

El transporte público eléctrico, un cambio irreversible.

Ing. Ricardo Berizzo

Facultad Regional Rosario.
Universidad Tecnológica Nacional.
E-mail: rberizzo@gmail.com

RESUMEN

El transporte público es un sector del transporte caracterizado por un elevado consumo de combustibles fósiles y un fuerte impacto ambiental, por lo que la promoción de la utilización de vehículos eléctricos junto con el incremento de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables se presenta como una alternativa concreta a un problema mundial progresivamente acuciante. Cuando hablamos de vehículos eléctricos hacemos referencia a automóviles y buses para uso exclusivo en ciudades, donde la densidad vehicular es mayor y la autonomía que hoy presenta el vehículo eléctrico autónomo es perfectamente adaptable a la misma. El transporte eléctrico es un factor de atenuación del cambio climático porque no generan una contaminación local ni emiten ruido.

En este trabajo se analiza la diferencia en el consumo energético y entre las emisiones de un vehículo convencional y un vehículo eléctrico. A la hora de calcular las emisiones del vehículo eléctrico se tiene en cuenta el parque generador que produce la electricidad (matriz energética) que lo alimenta y sus emisiones asociadas.

La electrificación paulatina del transporte no plantea ningún problema irresoluble tanto desde el punto de vista del consumo eléctrico como de la red y del parque de generación. Se muestran diferentes ejemplos de vehículos eléctricos y en especial de la electrificación del transporte público que se está implementando en diferentes partes del mundo los cuales ponen en evidencia la tendencia irreversible.

Palabras clave: vehículo eléctrico, energías alternativas, ahorro energético, redes inteligentes.

SUMMARY

Public transport is a transport sector characterized by high consumption of fossil fuels and a strong environmental impact, so promoting the use of electric vehicles along with the increase in electricity generation from renewable sources is presented as a concrete alternative to an increasingly pressing global problem. When we talk about electric vehicles we refer to cars and buses for use in cities where traffic density is higher and autonomy presented today autonomous electric vehicle is perfectly suited to it. The electrical transport is a factor mitigating climate change because they do not generate local pollution or emit noise. This paper discusses the difference in energy consumption between emissions of a conventional vehicle and an electric vehicle. When calculating emissions electric vehicle takes into account the generating facilities that produce electricity (energy matrix) that feeds and their associated emissions. The gradual electrification of transport poses no unsolvable problem from the point of view of energy consumption and network and generation park. Different examples of electric vehicles is especially electrification of public transport that is being implemented in different parts of the world which demonstrate the irreversible trend.

Keywords: electric vehicles, alternative energy, energy saving, intelligent networks.

1. INTRODUCCIÓN

Se denomina transporte público al transporte colectivo de personas. A diferencia del transporte privado, los viajeros de transporte público tienen que adaptarse a los horarios y a las rutas predefinidas que ofrece el operador. Incluye diversos medios como taxis, autobuses, trolebuses, tranvías, trenes, ferrocarriles suburbanos. Es un sector del transporte caracterizado por un elevado consumo de combustibles fósiles y un fuerte impacto ambiental, por lo que la promoción de la utilización de vehículos eléctricos junto con el incremento de la generación de energía eléctrica mediante fuentes de generación renovables se presenta como una alternativa concreta a un problema mundial progresivamente acuciante.

En el ámbito de las grandes metrópolis se producen gastos energéticos excesivos y una contaminación tanto química (dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión, etc.) como sonora (ruido), incompatible con una calidad de vida pretendida.

Cuando hablamos de vehículos eléctricos hacemos referencia a automóviles y buses para uso exclusivo en ciudades, donde la densidad vehicular es mayor y la autonomía que hoy presenta el vehículo eléctrico es perfectamente adaptable a la misma.

Solo la electrificación del transporte en sus diversas modalidades permite modificar el parque de generación incorporando las energías alternativas de electricidad. La modificación de la motorización del sistema de transporte requiere de la electrificación del mismo, y una nueva economía basada en el electrón, abandonando paulatinamente, la economía de los hidrocarburos.

Pero, ¿por qué? ¿en qué se fundamenta? ¿con qué argumentos? deberíamos pensar en un transporte eléctrico

2. ANTECEDENTES

Un poco más de cien años atrás comenzó a gestarse un modelo de transporte efectivo en sus fines pero energéticamente ineficiente, a continuación se describe sintéticamente la trayectoria de la evolución del transporte de seres humanos en la sociedad industrial.

Con el dominio de la energía eléctrica, se reemplazó el tradicional carruaje traccionado por caballos, por un móvil de similares características de diseño pero, esta vez, accionado por un motor

eléctrico de corriente continua y alimentada por un banco de baterías de Pb-ácido.

