

LA INFLUENCIA DE LAS CARGAS POR EJE EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR CARRETERA

por OLEGARIO LLAMAZARES GOMEZ
Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Las cargas por eje de los vehículos pesados reducen por una parte el coste del transporte pero por otra suponen aumentos de coste en la infraestructura al requerir secciones resistentes en el firme de mayor y mejor calidad. El tema ha sido objeto de amplia discusión internacional para uniformizar las cargas máximas de los códigos de los distintos países. A este tema se dedica el presente artículo en el que se incluyen antecedente, datos comparativos y criterios para la determinación del eje óptimo.

1. INTRODUCCION

Los antecedentes de la discusión sobre la magnitud de las cargas por eje de los vehículos comerciales se remontan a los años de la segunda posguerra mundial. Esta discusión, alguna veces apasionada, ha tenido lugar tanto en el seno de los diversos países como en el de las instituciones europeas. Participan en ella expertos y políticos y los argumentos que se exponen, giran generalmente en torno a los tres aspectos siguientes:

- Mejor rentabilidad de los grandes vehículos con ejes pesados.
- Efecto destructivo de las grandes cargas sobre los pavimentos.
- Influencia en el transporte ferroviario.

En ciertos países, la impresión dominante era que en las decisiones políticas había primado el último aspecto y en consecuencia se concedía poca importancia a los condicionantes reales de los transportes de mercancías por carretera, o sea, al posible abaratamiento de las prestaciones de este sistema.

Al constituirse la Comunidad Económica Europea, la discusión tomó una mayor objetividad, pero las inevitables diferencias en las

circunstancias técnico-económicas, juntamente con ciertos aspectos políticos, no parece que permitan llegar, en plazo breve, a una armonía en cuanto a la organización económica óptima del transporte por carretera con normalización de cargas y dimensiones máximas.

Ni el Convenio de Ginebra de 1949, ni la Conferencia de Ministros de Transportes de 1960, ni las recomendaciones de

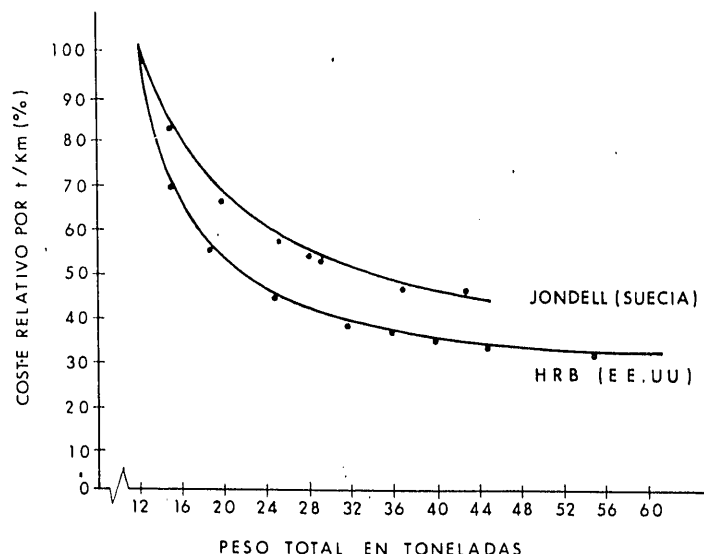
la Comisión Económica para Europa de 1964, ni el resultado de los debates de 1972, han supuesto hasta ahora una aproximación seria hacia la normalización.

Sigue la discusión planteada en cuanto a la carga máxima admisible por eje simple o eje doble, sobre el peso máximo de los trenes de carretera y sobre la capacidad mínima del motor. Si existen argumentos económico-funcionales en lo relativo a las cargas axiales y a las capacidades del motor, no faltan tampoco otros correspondientes al peso total, basados en consideraciones de competencia y de rentabilidad.

