

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

¿La relación potencia-peso tiene que ver con la seguridad?

Is the power-to-weight ratio related to safety?

Ing. Roberto Domecq

Ingeniero mecánico (UTN),
consultor internacional y
docente universitario.

Palabras clave: TRANSPORTE-
SEGURIDAD OPERACIONAL-
NORMATIVA- AUTOMOTOR-
TRANSPORTE DE CARGAS.

Keywords: *TRANSPORT- SAFETY-
REGULATIONS- AUTOMOTIVE-
FREIGHT TRANSPORT.*

Recibido: 04/01/23

Aceptado: 02/02/23

Resumen

La normativa argentina ha establecido, a partir del Decreto 779/95 (reglamentario de la Ley de Tránsito 24449), una mejora en la relación potencia-peso en las unidades afectadas al transporte de cargas. La implementación es un proceso que requiere una ingente inversión del sector privado para renovar las unidades más antiguas por camiones modernos y potentes. Este artículo analiza las fortalezas de contar con una mejor relación potencia-peso.

Abstract

Through Decree 779/95 (regulating Traffic Law 24449), Argentine regulations have established an improvement in the power-to-weight ratio of units used for freight transport. The implementation process requires a huge investment from the private sector to renew older units for modern and powerful trucks. This article looks at the strengths of having a better power-to-weight ratio.

Bibliografía

- Organización Internacional de Aviación Civil (OACI). (2023). Objetivos estratégicos y líneas de acción ambiental. Consultado en <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/default.aspx>.
- Naciones Unidas. Consejo Económico y Social (ECOSOC). (1945). Carta de las Naciones Unidas. Consultado en <https://www.un.org/en/about-us/un-charter>.
- Federal Aviation Administration (FAA). (2023). Desarrollos y tendencias en movilidad aérea urbana y avanzada. Consultado en https://www.faa.gov/uas/advanced_air_mobility.
- European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2023). Innovación tecnológica en la aviación. Consultado en <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/aviation-industry/aircraft-innovation>.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2023). Investigaciones sobre eVTOL y eSTOL. Consultado en <https://www.nasa.gov/aeroresearch/urban-air-mobility>.



La relación potencia-peso, en general, nos remite a un indicador útil para evaluar los automóviles o motocicletas deportivas y, consecuentemente, pensamos en aceleraciones brillantes o altas velocidades finales.

En el ámbito de los vehículos livianos, la potencia de la motorización es elegida libremente por los fabricantes y asegura, en términos generales, que todos los automóviles modernos presenten una relación alta de potencia-peso que les permita a los rodados circular en una performance aceptable, incluso la mayor parte del tiempo, sin utilizar toda la potencia disponible de la motorización.

“La diferencia de velocidad entre los vehículos que circulan por una ruta es un importante factor de accidentes.



Digamos que, en este segmento, la relación potencia-peso no está vinculada con la seguridad, salvo para aquel automovilista que use esa disponibilidad de potencia para una conducción temeraria, pero en dicho escenario el problema no es de la unidad, sino del pie derecho del conductor.

Sin embargo, en el ámbito del transporte de cargas la relación potencia-peso tiene una vinculación directa con aspectos de la seguridad vial, la emisión de gases efecto invernadero y de gases contaminantes, la con-

fiabilidad de las unidades e incluso de la productividad de la infraestructura vial.

En primer lugar, es interesante evaluar diferentes medios de transporte por carretera y observar cuál es la relación que detenta cada uno de ellos.

Como podemos observar, la relación potencia-peso cambia radicalmente de un medio de transporte a otro. Muchos de los equipos enumerados en la Tabla 1 pueden circular legalmente por la vía pública.