Ello dio lugar a que, por ejemplo en EEUU, crecieran rápidamente las fábricas de autos eléctricos. A comienzos de 1900 las empresas Detroit Electric y Baker Electric dominaban el mercado del auto eléctrico.

No obstante, el vehículo eléctrico tenía el gran problema que no le permitía transitar grandes distancias, por ejemplo entre ciudades, sin tener, inevitablemente que recargar sus baterías. La introducción del arranque eléctrico en 1913 simplificó la tarea de arrancar el motor de combustión interna (MCI), que antes de esta mejora resultaba difícil y en algunas oportunidades peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por Ford desde 1908 contribuyó a la declinación en el uso del vehículo eléctrico.

3. DESARROLLO

A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales muy concretas, como montacargas (introducidos en 1923 por Yale), carros de golf, etc.

Todo el desarrollo de la industria automotriz se fue desarrollando sin sobresaltos a lo largo de décadas, construyendo vehículos de todo tipo. Algunos con un criterio de eficiencia y otros, si no la mayoría, con un excesivo consumo de combustible, proveniente del petróleo.

En 1920, un barril de petróleo (crudo), que contiene 159 litros, producía 41,5 litros de nafta, 20 litros de queroseno, 77 litros de gasoil y 20 litros de destilados más pesados. Hoy, un barril de crudo produce 79,5 litros de nafta, 11,5 litros de combustible para reactores, 34 litros de gasoil y destilados, 15 litros de lubricantes y 11,5 litros de residuos más pesados.

Es de tener en cuenta, que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) responsable directo del llamado "efecto invernadero" (calentamiento terrestre) no solo son atribuible a los medios de transporte que queman combustible. En general la situación comenzó a gestarse desde el comienzo mismo de la "revolución industrial" hasta nuestros días pero la ceguera y/o necedad del ser humano hizo que se lo comenzara a tomar en cuenta cuando sus efectos empezaron a ser devastadores para el planeta.

3.1. Desarrollo tecnológico

Las primeras locomotoras eléctricas que transportaron viajeros las diseñaron los norteamericanos Farmer y Hall, siendo la ideada por este último la primera que tomaba la corriente directamente del carril.

En Europa, el verdadero nacimiento de la tracción eléctrica se considera cuando la sociedad Siemens y Halske construyen una pequeña locomotora eléctrica para la Exposición Industrial de Berlín en 1879.

EL tranvía (del inglés tramway, literal: "vía de rieles planos"), es un medio de transporte de pasajeros que circula sobre rieles y por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles.

Los primeros servicios tranviarios en el mundo se iniciaron en 1807 por la Oystermouth Railway (Ferrocarril Oystermouth) en Gales, usando carruajes especialmente diseñados tirados por caballos. Los nuevos tranvías, gracias a la aplicación de los avances tecnológicos, se han convertido en un nuevo medio de transporte público con un alto nivel de prestaciones por su accesibilidad, baja acústica, rapidez, regularidad, comodidad y ecología.

El trolebús, también conocido como trolley o trole (deriva del francés y se refiere específicamente al "patin de contacto" unido a las barras móviles del vehículo), es un ómnibus eléctrico, alimentado por una catenaria de dos cables superiores desde donde toma la energía eléctrica mediante dos astas.

La historia del trolebús comienza en Abril 1882, cuando Ernst Werner von Siemens hace andar su Elektromote en un suburbio de Berlín, que funcionó hasta el 13 de junio de 1882.

A partir de la década de 1960, el primer tren bala japonés demostró que las grandes velocidades eran posibles. La primera vía para TGV (Tren de Gran Velocidad), se terminó en 1983 lográndose una velocidad comercial de 270 km/h. Actualmente ya se desarrollan velocidades de 500 km/h con levitación magnética (Maglev Transrapid)

3.2. Autos y buses eléctricos autónomos

Cuando nos referimos a vehículos eléctricos autónomos hacemos referencia a automóviles y buses para uso exclusivo en ciudades, donde la densidad vehicular es mayor y la autonomía que hoy presenta el vehículo eléctrico es adaptable a la misma. En el ámbito de, las grandes metrópolis, se producen gastos energéticos excesivos y a una

polución tanto química (dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión, etc.) como sonora (ruido), insostenible.

Cuando se habla de alcanzar la reducción de emisiones o mejora de la eficiencia se suele centrar la atención en sectores de la industria, principalmente, y del hogar. Sin embargo hay que tener en cuenta al sector del transporte, principal consumidor de energía dentro de la actividad económica y dependiente en un 90% de los combustibles fósiles para cubrir sus necesidades.

Hasta tal punto llega la dependencia del sector transporte de los derivados del petróleo que el mismo consume directa o indirectamente el 65% de la producción anual mundial de este recurso no renovable.