Según las circunstancias actuales y como veremos más adelante con detalle, parece que habrá que llegar a un compromiso entre 10 y 13 toneladas para carga máxima por eje simple y entre 40 y 42 toneladas como peso máximo del vehículo.

La creciente transnacionalidad del transporte y la intensificación del empleo de contenedores que va unida a ella, hará que se

REDUCCION DEL COSTE DEL TRANSPORTE EN FUNCION DEL PESO DEL VEHICULO



La rentabilidad de un vehículo depende esencialmente de su capacidad de transporte, es decir de su carga útil. Los gráficos muestran la reducción del coste del transporte a medida que crece el peso total (tara + carga)

LA INFLUENCIA DE LAS CARGAS POR EJE EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR CARRETERA

reduzcan los márgenes de decisión, singularmente en lo referente al peso total y a la longitud de los vehículos, de modo que sólo quedará en pie la discrepancia en torno a las máximas cargas por eje.

2. LAS CARGAS POR EJE Y EL COSTE DEL TRANSPORTE

En diversos países se han llevado a cabo análisis de costes-beneficios para definir las cargas óptimas por eje, pero los resultados obtenidos tienen un valor restringido en cuanto a su aplicación fuera del ámbito nacional, por la diversidad de factores que inciden en los costes del transporte y en los de construcción y conservación de la infraestructura.

En nuestro país y como consecuencia de la importancia del tema, puesta de manifiesto en la III Semana de la Carretera, celebrada en León, la Asociación Española de la Carretera, constituyó una ponencia o grupo de trabajo permanente que llevó a cabo un estudio importante sobre la influencia de las máximas cargas por eje en la rentabilidad del transporte. Las cifras a que se llegó en el precitado estudio, al pasar del eje de 10 toneladas al de 13, suponían un incremento de coste de los firmes, comprendido entre el 12 y el 16%. Tales valores se refieren a firmes nuevos y su variación se debe a condicionantes de tráfico y suelo para los distintos tramos, ya que el espesor y calidad del firme dependen principalmente de dos factores: 1) intensidad y composición del tráfico y 2) capacidad portante de la explanada.

Los incrementos citados para el coste del firme se reflejan en el general de la carretera en valores naturalmente menores —entre el 1 y el 10%—, pudiendo llegar al 20 ó 25% en casos excepcionales, para carreteras de la red complementaria de poco tráfico con un trazado que se desarrolla por muy mal terreno desde el punto de vista geotécnico, y hay que

proyectar grandes espesores y capas de calidad.

Pasando al otro aspecto, al del vehículo, diremos que la carga máxima por eje tiene una influencia considerable en los diversos elementos que integran el coste del transporte de mercancías por carretera.

La rentabilidad de un vehículo depende esencialmente de su capacidad de transporte, es decir de su carga útil. Para un aumento de peso dado el aumento de capacidad de carga no es proporcional sino mucho mayor. Citaremos algunas cifras. Si la relación tara/vehículo cargado es de 2 a 1 para los turismos y de 1 a 1 para los camiones ligeros, pasa a 1,3 para los camiones pesados y a 1,8 para los trailers de 38 toneladas, con cinco ejes.

Lo que es válido a gran escala también lo es a una escala más reducida: aumentando la carga por eje simple —o por eje doble— se aumenta la carga útil suplementaria posible. Esto es que el peso en vacío de un camión con dos ejes, de 10 toneladas es muy inferior al de otro que tenga 3 ejes de 6,5 toneladas.

Así pues, la consecuencia es que aumentando la carga admisible por eje se incrementa el rendimiento del vehículo disminuyendo en términos absolutos —y mucho más en términos relativos— los costes de adquisición y de explotación.

Un aspecto importante que abona la utilización de vehículos más pesados es el consumo de

carburante que no es preciso contemplar sólo en la pura estimación económica sino en cuanto al balance energético que es preciso tener en cuenta, como un dato más, en esta época de crisis del petróleo.