La relación potencia-peso tiene una incidencia directa en las siguientes variables del móvil:

- capacidad para superar pendientes
- aceleración
- velocidad máxima
- capacidad de mantener una velocidad razonable en una pendiente determinada

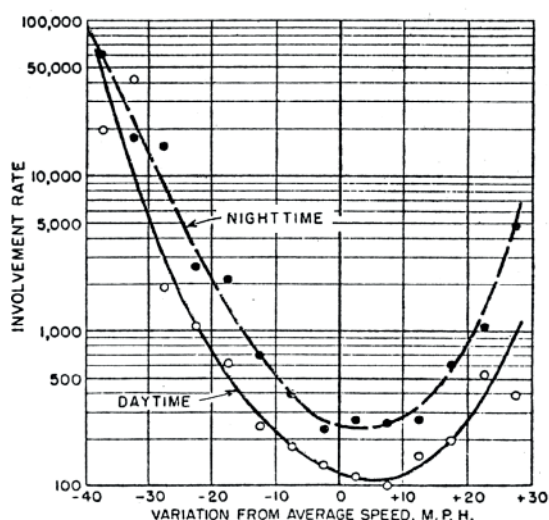
Condiciones de seguridad en la circulación en las rutas

La diferencia de velocidad entre los vehículos que circulan por una ruta es un importante factor de accidentes. En efecto, este fenómeno ha sido estudiado por investigadores de la seguridad vial como Salomon y Cirillo, quienes han observado la variación en la tasa de accidentes a partir de la diferencia de velocidad que presentaban las unidades involucradas respecto de la velocidad promedio de la ruta.

Tabla 1. Relación potencia-peso en diversos medios de transporte

Unidad de transporte	Potencia [cv]	Peso bruto total o total combinado [t]	Relación potencia-peso [cv/t]
Carro con yunta de bueyes	1,8	3	0,6
Carruaje de pasajeros	0,8	0,8	1,0
Ciclista amateur	0,2	0,08	2,5
Camión MB L1114	135	45	3,0
Ford cargo 1719	192	45	4,3
Bitren 75 tn	506	75	6,7
Ómnibus piso bajo (11 m)	210	16	13,1
Ómnibus doble piso de larga distancia	400	24	16,7
Camión liviano 4 tn	160	8,3	19,3
Citroën 3 CV	32	1	32,0
Furgón moderno 15 m3	150	5	30,0
Moto 150 cm3	15	0,3	50,0
Camioneta doble cabina std	180	3	60,0
Sedán mediano std	100	1,5	66,7
Sedán mediano premium	140	1,8	77,8

Figura 1. Tasas de participación de accidentes según variación de velocidad



Tasa de participación de accidentes por variación de la velocidad promedio en sección, día y noche (Salomon, 1964¹).

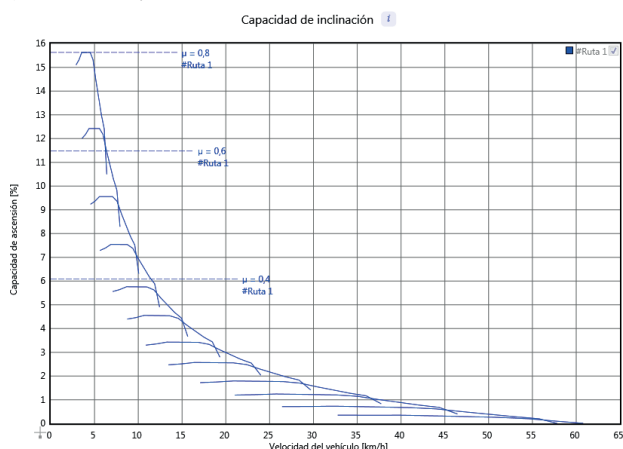
Dicho análisis nos presenta una curva "U", donde se visualiza que las unidades que circulan por debajo o por encima de la velocidad promedio de una determinada vía aumentan su probabilidad de accidentarse.

Este trabajo viene a ratificar una apreciación subjetiva que en general poseen los automovilistas sobre la seguridad en las rutas.