Pero, ¿de que hablamos cuando hablamos de un vehículo eléctrico autónomo?

La principal diferencia entre un vehículo eléctrico y un vehículo con MCI se encuentra en que el sistema propulsor del móvil es "eléctrico". Esto trae aparejado la instalación de todo un sistema en el interior del "eléctrico" constituido por:

3.3. Estructura básica

3.3.1 El motor de tracción. Este puede ser de: 1) corriente continua, 2) corriente alterna trifásica 3) corriente continua sin escobillas (brushless)

1. Los motores de corriente continua tienen una buena respuesta cuando se requiere altos pares de arranque y un control electrónico de velocidad relativamente simple. Como desventajas podemos decir que son más pesados en comparación con otros de la misma potencia. Las escobillas y el colector necesitan de mantenimiento periódico.

2. Con el actual desarrollo de la electrónica de potencia en sistemas de control se pudo aplicar a los vehículos eléctricos el "motor asincrónico" o de inducción. Estos presentan la ventaja de ser de construcción simple y de bajo costo. Asociados a los controles electrónicos de tensión y frecuencia variables actuales, ofrecen muy buenas prestaciones.

3. Los últimos motores que se han desarrollado con una muy interesante performance son los llamados de corriente continua sin escobillas. En ellos, el rotor porta los imanes permanentes, mientras que el estator está formado por un devanado trifásico conectado en estrella. El control de la velocidad se realiza a través de un sofisticado circuito electrónico.

3.3.2. El control electrónico de potencia al cual está vinculado el acelerador del móvil, asociando el banco de baterías y el motor.

El controlador electrónico se denomina “chooper”. Generalmente en los choopers se utilizan, en la etapa de potencia, transistores de efecto de campo (Mofet’s) los cuales son controlados por tensión que requieren una potencia muy baja para su accionamiento. Los mismos se utilizan cuando la tensión del banco de baterías es inferior a los 100 Volts.

En el caso de los motores de corriente alterna trifásicos, debemos construir un sistema trifásico de tensiones a partir de un banco de baterías, para ello se utiliza un circuito electrónico llamado “inversor”. El mismo consigue una tensión alterna modificando de forma adecuada el período de conducción de los semiconductores.

3.3.3. Sistema de almacenaje de energía

El motor eléctrico es el que se encarga de transformar la energía eléctrica almacenada en el banco de baterías en energía de tracción. Su vinculación con las ruedas puede ser directa o a través del módulo caja de velocidad-diferencial. Dependiendo del tipo de motor utilizado y/o del criterio de diseño se puede utilizar o no la caja de velocidad.

A continuación se enumera algunos de los tipos de baterías que se utilizan, para conformar un banco, y que son la fuente de energía del vehículo

eléctrico autónomo. * Baterías de Plomo-acido de ciclo profundo

Su principal limitación es su baja energía específica, promedio 30 Wh/kg, muy lejos de los 80Wh/kg para una autonomía aceptable de los VE.

* Baterías de Niquel-cádmio

Esta tecnología es utilizada en múltiples aplicaciones, aunque el volumen total es inferior al Plomo-ácido. Su energía específica alcanza los 60 Wh/kg. La principal limitación reside en el uso del cadmio, que es un elemento sumamente tóxico y de alto costo.

*Baterías de litio – polímero

Esta tecnología se está desarrollando muy rápidamente porque, por un lado, reduce el alto riesgo de inestabilidad (que provocaron accidentes) que tenían las de litio convencionales y por el otro, su alta energía específica, entre 170 y 300 Wh/kg.

4. MOTOR ELÉCTRICO VERSUS MOTOR DE COMBUSTIÓN: PAR, POTENCIA Y EFICIENCIA

Veremos las diferencias entre los motores eléctricos y los térmicos a la hora de entregar el par y la potencia. También constatar la enorme diferencia de rendimiento energético entre ambos y sus peculiaridades.

