

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente..... Ilmo. Sr. D. Federico Rivero O'Neale, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Toribio Cáceres, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

GASTOS DE EXPLOTACIÓN DE LOS AUTOMÓVILES ELÉCTRICOS

POR

ROBERT H. SMITH

Traducción ⁽¹⁾ del inglés, por B. OLIVER Y ROMÁN

Ingeniero de Caminos.

Hasta hace pocos años, y sobre todo desde el fracaso de la Empresa *London Electric Cab Company*, no se creía que los automóviles eléctricos alcanzasen el grado de perfección que poseen actualmente. Se decía que los gastos de aquellos vehículos excedían a los ingresos en un 40 por 100; pero si otra Empresa análoga se estableciese hoy día en Londres con mejores elementos, el resultado financiero sería satisfactorio.

La necesidad de transportar la energía que ha de producir el movimiento de un automóvil eléctrico almacenada en baterías de acumuladores, es causa de que el peso de aquél sea muy grande en relación con su capacidad para viajeros ó mercancías, circunstancia que limita el radio de acción del vehículo. Sin embargo, se ha llegado á hacer recorridos de 130 á 160 kilómetros con una sola carga; ahora bien, que no debe pasarse de 60 para marchar con economía. Uno de los más principales inconvenientes que tienen los automóviles eléctricos es que sufren mucho las baterías de acumuladores, á consecuencia de los vaivenes y trepidaciones producidos por las irregularidades de los firmes y pavimentos. Los primeros desperfectos que aquéllas sufren son de índole mecánica, los cuales dan por resultado alteraciones en las reacciones químicas que constituyen la base de la restitución en forma actual de la energía potencial almacenada previamente en los acumuladores. No existe gran necesidad de perfeccionar las condiciones químicas de éstos. Los constructores de baterías como Edison, procuran ante todo mejorar las relativas á la resistencia y flexibilidad de las placas, así como á su suspensión en los vasos. Lo que tiene gran importancia es la manera de colocar las baterías en el bastidor: por lo que se refiere á este particular, creemos que es posible hacer más de lo que hasta ahora se ha hecho, y seguramente sin grandes dificultades, porque por regla general ha sido muy poco estudiada la suspensión de las baterías. El rendimiento de éstas es muy pequeño, influyendo mucho en su valor la duración del período de descarga y el ciclo formado por las cargas y descargas sucesivas. La repetición frecuente de éstas lleva consigo un aumento en el peso de la batería por tonelada y kilómetro de recorrido. Si se reconoce que los transportes interurbanos salen de la esfera de acción de los automóviles eléctricos, y si se limita su aplicación á los servicios urbanos con una instalación bien estudia-

da para recambio de baterías, las ventajas de estos vehículos sobre los de motor de gasolina son de todo punto evidentes. La facilidad y prontitud con que arrancan, el no tener que ocuparse del motor ni de los mecanismos durante las paradas cortas, la sencillez y seguridad de la conducción aun por personas no muy peritas, la suavidad y uniformidad de movimientos que tanto contribuyen á la buena conservación del vehículo, lo silenciosos que son y el no dejar tras de sí olor alguno, son condiciones muy dignas de apreciarse en coches que han de circular por las calles y paseos de las grandes capitales. No tratamos de establecer comparación entre los automóviles eléctricos y los de explosión ó vapor cuando se trata de transportar grandes pesos tanto de las personas como de mercancías; no es este el campo de los primeros; bastante tienen con su aplicación á los coches particulares, á los de punto, á los del servicio de correos y á los que tienen por objeto el reparto de encargos de poco peso y volumen. ¿No sería posible sustituir el pesado y voluminoso ómnibus tradicional por otro vehículo más ligero, más pequeño y más rápido, con capacidad para seis ó doce personas nada más? Creemos que esto es una cuestión digna de estudio.

El peso de las baterías de acumuladores es un inconveniente grave cuando el vehículo que las lleva tiene que circular por trayectos de fuertes rampas, las cuales, á su vez, crean dificultades á la suspensión de aquéllas en el bastidor.

