

## **ESTUDIO DE LAS PRESTACIONES Y EL COSTE DE UN COCHE ELÉCTRICO**

### Objetivo del trabajo.

Dadas las propiedades y características de las baterías de plomo para automóvil, así como las de un motor eléctrico, se estimara en un vehículo eléctrico su autonomía y el coste por kilómetro de su consumo eléctrico. Se comparará con el coste del transporte empleando un automóvil convencional de gasolina

### Presentación del trabajo.

El trabajo se presentará escrito a máquina o impresora de ordenador. Constará al menos de los siguientes apartados:

- Breve introducción ( unas 3 páginas ) sobre los automóviles eléctricos.
- Descripción del cálculo que se pretende hacer y del procedimiento empleado.
- Resultados obtenidos
- Discusión y comentario de los resultados

Para cualquier dato que se emplee en el trabajo se deberá citar de donde se obtuvo.

### Procedimiento

Los datos y expresiones teóricas que se necesiten para resolver el problema se obtendrán fundamentalmente de búsquedas en Internet, de la biblioteca de la Universidad y de consultas con el profesor.

Algunas direcciones útiles para iniciar la búsqueda son:

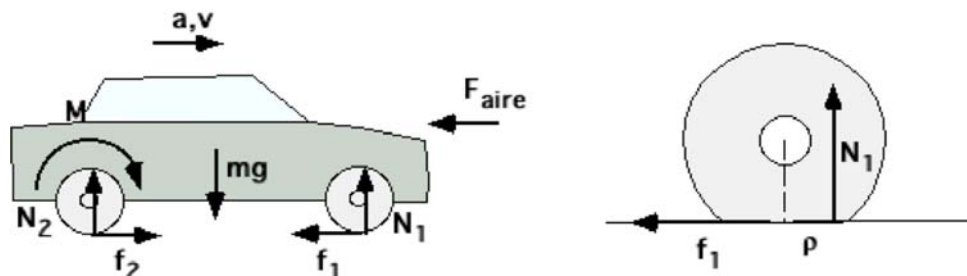
[www.avele.org](http://www.avele.org)                    Asociación para la promoción de vehiculos eléctricos en España

[es.wikipedia.org/wiki/Vehículo\\_eléctrico\\_de\\_batería](http://es.wikipedia.org/wiki/Vehículo_eléctrico_de_batería)

## Guía del cálculo

Para realizar el cálculo vamos a suponer que nuestro vehículo eléctrico emplea un motor de corriente continua con una fuerza contraelectromotriz  $\varepsilon' = 200 \text{ V}$ , y una resistencia interna  $r' = 0,5 \Omega$ . Este motor se alimenta de  $n$  baterías de automóvil conectadas en serie. Supondremos que estas baterías tienen una fuerza electromotriz  $\varepsilon_0 = 12 \text{ V}$ , resistencia interna  $r_0 = 10 \text{ m}\Omega$ , masa  $m_0 = 23 \text{ kg}$  y carga total acumulada cuando están completamente cargadas  $Q_0 = 75 \text{ Ah}$ . Por tanto tenemos una fuerza electromotriz total  $\varepsilon = n\varepsilon_0$ , una resistencia interna total  $r = nr_0$  y una energía total acumulada en las baterías  $E_{\text{acum}} = nQ_0\varepsilon_0$ .