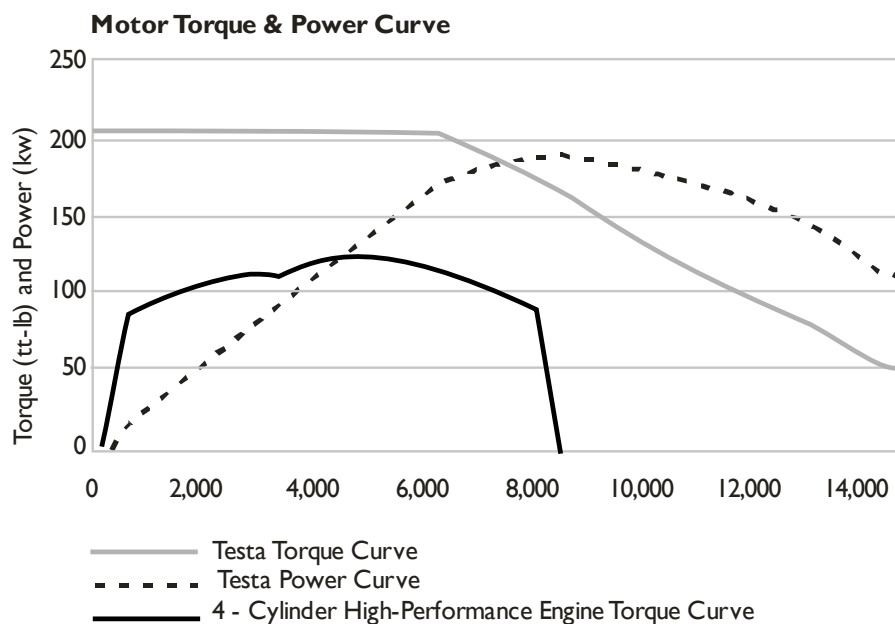


Gráfico suministrado por Tesla Motors. Curva en rojo Torque o par Motor Tesla - Curva en azul potencia motor Tesla - Curva en negro torque motor MCI 4 cilindros

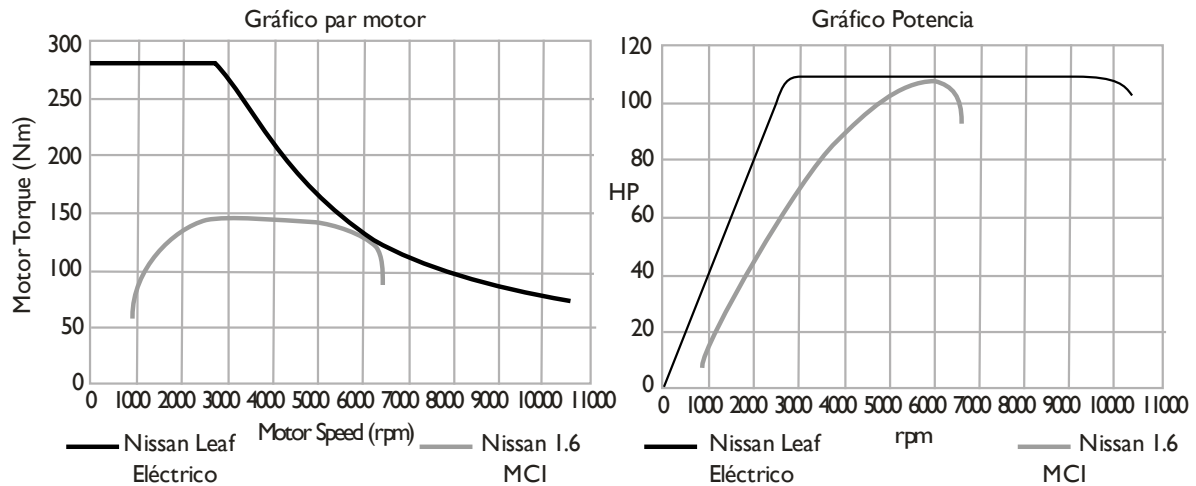
Primero unas definiciones sencillas adaptadas a estos motores:

Par motor: Es la fuerza con la que gira el eje del motor. Se mide en Newton/metro (Nm)

Régimen de giro: Es el nº de vueltas que da el eje motor por unidad de tiempo. Se mide en revoluciones por minuto (rpm).

Potencia motor: Es la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo y se obtiene de

multiplicar el par por las revoluciones. Se mide en caballos de vapor (CV o HP) o en Kilowattios (kW): 1 kW = 1,36 CV | Kw = 1,46 HP
 Los gráficos de potencia, par y revoluciones definen las relaciones entre estos parámetros para cada motor. Los motores eléctricos presentan ventajas importantes frente a los térmicos es este área.



En el gráfico superior podemos distinguir las curvas típicas de un motor eléctrico (Nissan Leaf) y de un MCI de 1600 cm³ (Nissan 1,6).

Se comparan dos motores de Nissan de 109 CV de potencia. La potencia máxima es la misma, pero en realidad el motor eléctrico es más potente en casi todas las circunstancias: hasta 1000 rpm ofrece más del triple de potencia, hasta 2000 rpm más del doble y aunque las curvas se van acercando hacia las 6.000 rpm, el MCI corta a 6.500 rpm y el del Leaf aún ofrece su potencia máxima hasta 9800 rpm y gira hasta las 10.400rpm. Por eso cuando las personas prueban un coche eléctrico por primera vez, se sorprenden por la sensación de potencia a velocidades bajas o medias. No es una sensación, es real. Hay mas potencia disponible que en un vehículo con motor térmico equivalente en esas condiciones. Otro factor diferenciador importante es que el motor térmico es incapaz de girar por debajo del régimen de ralentí (unas 700 rpm): el giro se vuelve inestable y se para. En cambio el eléctrico es capaz de girar igual de equilibrado y con la misma fuerza (par) a 20 rpm que a 2000 rpm .Y desde 0 rpm dispone ya del par máximo. El motor eléctrico no necesita girar cuando el ve-

hículo está parado, ni un embrague para iniciar la marcha.

5. EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y EL IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental del MCI está estrechamente relacionado con la utilización creciente del mismo, provocando altos niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados “gases de invernadero” y excesivos niveles de ruido. En las últimas décadas las medidas tomadas no han hecho otra cosa que favorecer el uso del automóvil pues la falta de previsión ha llevado a la pérdida de participación del transporte masivo, falta de inversión en un transporte público de pasajeros ecológico, escasez de fondos públicos para la aplicación de una nueva tecnología, vías principales congestionadas, principalmente al acceder al área central o en zonas barriales de alta concentración urbana de las grandes urbes. Todos estos factores se conjugaran para atentar contra la salud de la población en general y de las personas que habitan en las zonas céntricas y de alta densidad de población y



baja cantidad de espacios verdes en particular. Una transformación tecnológica y un mejoramiento de la red de transporte público resultará en favor de la disminución del uso del vehículo particular, reduciendo en consecuencia la contaminación que todos estos ocasionan.

Que nos aporta a la vida cotidiana el uso de los MCI.??

-Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI.

-Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.

-Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al ser humano, la flora y la fauna.

-Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.

-Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el nivel auditivo de las personas y ocasiona molestias en sentido general.

6. ANÁLISIS COMPARATIVO ENERGÉTICO EN FUNCIÓN DE LA FUENTE DE GENERACIÓN.

Una de las principales ventajas de los automóviles con motor eléctrico es su alta eficiencia, que se traduce además, en una contribución a la reducción de la dependencia del transporte con motor térmico de los combustibles fósiles, con el consiguiente impacto ambiental positivo en términos de reducción de emisiones.

Para realizar un análisis de eficiencia de los distintos tipos de vehículos, se debe estudiar la eficiencia de cada opción. En el caso de los vehículos con motor de combustión, se suele utilizar la eficiencia del “tramo tanque-ruedas”, que consiste en calcularla para la fase que va desde el tanque en el que está almacenado el combustible líquido hasta la energía mecánica final obtenida, que permite mover las ruedas. Esto es así porque se utilizan combustibles cuya transformación energética se produce en el propio vehículo ya sea de forma directa, como en el MCI. El motor convierte la energía química de los combustibles (nafta - gasoil) en energía mecánica. En esta transformación el 30-40% de la energía primaria se convierte en movimiento y el resto son pérdidas (28% se pierde en forma de calor directo, 10% en el bloque de frenado y un 35% se va por el caño de escape). El rendimiento de los procesos de refinado y transporte anteriores son del 85%, por lo tanto la eficiencia “Tanque a ruedas” es del 25%.

Para vehículos eléctricos se suele calcular la eficiencia energética para el “tramo planta ruedas”, que mide la eficiencia desde que el combustible se introduce en la planta de producción eléctrica hasta que esa electricidad se utiliza para mover las ruedas (incluye el proceso de generación, transporte y distribución de electricidad, carga de la batería y producción de energía mecánica mediante el motor eléctrico).

En este caso, influye de manera importante el supuesto que se haga del parque generador, ya que una central térmica de ciclo combinado tiene una eficiencia superior al 50% y otra con fuentes renovables del 100%.

Así, en el caso del vehículo eléctrico (Ve) es más adecuado realizar un análisis de este tramo, ya que su suministro proviene –en parte o en su totalidad- de electricidad con origen en un proceso de transformación de energía primaria (Ej. renovables, gas o carbón) en energía final (electricidad) en una planta de generación eléctrica.

En el caso del VE, las estimaciones muestran una eficiencia que alcanza el 77% si la electricidad que carga las baterías tiene un origen plenamente renovable y un 42% si el mix de generación eléctrica está basado en gas natural.

7. ANÁLISIS COMPARATIVO ENERGÉTICO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CONSUMO.

Ejemplo 1: Vehículo particular

Un vehículo será tanto más eficiente, cuanto menos energía consuma para realizar el mismo trabajo (trayecto), por ejemplo, trasladarse una distancia de 100 km. Así que lo mejor para ver si tal o cual vehículo es más eficiente, es establecer cuál es su **consumo real** de energía.

Para que la comparativa sea lo más correcta posible, deberíamos tomar **el mismo coche con diferentes motores**, con el mismo diseño y aerodinámica, la misma masa, los mismos neumáticos, y realizar una prueba de conducción real en el mismo trayecto o circuito, con las mismas condiciones de tráfico y meteorología.