Entre los automóviles eléctricos, únicamente los de servicio particular son los que tienen suficiente experiencia para poder deducir de los datos recogidos consecuencias de algún valor sobre los gastos de explotación correspondientes. Sin que sepa hasta ahora por qué, lo cierto es, que en aquéllos la partida para llantas es mayor que en los que poseen motor de explosión ó de vapor. Con el sistema actual de construcción y de suspensión, las baterías pierden un 50 ú 80 por 100 al año. La capacidad en amperios-hora por kilo de batería, varía de 8,89 á 16,67, con una intensidad de 30 amperios hasta que el voltaje descienda á 1,8. Como su valor medio es de 2 voltios por kilo de batería, tendremos un consumo de 33,34 vatios-hora. Cuando aquélla es nueva su rendimiento puede llegar al 70 y al 80 por 100; pero gradualmente baja hasta el 60 y aun el 50. Los vatios-horas consumidos por tonelada y kilómetro dependen del perfil del camino, de la dirección del viento, así como de las condiciones y estado de los pavimentos ó firmes. También influye mucho en el consumo de energía la disposición de los mecanismos, su construcción, su estado de limpieza y el cuidado que se tenga para engrasarlos. Con una marcha de 10 kilómetros por hora sobre un firme de superficie dura y uniforme en horizontal y sin viento, se gastan de 30 á 40 vatios-hora por tonelada-kilómetro: algunas veces hay que gastar hasta 120, pero en condiciones ordinarias se consumen unos 90. Por cada unidad de aumento en el tanto por ciento de las rampas hay que gastar 28 vatios-hora por tonelada-kilómetro sobre lo que se necesita en horizontal. Así, por ejemplo, si la rampa es del 8 por 100, el exceso de consumo es $8 \times 28 = 224$ vatios-hora por tonelada-kilómetro.

(1) Con autorización del editor de la revista *The Engineer*, Londres.

Si el consumo fuese 90 vatios-hora por tonelada-kilómetro, y fuera 20 vatios-hora la producción de la batería por kilo de peso propio, harían falta 4,5 kilos de batería por cada tonelada-kilómetro correspondientes a una carga; para tener en cuenta el exceso de consumo correspondiente a las rampas, adoptaremos 7 kilos de batería por tonelada-kilómetro. La distancia máxima que prácticamente se podrá recorrer con una carga es

$$\frac{1.000}{7} = 143 \text{ kilómetros,}$$

puesto que para este recorrido el peso de la batería es igual a una tonelada, y, por lo tanto, no resta nada para el peso del vehículo y de las personas ó mercancías.

En la actualidad el peso de las baterías oscila entre la mitad y las tres cuartas partes del correspondiente al coche, y suele ser de dos á cuatro veces de las personas ó mercancías transportadas. El peso total, incluyendo la carga, varía de cuatro á diez veces el de esta última.

Si C y B representan el peso del coche y el de la batería, respectivamente; si b es el peso de la batería por tonelada-kilómetro y por carga y K el número de kilómetros que se desean recorrer con cada carga, el peso de la batería será

$$B = \frac{C K}{\frac{1}{b} - K},$$

y la mayor distancia que se podrá recorrer con una carga

$$K = \frac{1}{b} \frac{1}{\frac{C}{B} + 1}.$$

Si $b = 5$ kilos, para los valores de

$$\frac{C}{B} = \frac{1}{2}, \quad 1 \text{ y } 1 \frac{1}{2}$$

$K = 133, 100 \text{ y } 80 \text{ kilómetros.}$

El precio de los automóviles eléctricos es muy variable. Los coches buenos, pero no de gran lujo, suelen costar 8.300 francos por tonelada de peso, sin entrar en éste el de la batería; por el peso de ésta hay que agregar 3.300 francos por tonelada.

En los gastos anuales debe contarse un veinte por ciento por interés, amortización y reparaciones del coche y un sesenta y cinco por ciento por los mismos elementos de la batería, lo cual no es muy exagerado si se hace un uso regular y constante de aquél.

El sueldo del conductor y el depósito suponen 4,40 francos diarios, más 8,80 francos por tonelada de peso del coche, incluyendo la batería. De estas cantidades, las $\frac{1}{2}$, corresponden al sueldo del conductor, del cual se puede prescindir en algunos casos.

La reparación y renovación de llantas, el aceite para engrasar y demás gastos menudos, no pasan de 0,07 francos por tonelada-kilómetro.

El precio de recargar las baterías es muy variable de una localidad á otra; el corriente suele ser 0,035 francos por tonelada-kilómetro.

Un coche que recorra K kilómetros diarios durante 300 días al año, tendrá un gasto diario igual á

$$4,40 + 8,80 (C + B) + 0,105 (C + B + P) K.$$

P representa el peso de las personas.

Dividiendo la expresión anterior por K , tenemos el gasto por kilómetro; dividiéndola por $(C + B + P)$, el correspondiente á

cada tonelada, y si se divide por P , el gasto por unidad de peso útil transportado.

Supongamos que el peso de 15 personas es una tonelada: si N es el número de aquéllas que corresponde al peso P

$$P = \frac{N}{15}.$$

Por lo tanto, el gasto por kilómetro y persona será:

$$g = \frac{4,40 + 8,80 (C + B) + 0,105 (C + B + \frac{N}{15}) K}{K \cdot N}.$$

$$= 0,007 + \frac{4,40}{K \cdot N} + \frac{C + B}{N} \left(\frac{8,80}{K} + 0,105 \right).$$

El valor de $\frac{C + B}{N}$ varía entre 1 y 3.