Citaremos a efectos comparativos los valores límites de consumo de carburante, que incluyen un informe reciente de la IRU (Unión Internacional de los Transportes por Carretera). Un microbús de 1,5 toneladas con consumo, a velocidades normales, del orden de 9 litros de gasoleo por 100 kilómetros y un trailer de 38 toneladas con consumo de 45 litros. O sea que los pesos están en la proporción de 1 a 25, mientras que los consumos aumentan sólo cinco veces.

Otro incremento supone también la menor productividad del personal de movimiento en los vehículos de menor peso, con lo que la partida de jornales y obligaciones sociales grava más el coste unitario del transporte.

Incluimos a título informativo unos valores relativos del transporte de la tonelada/kilómetro por diferentes tipos de vehículos, partiendo de la base 1 que es la que corresponde al de menor peso. Corresponden estos valores a un estudio realizado en Italia y en consecuencia, no se pasa del eje de 10 toneladas. Asimismo se incluye un diagrama de reducción del coste del transporte en función decreciente del peso total del vehículo, o sea tara más carga.

Con vehículo de 14 t. en 2 ejes	1,00
" 18 t. en 3 ejes	0,76
" 19 t. en 2 ejes	0,64
" 26 t. en 3 ejes	0,56
" 28 t. en 2 ejes de camión más 2 ejes de remolque	0,52
" 36 t. en 3 ejes de camión más 3 ejes de remolque	0,49
" 38 t. en 2 ejes de camión más 2 ejes de remolque	0,44
" 52 t. en 3 ejes de camión más 3 ejes de remolque	0,38

Vemos pues el coste del transporte para el trailer más pesado se reduce al 38%.

LA INFLUENCIA DE LAS CARGAS POR EJE EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR CARRETERA

3. ANALISIS DE LA LEGISLACION SOBRE CARGAS

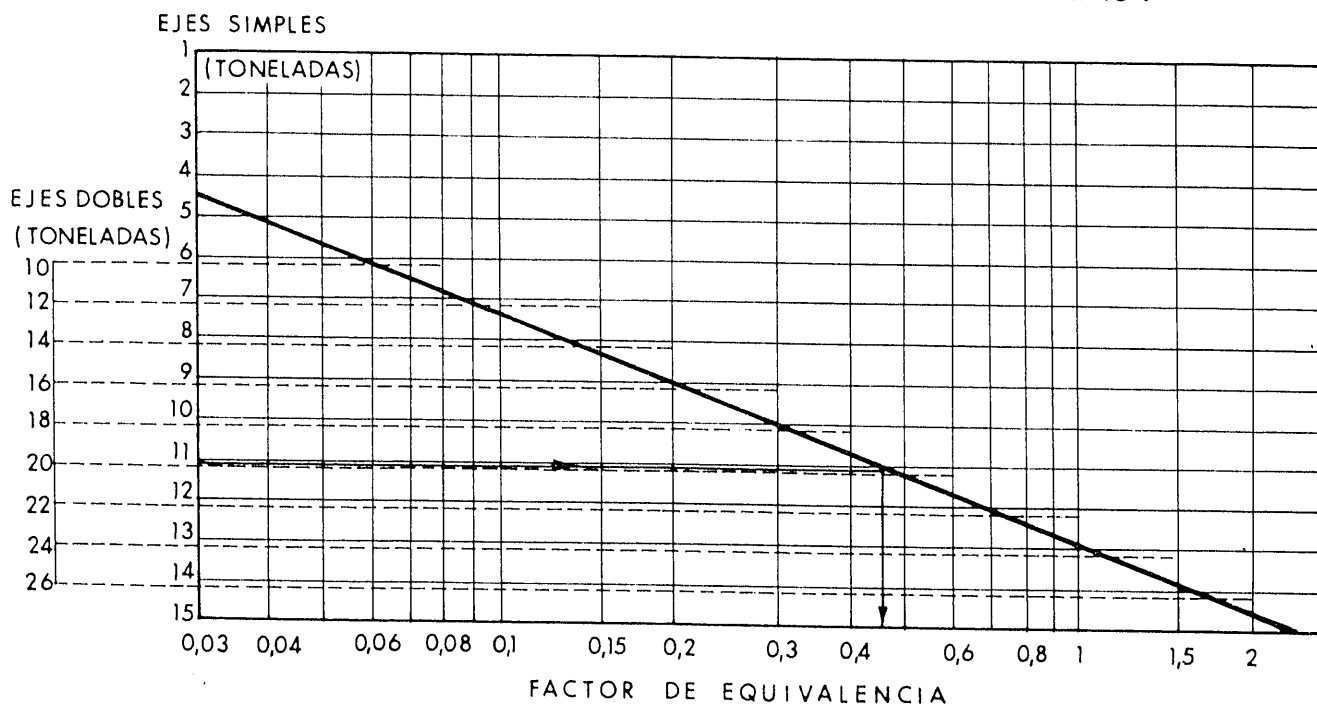
Si se analiza la legislación española sobre el tema, se observan cinco cambios desde el Código de Circulación de 1934, que son: el propio Código de 1934, las modificaciones al mismo de 23 de abril de 1948, el decreto 490/1962, de 8 de marzo de 1962 (con su modificación parcial de