Como esa situación es poco probable haremos una comparación aproximada, lo más aproximada y rigurosa posible.

El consumo de un coche con motor de combustión, nafta o diésel, se puede dar en **litros/100 km**. El consumo de un coche eléctrico se expresa en kWh/100 km.

Por tanto hay que expresar ambos en las mismas unidades de energía. En el sistema internacional eso es el joule (J), o bien el megajoule (MJ), un millón (10 a la 6) de joule.

Comencemos por los motores de combustión interna:

- Un litro de nafta tiene una energía de entre 32,18 MJ y 34,78 MJ.

- Un litro de **gas - oil** viene a tener una energía de entre 35,86 MJ y 38,65 MJ.
(valores promedio)

Para el motor **eléctrico** la conversión es más rápida y exacta: 1 kWh son 3,6 MJ.

Veremos la comparación de dos vehículos de Renault con diferente motorización.

Los modelos de Renault **Fluence de motor de combustión** que se toman para la comparación son similares por prestaciones y potencia al eléctrico.

- Renault Fluence nafta **1.6 16 v 110 CV**, cambio manual. El consumo mixto según homologación es de 6,8 l/100 km, pero el consumo real medio de **7,6 l/100 km**.

- Renault Fluence diésel **1.5 dCi 110 CV**, cambio automático. El consumo mixto según homologación es de 4,4 l/100 km, pero el consumo real medio es de **5,7 l/100 km**

El consumo de un **Renault Fluence Z.E. Eléctrico** varía según las condiciones (cosa que también sucede en un coche con motor de combustión, entre ciudad y ruta):

- En ciudad, conduciendo de manera razonable, consume 14,4 kWh/100km.

- En autopista a 120 km/h, consume **18,5 kWh/100 km**

En el peor de los casos contemplados por Renault, alta velocidad y gran consumo de calefacción o aire acondicionado, la autonomía se puede quedar en solo 80 km. Como la batería almacena 22 kWh, eso significaría un consumo de 27,5 kWh/100 km.

Comparemos la energía consumida por cada uno:

- Renault Fluence nafta: 7,6 l/100 km equivalen a **244,57 MJ/100 km** – 264,33 MJ/100 km

- Renault Fluence diésel: 5,7 l/100 km equivalen a **204,40 MJ/100 km** – 220,31 MJ/100 km.

- Renault Fluence **eléctrico**: 18,5 kWh/100 km equivalen a **66,6 MJ/100 km**.

El coche eléctrico consume 3,67 – 3,97 veces menos que el coche con motor de nafta y 3,07 – 3,31 veces menos que el coche con motor diésel.

O sea, **un coche eléctrico consume casi la cuarta parte que un coche de nafta, y la tercera parte que un coche diésel**. Incluso en la **situación más desfavorable** del coche eléctrico, este sigue consumiendo menos: **27,5 kWh/100 km** equivalen a **99 MJ/100 km**. Este consumo sigue siendo **la mitad** del consumo del diésel.

Ejemplo 2:

Se presenta otro análisis energético basado en el VER (Vehículo Eléctrico Rosario) poniendo en evidencia una experiencia local perfectamente comprobable.

Para recorrer los 2000 km el Fiat 147 hubiere utilizado 176 lts de nafta.

La potencia calorífica de la nafta es de 10000 Kcal/litro, de manera tal que:

$$10.000 \text{ Kcal/litro} * 176 \text{ litros} = 1760000 \text{ Kcal}$$

Si tomamos que el rendimiento del MCI es del 20 %, solo la quinta parte de esa energía es realmente convertida en movimiento, es decir, en números redondos: 352000 Kcal

Según el Sr. Joule, tenemos el siguiente factor de conversión:

$$1000 \text{ Kilocaloria (Kcal)} = 1,16 \text{ Kilowattios-hora (Kwh)}$$

Así pues, con un MCI debería haber consumido: $1760000 \text{ Kcal} * 1,16 / 1000 = 2041 \text{ Kwh}$

De acuerdo a los datos que permanentemente se obtienen del VER para alcanzar los 2000 Km se cargaron: 610 Kw-h

$$\text{En definitiva: Fiat 147: } 2041 \text{ Kwh VER: } 610 \text{ Kwh}$$

Claramente se demuestra el vehículo eléctrico, como mínimo, consume tres veces menos energía que el vehículo con MCI.

Ejemplo 3: Taxi

Durante 12 meses un Nissan Leaf ha recorrido un total de 47.600 kilómetros, con una media en jornada laboral por encima de los 140 kilómetros diarios, en la ciudad Valladolid (España).

