G_{\text{gasto}} * P_c \text{ poder calorífico gas-oil} * \eta_{\text{perdida}} * \text{recorrido}$$

$$Q_{\text{perdida}} = 0.33 \text{ lts}/100\text{km} * 9000 \text{ Kcal}/ \text{lts} * (100 - \eta_{\text{util}}/100) * 200 \text{ km}$$

$$Q_{\text{perdida}} = 0.33 \text{ lts}/100\text{km} * 9000 \text{ Kcal}/ \text{lts} * 0,70 * 200 \text{ km} = 415800 \text{ Kcal}/\text{bus}$$

$$Q_{\text{perdida total}} = (415800) \text{ Kcal}/\text{bus} * 23000 \text{ buses} = 9.56 * 10^9 \text{ Kcal}/ \text{día}$$

De cumplirse el objetivo de electrificación de la totalidad de los autos -taxis se evitarían la emisión de **2368 kg de CO2** diarias y un ahorro de combustible de **1.280.00 m3 de gas** diarias.

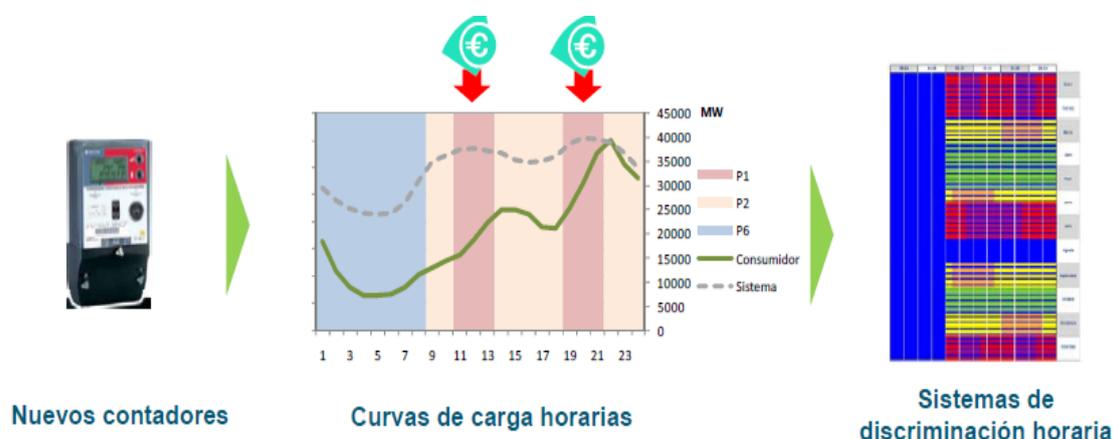
Hay que tener en cuenta la paradoja de la utilización de los motores térmicos, por su baja eficiencia la mayor parte de la energía se disipa al medio ambiente en forma de calor y por otro lado (caño de escape) emite el gas (CO2) que es el aislante que retiene el calor en la atmósfera de la tierra.

A continuación se muestra el ejemplo de España en lo referido a fomentar la incorporación al sistema eléctrico de los vehículos para su carga durante la madrugada ofreciendo una tarifa económica tentadora.

Desde Julio de 2011 se incorporó a la factura eléctrica una nueva modalidad de tarifa con el nombre de “período supervalle” el cual permitió hacer más fácil y económica la recarga del vehículo eléctrico.

Se disponía de 3 periodos horarios, con diferentes precios. Donde el P1 era el más caro y el P3 el más barato.

Períodos tarifarios	Duración	Horas
P1	10 horas / día	13-23 h
P2	8 horas / día	0-1 , 7-13 y 23-24 h
P3	6 horas / día	1-7 h



Desde el 1 Abril de 2014, aquellos clientes de vehículo eléctrico que estuviesen en la llamada Tarifa Super Valle, han pasado a la **Tarifa del Vehículo Eléctrico (2.0 DHS)**.

La **tarifa de acceso 2.0DHS** (Discriminación Horaria Supervalle) incluye las tarifas eléctricas que se encuentren dentro de las siguientes condiciones:

- Conectada a la red de baja tensión ($T < 1 \text{ kV}$)
- Potencias contratadas menores o iguales de 10 kW
- Tarifas con tres periodos de discriminación horaria: punta, valle y supervalle.

Esta tarifa está destinada generalmente a usuarios domésticos con viviendas grandes o con electrodomésticos de gran consumo y que concentran su consumo durante las noches en las horas más inusuales (pensada principalmente para recarga de coches eléctricos).

Al tratarse de una tarifa con discriminación horaria de tres tramos horarios, el costo tanto del término de potencia como del término de energía (en ambos casos incluyendo la parte correspondiente a la tarifa de acceso) varía según el horario de uso.

Los precios son variables, pero la tendencia es la misma que con la tarifa SuperValle. Con esta nueva tarifa y si tenemos un *contador inteligente*, nos cobrarán la energía por horas.

También se creó la figura del “**Gestor de carga**”. Hasta el momento la electricidad solo la podían vender las empresas comercializadoras (Endesa, Iberdrola, HC ...); con la figura del gestor de carga un consumidor de energía eléctrica (por ejemplo un centro comercial, una empresa o incluso una comunidad de propietarios) puede **revender** electricidad para recargar vehículos eléctricos.



Es decir que, por citar un ejemplo, un hipermercado puede colocar varios puntos de recarga para vehículos eléctricos en su estacionamiento y cobrar por la electricidad que se consume en la recarga. Lo mismo se aplicaría en un parking público de cualquier ciudad.-

Bibliografía

Ricardo De Dicco. *Director del Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (Clicet)*.

CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico)

<http://es.wikipedia.org>

Prof. Ing. Marcelo Antonio Sobrevila UNLP Facultad de Ingeniería

<http://www.abb.com>

P. Denholm, W. Short, "An Evaluation of Utility System Impacts and Benefits of Optimally Dispatched Plug-In Hybrid Electric Vehicles", National Renewable Energy Laboratory, Colorado.

Ing. Jorge Sáenz Cammesa – U.T.N. Regional Rosario

Integeam - Infraestructura de carga rápida para el Ve. Jon Asín Muñoa

Sencillos cálculos sobre el gasto inadecuado de la energía. Berizzo - U.T.N. Regional Rosario

Circuitor - Recarga inteligente de vehículos eléctricos. Barcelona España

Publicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

Ing. Ricardo Berizzo

Cátedra: Movilidad Eléctrica

U.T.N. regional Rosario

Febrero 2015.-