Con estos datos para un valor dado del número de baterías  $n$  es trivial calcular la intensidad de corriente que circularía por el motor cuando estamos en un estado estacionario de funcionamiento.  $I = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{r + r'}$  Una vez obtenido este valor es inmediato obtener la potencia mecánica (trabajo por unidad de tiempo) del motor  $P_{\text{mec}} = I\varepsilon'$  así como la potencia total suministrada por las baterías (energía por unidad de tiempo)  $P_{\text{tot}} = I\varepsilon$



Si el automóvil se mueve con velocidad constante, el trabajo mecánico del motor deberá emplearse en vencer la resistencia o rozamiento a la rodadura de las ruedas más la resistencia del aire a ser atravesado. Puede demostrarse entonces que la potencia mecánica del motor equivale a  $P_{\text{mec}} = \left( F_{\text{aire}} + \frac{\rho_{\text{rod}}}{R} m_t g \right) v$ , donde  $\rho_{\text{rod}}$  es el coeficiente de resistencia a la rodadura,  $R$  el radio de las ruedas,  $m_t g$  el peso total del vehículo y por último  $F_{\text{aire}}$  es la fuerza de resistencia del aire que viene dada por la siguiente expresión:  $F_{\text{aire}} = C_a A \frac{1}{2} \rho_{\text{aire}} v^2$ , siendo  $C_a$  el coeficiente aerodinámico del automóvil,  $A$  el área de su sección frontal máxima,  $\rho_{\text{aire}}$  la densidad del aire y  $v$  la velocidad del automóvil.

Igualando ambas potencias mecánicas, tenemos una ecuación de la cual podemos obtener la velocidad de crucero del vehículo  $v$ :  $I\varepsilon' = \frac{1}{2} C_a A \rho_{\text{aire}} v^3 + \frac{\rho_{\text{rod}}}{R} m_t g v$

Para ello supondremos los siguientes valores: coeficiente de resistencia a la rodadura  $\rho_{\text{rod}} = 2 \text{ cm}$ , radio de las ruedas  $R = 29 \text{ cm}$ , masa total del vehículo igual a la masa del chasis, carrocería y motor más la masa de las baterías  $m_t = 1000 + n \times 23 \text{ kg}$ , coeficiente aerodinámico  $C_a = 0,3$ , área de la sección frontal  $A = \text{alto} \times \text{ancho} \approx 2,5 \text{ m}^2$ , densidad del aire  $\rho_{\text{aire}} = 1,25 \text{ kg} / \text{m}^3$ .

Una vez obtenida este valor de la velocidad podemos calcular la autonomía de este vehículo, es decir la distancia que recorrerá hasta agotar completamente las baterías. Si la energía total acumulada en las baterías se está gastando al ritmo de la potencia total, nos

durará un tiempo  $t = E_{\text{acum}} / P_{\text{tot}}$ , durante el cual el vehículo recorrerá la distancia:

$$d = vt = v \frac{nQ_o \epsilon_o}{In \epsilon_o} = \frac{Q_o v}{I}.$$

Pasemos ahora a los cálculos económicos. Para calcular el coste de una recarga completa de la  $n$  baterías consideraremos que la eficiencia del proceso de carga es del 70%, es decir que del consumo de energía eléctrica de la red, solamente el 70% se convierte en energía acumulada en las baterías. Si suponemos que esta recarga se efectúa en el garaje de una casa, emplearemos el precio actual en € del kW.h eléctrico para el consumidor doméstico normal y corriente. Una vez obtenido el coste de la recarga de baterías podemos calcular el coste por kilómetro, sabiendo la distancia que recorre  $d$ , calculada anteriormente.

Este cálculo del coste podemos hacerlo para varios valores del número de baterías, comprendidos entre 17 y 34, y compararlo con el coste por kilómetro de un automóvil de gasolina que consuma 8 litros cada 100 km.

Para hacer una comparación más completa del coste económico de estos automóviles, consideraremos que las baterías hay que sustituirlas cada 4 años. Entonces suponiendo que cada año se recorren 15000 km, podemos calcular el coste total de energía eléctrica durante 4 años, añadiéndole el coste de comprar  $n$  baterías. Mientras que en el automóvil de gasolina al coste de combustible durante 4 años solo hay que añadirle la compra de una única batería. Como precio de las baterías se usará cualquier oferta actual de venta al público para baterías de características similares a las empleadas en el cálculo (12V, 75Ah,...).