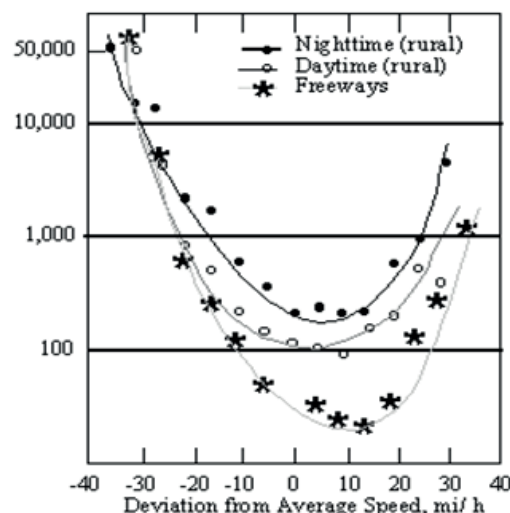
La figura 1 nos señala que un rodado que circula a 20 mi/h (32 km/h), por debajo de la velocidad promedio en una ruta rural de día, aumenta la tasa de accidentes en casi 10 veces.

A continuación (Figura 2), se expone la curva de desempeño en las diferentes velocidades correspondien-

Figura 2. Curva de desempeño de camión con acoplado (45 t, 150 cv)



1. Solomon D. 1964. Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle. Washington, DC: US Department of Commerce & Bureau of Public Roads



Tasa de participación en choques por desviación de la velocidad promedio de viaje (Salomon, 1964 & Cirillo, 1968).

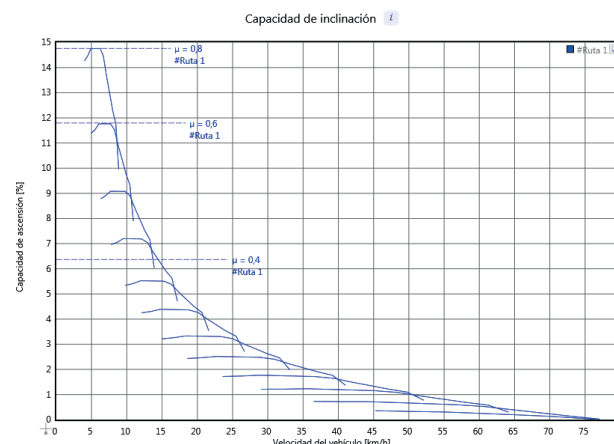
tes a un camión con acoplado antiguo que transporta unas 45 toneladas con un motor de 150 cv.

Del gráfico surge que, a plena potencia, el equipo alcanza un poco más que 60 km/h, mientras que si debe circular por un camino con una pendiente modesta del 1 % (por ejemplo), la velocidad será de 38 km/h, y quien conduce deberá bajar tres marchas para mantener la velocidad máxima posible. También un viento en contra o cruzado puede afectar la velocidad de marcha de manera significativa.

Como podemos observar, este camión con acoplado circula bajo estas condiciones en una autopista o en una ruta donde el flujo normal de unidades comerciales marcha a unos 80 km/h y los automóviles a 100 km/h o más.

Ahora analizaremos, en la Figura 3, el comportamiento de un camión convencional, el cual posee una relación potencia peso de 4,25 cv/t.

Figura 3. Curva de desempeño de camión convencional



Como se observa, en este caso la velocidad máxima es de 80 km/h y, ante una pendiente del 1 %, el camión estará en capacidad de circular a 52 km/h.

Claramente no es óptimo, pero considerando que Argentina es un país eminentemente plano en los territorios donde se mueven las cargas masivamente, resulta una relación razonable.

Para un equipo de transporte con estas características, si trabaja en la montaña, claramente su desempeño será malo y alcanzará velocidades comerciales muy bajas, inseguras y antieconómicas.

En Argentina, existen algunas configuraciones de equipos autorizados para transportar mayores cargas, pudiendo alcanzar un peso bruto total combinado (PBTC) de hasta 55 t.

Para ilustrarlo, veamos un ejemplo: un camión tractor con semirremolque tipo Sider de 3,80 metros de altura, similar a nuevos cerealeros tolva, con deflector de techo y lateral, configuración de ejes tractor 6x2, con remolque 1+2.

