

EL CALOR HACE MÁS VELOCES LOS TRENES

Alberto García Álvarez, Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Resumen: Las condiciones atmosféricas y, entre ellas, las elevadas temperaturas, influyen en el comportamiento de la marcha de un tren y repercuten directamente en aspectos claves como su velocidad y el consumo energético. Así, a mayor temperatura, se produce un sensible incremento en la velocidad de los trenes, mientras que su consumo disminuye.

Palabras clave: Velocidad, consumo energético, temperatura.

Abstract: Atmospheric conditions, including rising temperatures, influence the behavior of the movement of a train and impact directly on relevant aspects such as speed and energy consumption. Thus, the higher the temperature, there is a marked increase in the speed of trains, while consumption decreases.

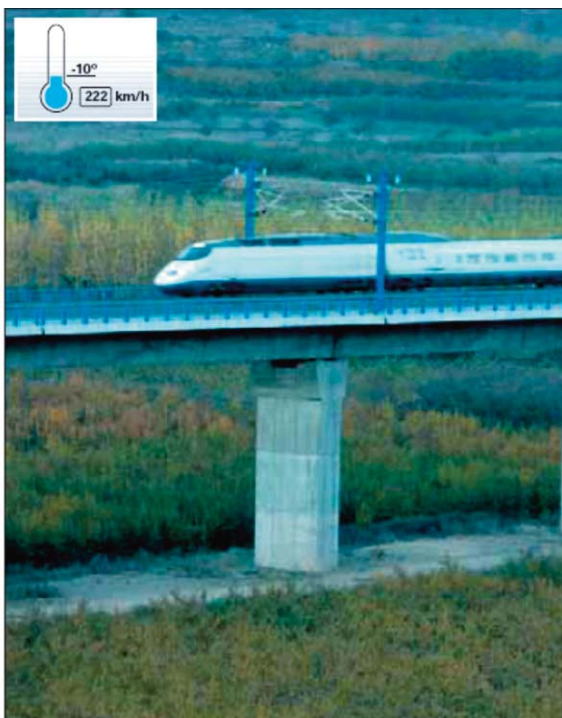
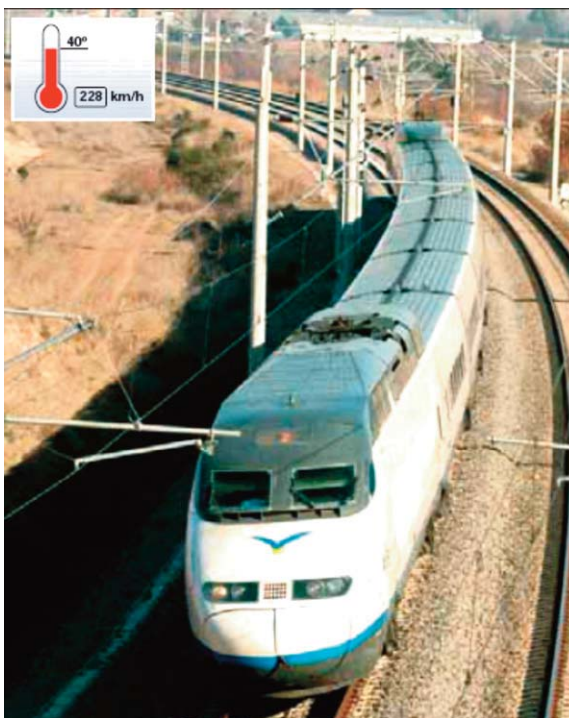
Keywords: Speed, energy consumption, temperature.

1. El calor hace más veloces los trenes

Las condiciones atmosféricas influyen de manera determinante en el comportamiento de la marcha de un tren y, entre ellas, las elevadas temperaturas. Un tren AVE de la serie 100, por ejemplo, puede subir una rampa de 25 milésimas a una velocidad sostenida de 222 km/h, si la temperatura exterior es de 10 grados centígrados. Pero si la temperatura sube hasta 40 grados, la velocidad que puede mantener el tren aumenta hasta los 228 km/h.

También con el calor desciende el consumo energético del tren. Si el Talgo 350, serie 102 de Renfe, circula sobre un perfil horizontal a una velocidad constante de 330 km/h (su velocidad máxima) el consumo de energía es de 20,5 kwh/km a una temperatura ambiental de -10 grados, pero se observa que el consumo baja un 14,6 por ciento si la temperatura sube hasta 40°C.

¿Por qué los trenes eléctricos con la misma potencia alcanzan mayores velocidades o disminuyen su consumo a la misma velocidad cuando hace más calor en el exterior? ¿Y estos comportamientos son achacables sólo a los trenes de alta velocidad? ¿Cómo se concilia este hecho con el hecho de que los motores diesel tienen menos rendimiento cuando hace calor?



2. Aerodinámica

Para dar la respuesta a estas preguntas, conviene recordar que el tren tiene que vencer las fuerzas que oponen a su movimiento: la resistencia mecánica (más o menos proporcional a la masa) que es debida a todos los rozamientos que se producen en el movimiento; la resistencia aerodinámica que se opone al avance (proporcional al cuadrado de la velocidad) y que es debida tanto al choque del tren con el aire (resistencia de presión) como al roce del tren con el aire (resistencia de fricción). Además, la inercia se opone al aumento de la velocidad, y la fuerza gravitatoria a que el tren gane cota en altura.