1966), el decreto 1216/1967, de 1.º de junio de 1976 y el decreto 3595/1975.

Los artículos 55, 220 y 221 del Código de Circulación de 1934, y las modificaciones al mismo de 1948, constituyen una legislación desarrollada en base al eje simple de 12 toneladas para una separación de 1 metro, entre los ejes tándem y 20 toneladas para una separación de 1,5 metros.

El decreto 490/1962, supone la disminución de la carga máxima por eje simple a 10 toneladas, y el establecer la carga máxima por eje tándem en 16 toneladas, independientemente de la separación entre los ejes del tándem. Su justificación se basaba en seguir las recomendaciones del acuerdo de La Haya de la Conferencia Europea de Ministros de Transportes y en obtener el

DIAGRAMA DE CONVERSION DE CARGAS AL EJE DE 13 T



Las cargas afectan a los firmes según una función parabólica creciente con su magnitud. Para reducir los efectos de un eje a otro se emplean diagramas como éste, deducido de los métodos

americanos de dimensionamiento de espesores de firmes flexibles. Por ejemplo el efecto de un eje de 11 toneladas equivale al 0,46 del eje patrón español de 13 toneladas

máximo rendimiento posible de las inversiones que suponía el Plan General de Carreteras del año 1961. Con una concepción estrictamente económica se pensó que con firmes de menor espesor, para menores sollicitaciones mecánicas se podían construir o acondicionar mayor número de kilómetros de carretera.

El decreto 1216/1976, supuso la adopción de una carga máxima por eje simple de 13 toneladas y una carga por eje tándem variable entre 14,7 y 21 toneladas condicionada esta por la separación entre los ejes del tándem.

El decreto 3595/1975 de 25 de

noviembre a partir de una carga de 7,35 t. para ejes dobles con distancia de 0,9 m., permite aumentar 700 kg. por cada 0,05 metros de incremento de distancia, llegando a 21 t. para 1,35 m. (*).

Estamos pues a la cabeza de Europa, juntamente con Francia, Bélgica y Luxemburgo, en cuanto a pesos máximos autorizados a los vehículos comerciales de transporte por carretera. El

(*) Para concluir con las disposiciones de la legislación española en cuanto a cargas citaremos la orden ministerial de 7 de marzo de 1974 que derogó la limitación del peso (tara + carga) a 16 toneladas en las carreteras locales para los vehículos con ejes que no pasarán de 10 toneladas.