Ilustración 1. Semirremolque con PBTC de 52,5 t y 6cv/t

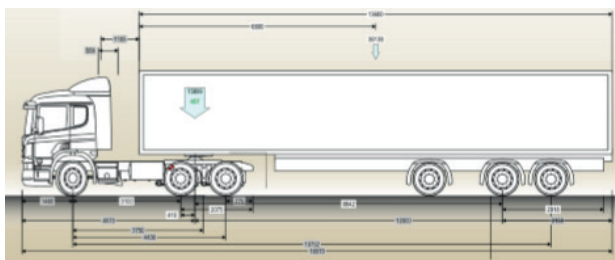
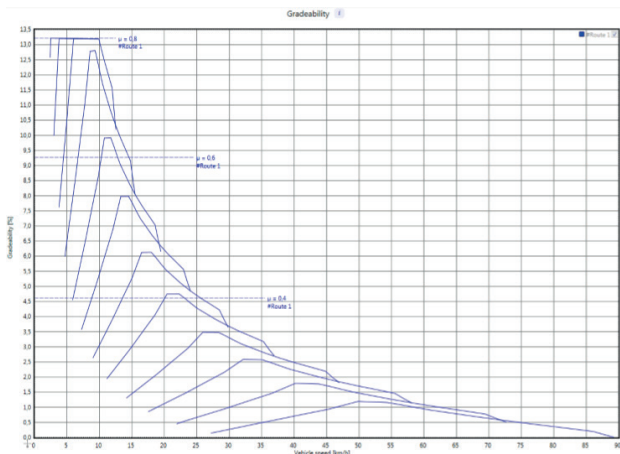


Figura 4. Desempeño del semirremolque descrito como ejemplo



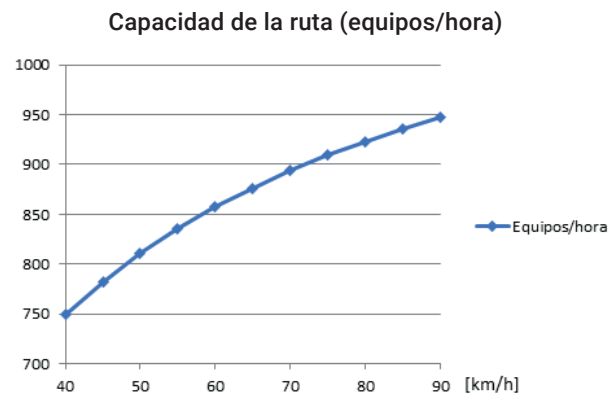
Como vemos en este caso, el equipo de transporte está en grado de alcanzar una velocidad máxima de 90 km/h, es decir, puede circular a la velocidad reglamentaria (80 km/h), incluso cuando la pendiente de la ruta alcanza el 0,5 %, mientras que con una

pendiente de 1 % puede mantener una velocidad de 65 km/h. En definitiva, este equipo podrá mantener su velocidad reglamentaria sin exigir el motor a su potencia máxima.

Condiciones de rendimiento económico en las rutas

Cada arteria posee una capacidad de tráfico y esta se ve reducida por vehículos que circulan a baja velocidad. Supongamos, de modo teórico, una ruta de un carril por mano donde solo circulen camiones con acoplado. En ese caso, el flujo vehicular dependerá en forma directa de la velocidad de marcha. Veamos un gráfico calculado en base a un equipo de 20 m y una distancia de seguridad de 3 segundos entre un equipo y otro.

Figura 5. Relación entre capacidad de tráfico vehicular y velocidad en una ruta



Fuente: elaboración del autor.

Como observamos en la figura anterior, si todos los equipos circularan a 80 km/h, el flujo teórico alcanzaría unos 923 equipos por hora, mientras que, si la velocidad fuera de 50 km/h, ese guarismo se reduce a 811 equipos, es decir, se produce una merma en la capacidad teórica de la arteria del 12 %. Como vemos, la productividad de la infraestructura vial se ve afectada por la velocidad media del conjunto de rodados que circulan. Incluso cabe observar que, aunque la mayoría de los equipos estuviera en condición de circular a la velocidad comercial máxima que establece la arteria, unos pocos camiones que circulen más despacio marcarían en buena medida el ritmo y la productividad de la arteria vial, además de generar cientos de maniobras de sobrepaso, en las cuales aumenta el riesgo de accidente.