Generalmente se hace:

$$C + B = \frac{1}{2} + \frac{N}{4}.$$

En los coches de lujo es mucho mayor.

$$\frac{C + B}{N} = \frac{1}{2 \cdot N} + \frac{1}{4}.$$

Si $N = 1$ $C + B = 0,75.$

$N = 10$ $C + B = 3,00.$

$N = 20$ $C + B = 5,50.$

La fórmula anterior simplifica la del gasto por viajero y kilómetro, que se convierte en esta otra:

$$g = 0,02 + \left(1 + \frac{4}{N} \right) \left(0,013 + \frac{2 \cdot 2}{K} \right).$$

Multiplicando por $K \cdot N$, tendremos el gasto total diario:

$$G = 8,80 + 0,053 K + 2,2 N + 0,033 K \cdot N.$$

Si $N = 1$ y $K = 5$

$$G = 11,53 \text{ francos.}$$

La última fórmula demuestra que para un valor dado de N , los valores de G son función lineal de los recorridos. El aumento de gasto por kilómetro es

$$0,053 + 0,033 N.$$

Si $K = 0$ $G = 8,80 + 2,20 N.$

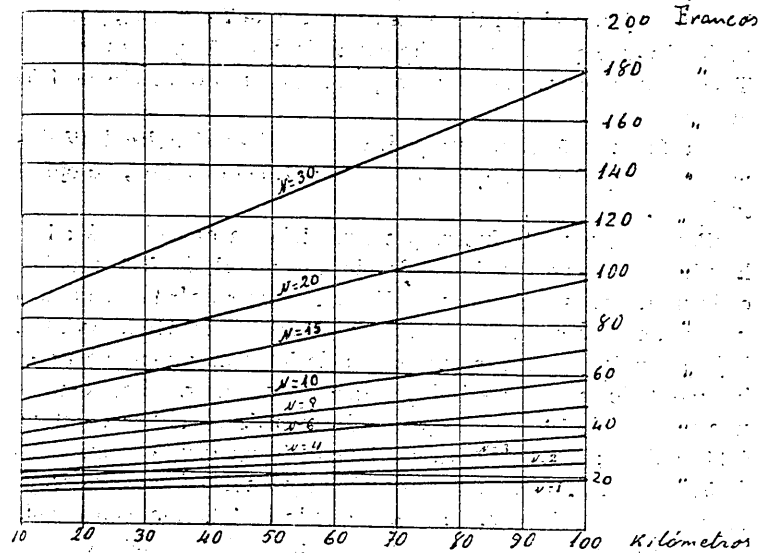
La misma fórmula hace ver que si K es constante, G es función lineal de N . El aumento de gasto por persona es

$$2,20 + 0,033 K.$$

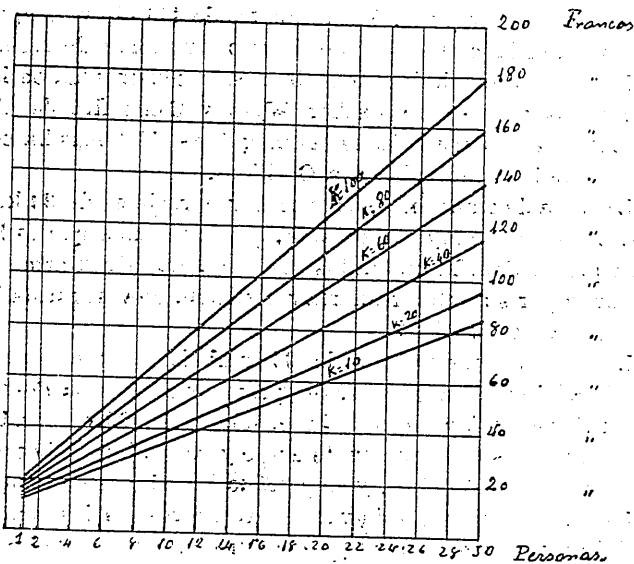
Si $N = 0$ $G = 8,80 + 0,053 K.$

En la figura 1.^a se han dibujado las rectas representativas

de los gastos diarios, correspondientes a los distintos valores de N ; desde 1 hasta 30.