decreto 1216 de 1967, se justificó por el hecho de que diversos países que habían firmado el acuerdo de La Haya no lo habían seguido; además de ser aconsejable acomodar las cargas máximas a las que venían aplicándose en la mayoría de los países con los que España tenía acuerdos bilaterales relacionados con transportes por carretera de carácter internacional para eliminar determinadas limitaciones que pudieran reducir el adecuado rendimiento del transporte y, por último, por la creencia de que esa mayor carga por eje llevaría consigo un aumento del esfuerzo adherente sobre la

LA INFLUENCIA DE LAS CARGAS POR EJE EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR CARRETERA

carretera y, en consecuencia, una mayor seguridad en la circulación de los vehículos afectados por las modificaciones aplicadas.

Como ya apuntamos, la normativa vigente sobre pesos y dimensiones máximas en vehículos comerciales de transporte por carretera es dispar, incluso entre los mismos países del Mercado Común. Los códigos están ajustados al eje simple máximo de 10 toneladas, en Alemania Occidental, Holanda e Italia y al eje máximo simple de 13 toneladas, en Bélgica, Francia y Luxemburgo.

Los países del Mercado Común han tratado el problema de las cargas por eje como punto importante de su política comunitaria de transportes. Así, la Comisión de la Comunidad Económica Europea (CEE) transmitió al Consejo tres propuestas de circulares correspondientes a los años 1962, 1963 y 1964.

La circular de 1974, que preveía la adopción de legislación en base al eje simple de 13 toneladas para primeros de enero de 1974, encontró fuerte oposición en el consejo por parte de Alemania Occidental y Holanda, habiendo sido imposible llegar a un acuerdo a pesar de los años transcurridos.

Como consecuencia se redactó una nueva propuesta de la comisión de la Comunidad Económica Europea, en junio de 1971, con la que se pretendía alcanzar una fórmula de compromiso basada en estudios desarrollados a partir de eje simple de 11,5 toneladas.

Se tomaba esta carga por la imposibilidad de llegar a un acuerdo sobre el eje máximo autorizado, ya que los países que han adoptado el régimen de 10 toneladas consideran que la elevación de la carga máxima por eje aumentaría considerablemente el deterioro y degradación de sus carreteras y, a consecuencia de los refuerzos que ello supondría, se veían obligados a aumentar de modo prohibitivo los créditos destinados al acondicionamiento y conservación de sus redes viarias. Por otro lado, los países que tienen adoptado el eje de 13 toneladas destacan las ventajas económicas y técnicas

que, a su juicio, presenta la adopción en el ámbito común del citado eje de 13 toneladas, a saber: reducción del peso muerto, reducción del número de ejes a igualdad de carga útil, reducción del coste del transporte, condiciones de adherencia mejores y vehículos más baratos para el transporte de los grandes contenedores, sistema de gran desarrollo en el futuro.

Por otro lado, la comisión de la CEE, destaca la urgencia de resolver la incertidumbre actual que perjudica no solamente a la industria del automóvil y a los transportes por carretera, sino también a los intereses de la colectividad. Considera también que ciertos nuevos condicionantes pueden justificar, además de las razones anteriormente señaladas, su nueva propuesta. Entre ellos cita la sensibilización de la opinión al efecto que sobre la degradación de los firmes pueden tener las grandes cargas, que ha originado la iniciación de diversas tentativas para el establecimiento de unos costes marginales en el uso de las infraestructuras, que podrían constituir, pese a las dificultades del problema, los elementos básicos de un sistema de fiscalidad específica que, al gravar a los ejes más cargados, disminuyera el ahorro que hasta ahora se consideraba al pasar del eje de 10 toneladas al de 13 toneladas.

Su propuesta de régimen de 11,5 toneladas no debe considerarse como la mera obtención de la media aritmética entre los regímenes de 10 y 13 toneladas. Según indicó la Comisión, la propuesta se basó después de un profundo y detallado estudio, en conseguir que se cumplieran las condiciones siguientes:

— Limitar los costes de conservación y acondicionamiento periódico de los pavimentos.