El Leaf ha logrado una media de consumo de 13 kWh cada 100 kilómetros. Durante este tiempo el Leaf ha recargado un total de 4.218 kWh durante el día, las recargas parciales que el propietario realiza por ejemplo a la hora del almuerzo, y que le han costado un total de 779,25 euros, mientras que las recargas nocturnas han ascendido a 5.750 kWh, con un coste de 380,92 euros.

Esto quiere decir que durante el día ha pagado el kWh a 0,18 euros, mientras que durante la noche el costo cae hasta los 0,06

euros el kWh gracias a la tarifa nocturna. A esto tenemos que sumar otros gastos asociados como el costo de la potencia contratada, 4,6 kW, que le cuesta 103,17 euros al año, los impuestos de la electricidad, 64,59 euros, y el alquiler del equipo medida, 21 euros cada año y a todo esto le sumamos el IVA, calculado al 18% durante seis meses, y 21% durante los otros seis, y que tiene como resultado un total de 263,03 euros. Resumiendo, el total las recargas en casa ha supuesto un total de 1.160 euros durante estos 12 meses, a lo que tenemos que sumar el resto de gastos e impuestos y que nos da como resultado que después de un año y 47.600 kilómetros el taxi eléctrico ha supuesto un gasto total de 1.611,95 euros, un total al que a diferencia de los modelos con motor de combustión, no hay que sumar los gastos de mantenimiento. Comparando estas cifras con las logradas con su anterior coche, un Volkswagen Touran diésel, nos encontramos con que durante el mismo tiempo y aplicando una banda de precios del combustible durante cinco años que van desde los 1,20 euros el litro el primer año, hasta los 1,5 euros el litro actuales, vemos que durante este tiempo la Touran con un consumo de 8,5 litros cada 100 kilómetros, trayectos solamente urbanos, habría costado un total de 6.069 euros sólo en combustible. Esto quiere decir que cada año comparando con el Volkswagen, el taxista está ahorrando unos 4.450 euros sólo en combustible, a lo que tendríamos que sumar los mantenimientos, lo que supone que después de cinco años el ahorro respecto a su Touran diésel alcanzará unos 22.000 euros, una diferencia que justifica de sobra el sobre costo del auto eléctrico respecto a casi cualquier modelo equivalente del mercado.

Ejemplo 4:Autobús Eléctrico

Se considera a continuación el autobus de la empresa BYD modelo K9, el cual está siendo utilizado en diferentes ciudades partes del mundo, que tiene las siguientes características 12 metros de longitud, capacidad para 70 pasajeros 31 sentados, consumo medio de 100 kWh cada 100 kilómetros. Aceleración: 0 – 50 Km/h en 20''. Velocidad máxima: 96 Km/h. Con una autonomía diaria, en condiciones urbana, de 250 kilómetros con cada carga.

En las pruebas realizadas encontramos que en total el BYD ha recorrido un total de 970 kilómetros con un consumo total de 1.222 kWh, lo que traducido a euros supondría con una tarifa diurna, unos 220 euros, o unos 22.5 euros cada 100 kilómetros.

Una cifra de consumo excelente si las comparamos con las de un moderno autobús urbano de similares características, que no suele bajar de los 30 litros de gas - oil cada 100 kilómetros, 25 litros para los modelos híbridos de Volvo, lo que en euros vienen siendo unos 40,2 euros cada 100 kilómetros. (1 Lt. Gas-Oil: 1,34 € Mayo 2013)

Tomando como ejemplo, la ciudad de Rosario, considerando un promedio diario para un bus con MCI de 270 km/día, considerando los valores de plaza del bus térmico y del bus eléctrico y los valores locales de combustible, sin subvención. Este último tardaría aproximadamente 7 años (600.000 km) en compensar el sobre costo inicial de la adquisición del vehículo eléctrico frente al convencional como consecuencia principal de los ahorros derivados del sustancial menor consumo energético. Obviamente si el kilometraje diario aumenta el tiempo de compensación disminuye de manera proporcional.

Redes inteligentes, gerenciamiento de la red eléctrica

La problemática generada por la carga sobre el sistema de energía eléctrica que los vehículos demanden, se optimiza ingresando al sistema eléctrico formas de generación de energías renovables gestionada por "redes inteligentes".

Se la puede definir de una manera sencilla como: "una red eléctrica que utiliza tecnología informática para manejar el flujo de energía". Hasta ahora las infraestructuras para redes de telecomunicaciones y de energía eléctrica se han desplegado de forma separada e independiente. El estado actual de la técnica hace posible la construcción de una red común para la "energía y las tecnologías de la información y comunicaciones".

Implica una integración total en una única infraestructura física compartida (torres, postes, canalizaciones, conductos, etc.) con cables de cobre para la energía eléctrica y fibras ópticas para las telecomunicaciones. Ambos tendidos llegan hasta los medidores de energía "inteligentes" para llevar así la red de energía e información a todo rincón donde llegue el tendido eléctrico. La gran promesa de las redes inteligentes es su capacidad de incorporar mayor energía limpia, como la solar, la eólica, mareomotriz, etc.