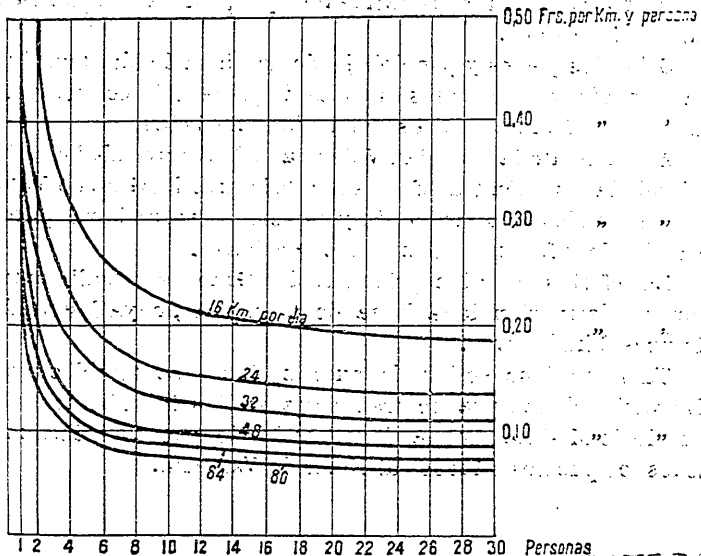
Fig. 1.^a

En la figura 2.^a se han trazado las rectas que representan los gastos diarios para distintos valores de k . Realmente dichas rec-

Fig. 2.^a

tas no existen porque no podemos considerar fracciones de personas.

FIG. 3.



La figura 3.^a tiene dibujadas las curvas correspondientes a

los gastos por viajero y kilómetro desde un recorrido de 16 hasta 80 kilómetros diarios.

Debe observarse que los datos que nos han servido para deducir las fórmulas anteriores, corresponden a valores de N , comprendidos entre 8 y 30: para los que estén fuera de estos límites las consecuencias que se puedan deducir son puramente teóricas. Sin embargo, las curvas de la figura 3.^a enseñan algo. El gasto por persona y kilómetro decrece muy rápidamente hasta que el número de aquellas llega a 8 ó 10, y, a partir de este valor, el decrecimiento es muy lento. La construcción y conducción de vehículos para más de 30 personas presenta muchas dificultades prácticas, por cuya razón sus gastos serían mayores que los deducidos de las fórmulas. La forma de las curvas indica que poco se reduciría el gasto aumentando la capacidad de los coches.

En resumen, la tracción eléctrica no es económica para ómnibus de gran número de asientos. Si llega día en que se desarrollen los servicios públicos con coches eléctricos, éstos estarán dispuestos para seis ó doce asientos y para marchar a gran velocidad.

La figura 3.^a demuestra con mayor claridad que las dos anteriores la conveniencia de que sea grande el recorrido diario.

También debe observarse que a medida que éste es mayor tiene menos influencia la capacidad de los coches.

TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

DE VILLAMARCHANTE A VALENCIA

Constituida la Sociedad Valenciana de Electricidad para transportar a la ciudad de Valencia la energía procedente de varios saltos de su propiedad en el río Turia, ha terminado ya la construcción de las obras de su salto de la «Pea» en Villamarchante, de la línea de transporte y de su estación transformadora en Valencia, habiéndose efectuado en los pasados meses de Julio y Agosto la inspección y reconocimiento de la misma por los Ingenieros del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Luis Martí y Correa, Ingeniero Jefe de Obras públicas de la provincia de Valencia, y D. Luis Dicenta y Lloret, Ingeniero en cargo de la inspección de las obras e instalaciones eléctricas, levantando acta de dicha inspección en la que se expresa «que, tanto en su conjunto como en sus detalles, las referidas instalaciones, no sólo se ajustan a las prescripciones que impone el Reglamento vigente de instalaciones eléctricas, sino que además reúnen cuantos perfeccionamientos ha introducido hasta la actualidad la industria eléctrica para la seguridad y buen servicio de las mismas, y se hace constar la satisfacción por ver realizadas obras de tanta importancia que han de redundar en beneficio del público en general y de la industria de la nación.»

Las obras e instalaciones eléctricas han sido proyectadas y dirigidas con notable acierto por el Ingeniero Industrial D. Luis Vila Moreno.

Como la descripción detallada de las obras requeriría mayor amplitud que la que permite un artículo de información, extraeremos tan sólo algunos datos necesarios para formar juicio aproximado de la importancia de las obras realizadas.

Emplázase la presa y compuertas de toma del agua muy próximo al puente de Pedralva, sobre el Turia. La presa tiene la forma de un arco horizontal, y se halla estribada en ambas márgenes del río sobre roca de excepcional dureza; su longitud es de unos 30 metros, su altura sobre el fondo del río 3 1/2 metros próximamente, y su anchura en la base de 15 metros, teniendo 2 metros en la coronación. Los materiales empleados han sido hormigón hidráulico, hecho con cemento portland de la acreditada marca Pavón de Lafarge del Teil, y piedra sillería, habiéndose construido de ésta toda la coronación y la caída ó vertiente, y de hormigón el resto de la obra, incluso la cimentación.