— Permitir una construcción racional y armónica de vehículos comerciales.

— Alcanzar los límites de peso total en carga correspondiente a los grandes contenedores, sin necesidad de recurrir a un número de ejes excesivo.

Como consecuencia de una larga serie de estudios y debates,

la propuesta fija la carga máxima por eje simple de 11,5 toneladas e introduce un elemento muy importante que es la elevación de la relación potencia a peso total a un valor de 8 CV/tonelada. Estas medidas entrarían en vigor a partir del primero de enero de 1980. El peso máximo total del vehículo se fija en 40 toneladas.

En los Estados Unidos, las legislaciones varían entre los diferentes Estados. Las cargas máximas por eje establecidas por la AASHO son 9,07 toneladas (20.000 libras) y 14,5 toneladas (32.000 libras), para ejes simples y tándem, respectivamente. Catorce Estados tienen cargas superiores a las señaladas por la AASHO, en cuanto a ejes simples se refiere, alcanzando algunos de ellos las 10,8 toneladas (22.400 libras), veintidós Estados superan el máximo de eje tándem de la AASHO, alcanzándose las 18,4 toneladas (40.000 libras).

En los países del norte de Europa oriental, las cargas máximas autorizadas por eje simple oscilan entre las 8 y 10 toneladas. Se argumenta que ejes de mayor peso causarían un efecto muy destructivo en las épocas de deshielo, dado el estado de imbibición de la explanada del firme que reduce notablemente su capacidad portante.

Finalmente, cabe decir que diversos organismos internacionales europeos, relacionados con transportes, tales como la Comisión Económica para Europa (CEE-ONU), la Unión Internacional de Transportes por Carretera (IRU), la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC), han formulado, en el transcurso de estos años, diversas propuestas, pero de gran diversidad, oscilando las cargas máximas por eje simple entre 8 y 13 toneladas, y por eje tándem de 12 a 19 toneladas.

4. El efecto de las cargas

Las cargas afectan en función creciente con su magnitud a la sección estructural de la carretera, influyendo asimismo la repetición que origina los fenómenos de fatiga. No vamos a

LA INFLUENCIA DE LAS CARGAS POR EJE EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR CARRETERA

distinguir entre los diferentes tipos de degradación de sobra conocidos (asientos diferenciales, roderas, agrietado en piel de cocodrilo, etc.).

Por esta influencia de la repetición, en los métodos de dimensionamiento de firmes se parte, como dato básico de tráfico, del número de pasadas de ejes —reducidos por los correspondientes coeficientes de equivalencia a un eje patrón— durante el período de servicio que se asigne al tramo en cuestión.

Citaremos a título informativo algunos ejemplos de equivalencia de distintos ejes simples que ponen de manifiesto los efectos destructivos a que se puede llegar con ejes muy pesados.

— 1000 pasadas de un eje de 13 toneladas equivalen a 5000 de 9 toneladas y a 14.000 de 6,5 toneladas.

— 1000 pasadas de un eje de 22 toneladas equivalen a 8000 de un eje de 13 toneladas.

Acompañamos un diagrama de conversión de cargas al eje patrón de 13 toneladas deducido de los coeficientes de equivalencia utilizados en los métodos americanos de dimensionamiento de espesores de firmes flexibles.

Nuestros firmes nuevos y los refuerzos de los que estaban en servicio, como los itinerarios de REDIA, se han calculado para el eje patrón de 13 toneladas; en el resto evidentemente el refuerzo y conservación será mayor para este eje que para otro de peso inferior. Pero el coste adicional no es importante como dijimos al citar conclusiones de la Ponencia de la Asociación Española de la Carretera.

5. El control de las cargas

El problema más grave en cuanto al deterioro y destrucción del pavimento, reside en que por una falta de control proliferen las cargas abusivas, como sucedió hace algunos años.