Esto finalmente se traduce en mayores tiempos de viaje, menos rotación del capital, mayor aplicación de horas hombre y, en definitiva, en un aumento en los costos del transporte.

A modo de ejemplo, se presenta el ejercicio teórico de cálculo de los parámetros necesarios para mover la

Tabla 2. Ejemplo de variación según velocidad comercial

Velocidad comercial [km/h]	50	70
Distancia promedio [km]	260	260
Horas de circulación [h]	5,20	3,71
Viajes para mover la cosecha de soja	3.958.268	3.958.268
Horas para mover la cosecha de soja	20.582.994	14.702.139
Equipos/hora por arteria vial	811	894
Toneladas por hora [t/h]	24.330	26.820
Horas de uso de ruta para mover la cosecha	2.440	2.214

Fuente: elaboración del autor, 2023.

cosecha de soja a dos velocidades comerciales en los tramos ruteros. Se consideró una distancia promedio de cada viaje de 260 km, capacidad de carga del equipo de 30 t y una cosecha de soja 59.374.021 t para el año 2017.

Si bien el ejemplo tiene sus limitaciones, resulta elocuente a los fines de plasmar la importancia de la prestación de los servicios de transporte de carga a una adecuada velocidad comercial.

Limitar los gases efecto invernadero y la contaminación ambiental

Los motores presentan unas curvas características que nos permiten comprender cómo es su prestación según la carga a la que los exponamos (cuánto pisamos el acelerador) y el régimen de revolución por minuto (rpm) al que funcionan. Veamos una de estas curvas de un motor diésel de 9 litros.

Como podemos observar en la figura 6, este equipo puede erogar en su máxima condición unos 310 kW

que se generan a 2.300 rpm (punto azul). En esta situación, el motor consume unos 220 gr/Kwh.

Supongamos que tenemos que operar en esa condición de plena potencia para permitir que nuestro equipo de transporte circule a una determinada velocidad: como consecuencia, nuestro motor estará funcionando muy alejado de su punto óptimo de máximo rendimiento.

Ahora consideremos, aplicando la misma curva, que para circular a velocidad crucero necesito 230 kW, es decir, un 74 % de la potencia máxima del motor.

En este caso, puedo trabajar sobre la curva de 230 kW (línea naranja) y, según la relación de la caja de cambio y diferencial que aplique, podré obtener esos 230 kW entre 1.350 rpm y 2.300 rpm. Claramente, las relaciones de caja son finitas y la última marcha será la que me brinde el óptimo. Supongamos en nuestro hipotético caso que el motor gire a 1.600 rpm para ir a la velocidad deseada, entonces resulta que la condición de equilibrio se logra con un consumo de 193 gr/Kwh, es decir, un consumo 12 % menor que al operar a su máxima potencia.

En efecto, estas son las curvas que nos explican por qué es auspicioso trabajar con motores que dispongan mayor potencia que la máxima necesaria para circular a la velocidad comercial, ya que la motorización/transmisión puede trabajar en un régimen de rpm menor y con un consumo de combustible ostensiblemente menor.

También cabe consignar que, cuando el grupo motopropulsor trabaja a potencia parcial, está sometido a un menor esfuerzo y, por ende, aumenta su vida útil.

Argentina cuenta con una flota (stock) de equipos de carga, y su modernización no es una tarea ni fácil ni rápida, pero desde la óptica de la eficiencia, la seguridad y el impacto ambiental, si se procura un transporte moderno en el país, se deberán instrumentar las políticas que permitan la modernización de la flota de unidades afectadas al transporte de cargas por automotor.

Figura 6. Ilustración de caso de curvas de un motor diésel