Mientras los trenes circulaban a velocidades convencionales (máximas del orden 100 a 120 km/h), con muchas paradas y cambios de velocidad, la resistencia aerodinámica no pasaba del 30-40 por ciento del total, pero en alta velocidad puede llegar al 90-95 por ciento.

¿Y qué tiene esto que ver con el calor? Pues que esta resistencia aerodinámica es mayor cuando el aire es más denso, es decir, cuando pesa más.

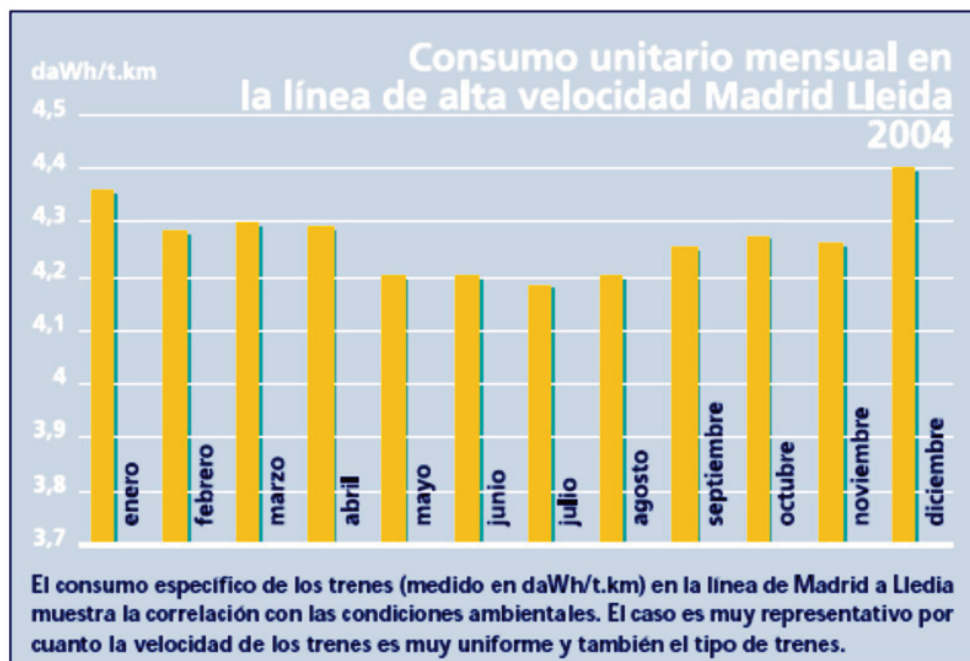
Sucede algo parecido a lo que ocurre si tenemos que mover un cuerpo dentro de un fluido. Si el fluido es aceite cuesta más moverlo que si fuera agua, ya que el “choque” y el “roce” son mayores, pues el aceite es más denso.

Así la densidad del aire y, por ello la resistencia aerodinámica al avance, de los trenes aumenta al disminuir la temperatura y al aumentar la presión atmosférica.

En muchos puntos de la Meseta que ocupa una parte importante del territorio español, se pueden registrar a lo largo del año variaciones de temperatura de cerca de 50 grados (por

ejemplo de -10 grados a 40 grados) lo que supone, a igualdad de presión, un aumento de la densidad del aire del $17,55$ por ciento, y por ello del 20 por ciento en la resistencia al avance.

Este efecto pudo comprobarse en la línea de alta velocidad Madrid-Lleida, en la que los trenes circulan todos a la misma velocidad y el número de trenes es muy uniforme. El consumo global de energía en la línea sube en los meses de invierno y baja en los de verano. Los mayores consumos en esta línea se han registrado en las últimas semanas de diciembre de 2004 y de enero de 2005, especialmente frías.



3. Aeronáutica

El que con una mayor temperatura (y presión atmosférica) la fuerza que se opone al avance es menor, es algo bien conocido en el ámbito de la aviación. De hecho se calcula la masa máxima que pueden llevar los aviones en el despegue teniendo en cuenta la temperatura y la presión exterior, ya que en los días de mucho calor, al ser menor la densidad del aire, pueden despegar una masa menor porque las aeronaves tienen menos sustentación.

En relación con el efecto de la presión atmosférica puede apuntarse que la densidad del aire, y por ello la resistencia aerodinámica, también disminuye con la presión y con la altura. Puede estimarse, para una misma temperatura, una disminución de un 2 por ciento por cada 300 metros de incremento de altura. Por ello, la disminución de la resistencia aerodinámica al avance de un tren de alta velocidad entre, por ejemplo, Barcelona (situada al nivel del mar) y Medinaceli (a unos 1.200 metros de altitud) es del orden de un 8 por ciento.

4. Trenes diesel

El efecto del calor sobre el movimiento de los trenes se ha estudiado muy poco y es muy poco conocido. Además está en contradicción con otro efecto mucho más conocido aplicable a los motores diesel (tanto de coches como de trenes) y es que el rendimiento de estos motores mejora al densificarse el aire, es decir, se incrementa al aumentar la presión o bajar la temperatura.

Artículo de Alberto García Álvarez publicado en Vía Libre en febrero de 2005. Mas información puede encontrarse en el documento "Dinámica de los trenes de alta velocidad", consultable en la biblioteca de la FFE.