A principio de la década de los 70, las encuestas realizadas en los itinerarios principales de la Red, pusieron de manifiesto que más de un 20 % de los ejes simples pasaban de los generosos límites del Código de la Circula-

ción y un 3 % superaba las 20 toneladas.

En aquella época se inició un campaña de pesaje con básculas móviles que la Dirección General de Carreteras puso a disposición de la Guardia Civil de Tráfico. La operación no fue eficaz ya que las básculas se averiaban con frecuencia y entonces se acometió un programa más ambicioso seleccionando 98 puntos estratégicos en la Red estatal para instalar otras tantas básculas fijas. Esto se abordó conjuntamente por la Dirección General de Carreteras y la Dirección General de Transportes, correspondiendo a la primera la obra civil y a la segunda la adquisición y montaje de las básculas.

Actualmente, hay 88 básculas instaladas o a punto de concluirse. Las que más tienen son las provincias de Barcelona y Madrid, con cuatro. En Madrid, por ejemplo, funcionan tres, las de Parla, Alcorcón y Alcalá de Henares, y aún no funciona la de Somosierra. Desde luego, se ha frenado mucho el transporte con cargas abusivas especialmente en los vehículos que realizan itinerarios largos, cargándose más los de pequeños recorridos de ámbito local.

En todo caso, es preciso seguir cuidando este control, pues como puede deducirse de las equivalencias y factores de conversión de ejes de distintas cargas el período de duración en buen estado de un tramo de carretera de tráfico pesado se reducirá de 10 a 2 años si los vehículos que circulan por él llevan ejes de 18 toneladas en vez de las 13 que autoriza el Código de la Circulación. Si bien exagerado y lejos de la realidad, este es un índice elocuente del efecto destructivo de las cargas que exceden los máximos límites tolerados.

6. Consideración final

En lo anteriormente expuesto puede verse que es difícil fijar desde un punto de vista objetivo la máxima carga óptima por eje; los criterios varían en los diferentes países, basándose, entre otras cosas, en la capacidad portante de las calzadas de la red de servicio.

Con el eje actualmente autorizado en España, o sea el de 13 toneladas, se llega a vehículos más racionales y de mayor rentabilidad, con los que se conseguirá un ahorro sensible en el coste del transporte, con un pequeño incremento en el espesor de los firmes de nueva construcción y mayores gastos en el refuerzo y conservación, pero en todo caso, dominarían los beneficios en el cómputo global infraestructura/transporte.

El argumento de un incremento de créditos para la infraestructura no es convincente pues hoy en España, como en la mayoría de los países del mundo, la renta del transporte automóvil es muy superior a las inversiones del Estado en la ampliación y mejora de la red viaria.

En la Ponencia de la Asociación Española de la Carretera se llegó a la conclusión de que era rentable acondicionar la red para el eje de 13 toneladas. El ahorro en el transporte para el año 1964 se estimó en un 8,7 % de considerar el eje máximo de 13 toneladas en vez del de 10 toneladas. En valores absolutos el beneficio ha aumentado mucho en los 13 años transcurridos.

En consecuencia, por circunstancias internas no parece proceda reducir las máximas cargas autorizadas en el vigente Código de la Circulación. No obstante, el acuerdo a que lleguen los países del Mercado Común condicionará la normativa española y deberemos adaptarnos al eje de 11,5 ó 12 toneladas, que en definitiva se adopte.

Pero en todo caso, habrá que ejercer un riguroso control de pesaje para que no se sobrepase la carga máxima autorizada, con graves perjuicios para el estado de nuestras carreteras, tanto por molestias y peligros para el tráfico, como por las costosas reparaciones y reconstrucciones presupuestarias de la carretera, limitadas siempre en esta era en que el transporte automóvil, por su rapidez y flexibilidad, y pese al incremento de coste de los carburantes, seguirá manteniendo su marcada preponderancia en la distribución intermodal en nuestro país.