

Informes Técnicos

N° 10

**Buses eléctricos.
Problemas de peso en la
Argentina**



IT_EHyS_UNSAM

DICIEMBRE 2024

Buses eléctricos. Problemas de peso en la Argentina

INSTITUTO DEL TRANSPORTE
ESCUELA DE HÁBITAT Y SOSTENIBILIDAD

Autor

Ing. Roberto Domecq

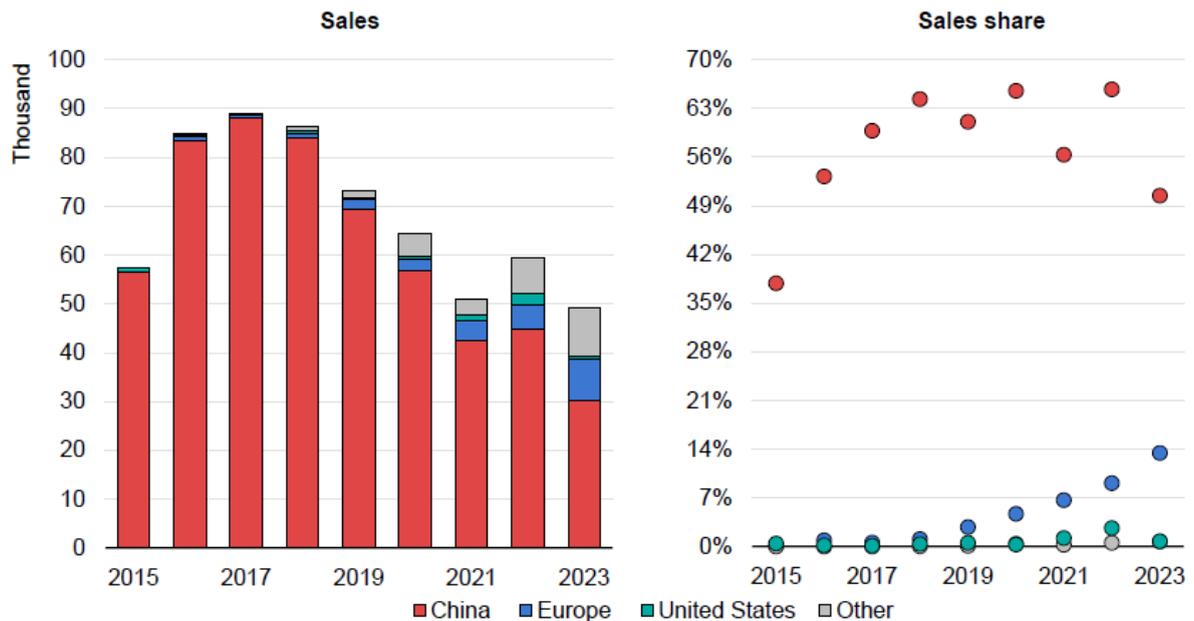


IT_EHyS_UNSAM

Introducción

En el proceso de descarbonización del transporte por automotor, la incorporación de vehículos eléctricos presenta un importante interés en el mundo, en particular el segmento de buses urbanos donde se registró un importante volumen de ventas en China en el período 2016-2018¹ y se registra un crecimiento sostenido en Europa y otros países (excluido Estados Unidos).

Gráfico 1 . Venta y participación de mercado de buses eléctricos en el mundo



Fuente: Global EV Outlook 2024

Desde una perspectiva de política pública, este segmento, presenta algunas condiciones interesantes para impulsar su desarrollo en las grandes ciudades;

- Los buses urbanos tienen un impacto importante en materia de contaminación ambiental y ruido; los buses eléctricos presentan la cualidad de no emitir gases contaminantes (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre e hidrocarburos no quemados), así como tampoco emiten material particulado. A lo que se suma que son unidades silenciosas.
- Presentan una reducción sustancial en la emisión de dióxido de carbono y aunque la matriz energética en la Argentina aún presenta una importante generación de energía eléctrica mediante combustibles fósiles, el impacto es significativo tal como se aprecia en la Tabla 1.

¹ Si bien China bajo su producción de buses eléctricos, la participación de esta tecnología en las ventas totales se mantuvo en porcentajes elevados (por encima del 50%).

Tabla 1 . Estimación reducción de emisiones de CO2, mediante buses eléctricos

Tipo de Unidad	Motorización Diesel		Motorización eléctrica			Reducción de Emisiones CO2
	Consumo [l/100 km]	Emisiones [gCO2/km]	Consumo bus [kWh/100 km]	Consumo neto ² [kWh/100 km]	Emisiones [gCO2/km] 429 g/kWh ³	
Bus urbano Piso bajo (DF ⁴)	55	1485	1,2	1,33	570	62%

Fuente: elaboración propia en base a diversas pruebas piloto referenciadas en la bibliografía.

- En términos generales, presentan una autonomía relativamente compatible con los servicios que deben prestar diariamente. Como la operación normal de los buses urbanos presenta un valle nocturno significativo, esta condición es favorable para los procesos de carga nocturna de las baterías.
- En pruebas piloto realizadas en el pasado, el público usuario valoró positivamente⁵ este tipo de rodado como un salto cualitativo en materia de transporte.
- Si bien se han mencionado los aspectos positivos de estos rodados, no se puede omitir en un análisis completo del tema, las consideraciones respecto al Costo Total de Propiedad, y el stress al que se sometería a la red de suministro eléctrico, entre otros aspectos que exceden el alcance del presente trabajo.