La utilización del transporte eléctrico, dentro de un sistema inteligente, ayuda a disminuir no sólo el dióxido de carbono por generación de energía, sino también los niveles dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, material particulado, dióxido

do de azufre, etc., producidos por los motores de combustión interna.

Las redes inteligentes conectarán fuentes de energía, grandes y pequeñas, centralizadas y distribuidas, captarán energía solar, energía mareomotriz y energía eólica para combinarla con la generación hidráulica y de combustibles líquidos derivados del petróleo y de gas a gran escala.

En resumen:

*Permiten el macrogerenciamiento de los operadores del sistema para asegurar que las fuentes más contaminantes sean accionadas con menos frecuencia;
*Tal inteligencia y seguimiento en tiempo real permite la integración de fuentes renovables como la solar, la eólica, energía de las olas, etc. hasta que puedan ser eficientemente conectadas y accionadas rápidamente con condiciones climáticas favorables.

*Permiten la micro generación por lo que cada residente puede generar su propia electricidad y vender los excedentes a la red, disminuyendo la necesidad de construir grandes plantas generadoras, de alto impacto ambiental.

*Alientan a la innovación en aparatos eléctricos y electrónicos más eficientes, ya que con monitoreo en tiempo real y a distancia, los consumidores podrán conocer qué tipo de equipo consumen más y por lo tanto hacer la opción por los más eficientes o cambiar sus hábitos de uso.
* Permiten la integración con las redes de transporte para desplegar vehículos eléctricos con una gestión inteligente de puntos de recarga.

CONCLUSIONES:

Además de restringir el tráfico en el núcleo urbano, el uso de vehículos eléctricos (coches, buses, trolés, tranvías, trenes, subtes) es una solución inmediata al problema de contaminación.

Es una inversión en forma de ahorro de combustible y mantenimiento y también una inversión en salud que supondrá un ahorro en el tratamiento de enfermedades, de tiempo de consulta y de medicamentos.

Cada paso de este plan traerá la reducción de costos y beneficios ambientales inmediatos. Es urgente proponer un plan a mediano/largo plazo en las ciudades que establezca una acción para implementar el sistema más beneficioso, como es el transporte público electrificado.

Es más efectivo tratar las emisiones localizadas en las centrales térmicas de producción de energía eléctrica que tratar de minimizar/anular las

emisiones de todos y cada uno de los vehículos individualmente que circulan.

Con un fuerte apoyo de la sociedad en su conjunto, se puede reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la posición en referencia a energías renovables. La energía renovable sólo puede comenzar a reemplazar las plantas de generación de combustibles fósiles cuando están respaldados por almacenamiento de energía.

Y, por último, con ejemplos de los gobiernos en sus diferentes niveles y una fuerte política ambiental vamos a ser capaces de impulsar la adopción por parte mercado masivo de consumidores de las tecnologías verdes que mejoren drásticamente nuestras economías y favorezcan nuestro medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- El motor de combustión interna y su impacto ambiental - Ings. Raúl Gutiérrez Torres, Juan Carlos Cruz Rodríguez, José Carlos Gálvez Pardo, Dr.C. Elme Carballo Ramos. Universidad de Ciego de Avila. Cuba.
- Handbook of automotive power electronics and motor drives – Illinois Institute of Technology
- El coche eléctrico: el futuro del transporte, la energía y el medio ambiente – Alberto Ceña, José Santamaría Proyecto REVE
- Análisis energético y económico del vehículo eléctrico.- Lavaron Simavilla, Muñoz Rodríguez, Sáenz de Miera Cárdenas Iberdrola
- Wikipedia.es, la enciclopedia libre
- El coche eléctrico, el futuro del transporte, la energía y el medio ambiente Alberto Ceña (Director técnico Asociación Empresarial Eólica de España), José Santamarta (Director de World Watch)
- Contaminación del aire debido al uso de combustibles en vehículos Andrés, Ferrero y Mackler - U.T.N. Regional Rosario
- El vehículo eléctrico, tecnología, desarrollo y perspectiva de futuro García, Trinidad López, Amasorraín Zabala y Sanzberro Iriarte Ente Vasco de Energía – Iberdrola Ed. Mac Graw Hill
- “Evaluación de las características dinámicas y energéticas de un vehículo eléctrico urbano “Proyecto I+D U.T.N. Regional Rosario
- El suicidio del hombre Ing. José E. Barcia Editorial deau-no.com
- Build Your Own Electric Vehicle Seth Leitman Bob Brant McGraw-Hill
- The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response Clark W. Gellings, P.E. The Fairmont Press, Inc.