Considerando las cuestiones enunciadas, cabe consignar que la Argentina presenta un marco normativo que limita fuertemente la incorporación de esta tecnología. A continuación, se presenta un análisis respecto a estos tópicos.

Marco jurídico. Pesos máximos admisibles por eje

En Argentina, la Ley 24.449, su Decreto reglamentario (Decreto 779/95) y modificatorios, establecen los pesos máximos por eje. A continuación, repasamos estos valores para las configuraciones más usuales y de interés a los efectos del presente análisis (tabla 2).

² Se considera un rendimiento en el proceso de carga de energía del bus del 90%.

³ Factor de Emisión 2023, Secretaría de Energía, Cálculo del Factor de Emisión de CO2 de la Red Argentina de Energía Eléctrica, Opción B.

<http://datos.energia.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>.

⁴ Circulando en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

⁵ En notas periódicas realizadas durante las pruebas piloto de bus eléctrico realizadas por CABA (2019-2020), los pasajeros manifestaban su conformidad por el bajo ruido y vibraciones y un andar más sereno.

Tabla 2. Pesos máximos legales por eje (Argentina)

CONFIGURACIÓN		Suspensión Mecánica [toneladas]	Suspensión Neumática [toneladas]
Eje Simple. Ruedas individuales convencionales		6 SEIS	6,3 SEIS COMA TRES
Eje Simple. Ruedas superanchas		6 SEIS (8 OCHO, maquinaria especial)	8 OCHO
Eje Simple. Ruedas dobles		10,5 DIEZ COMA CINCO	11 ONCE
Conjunto (Tándem) doble de ejes. Ruedas dobles		18 DIECIOCHO	18,9 DIECIOCHO COMA NUEVE

Fuente: Anexo R del Decreto 779/95, modificado por Decreto 32/18.

Como se observa, los ejes con suspensión neumática cuentan con una ventaja del 5%, habida cuenta que este tipo de suspensiones transmite las fuerzas a la calzada de una forma más benévola que las suspensiones mecánicas.

Otro análisis interesante para realizar es el de comparar nuestros pesos máximos con la legislación de otros países de la región (tabla 3 a continuación).

Tabla 3 - Pesos máximos por eje en diversos países de Latinoamérica

CONFIGURACIÓN		Argentina [t]	Brasil ⁶ [t]	Paraguay ⁷ [t]	Chile ⁸ [t]	Uruguay ⁹ [t]
Eje Simple.		6/6,3 ¹⁰	6/7 ¹¹	6	7	6/6,2 ¹²
Eje Simple. Ruedas superanchas		6/8 ¹³	7 ¹⁴ /10 ¹⁵	7 ¹⁶	7,35	7 ¹⁷
Eje Simple. Ruedas dobles		10,5/11	10/11 ¹⁸	10,5	11,0	10,5/10,9
Conjunto (Tándem). Ruedas dobles		18/18,9	15/17/18 ¹⁹	18	18	18/18,7

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 3 se observa que existe bastante homogeneidad en los países de la región respecto a las configuraciones más comunes de ejes, mientras que respecto a los ejes con cubiertas superanchas, es un tema de reciente tratamiento en los estos países, donde en general se acepta un sobrepeso cuando el eje cuenta con suspensión neumática.

La situación en otros países del mundo desarrollados presenta los siguientes valores (tabla 4):

⁶ Resoluciones CONTRAN 882/21 y 994/23).

⁷ Resolución MOPC 1.762/97 y 42/98.

⁸ Decretos 158/80, 73/87, 200/93, 1910/03 y 414/15.

⁹ Decreto 311/07.

¹⁰ Se otorga un 5% adicional a los ejes dotados de suspensión neumática.

¹¹ Buses.

¹² La legislación admite un 4% cuando la suspensión es neumática (Resolución DNT 42/21).

¹³ Con suspensión neumática.

¹⁴ Buses.

¹⁵ Sustitución de ruedas dobles.

¹⁶ Resolución MOPC 2079/20 y 1082/22 para buses con suspensión neumática.

¹⁷ Con suspensión neumática.

¹⁸ Buses.

¹⁹ Buses.

Tabla 4 - Pesos máximos por eje en diversos países del mundo

CONFIGURACIÓN		Argentina Mecánica/ neumática[t]	EEUU ²⁰ [t]	Europa ²¹ [t]	Australia ²² [t]
Eje Simple.		6/6,3	9,1	10	6,5
Eje Simple. Ruedas superanchas		6/8 ²³	9,1	10	9,0
Eje Simple. Ruedas dobles		10,5/11	9,1	11,5 12,5 ²⁴	9,0
Conjunto (Tándem). Ruedas dobles		18/18,9	15,4	16/19	16+0,5 ²⁵

Fuente: elaboración propia

Se observa que la Argentina presenta límites similares a otros países en las configuraciones de eje simple con ruedas doble y tándem de ruedas dobles, pero algo restrictivos en ejes simples con sólo 2 ruedas convencionales o superanchas.

Los neumáticos superanchos son admitidos en otros países como reemplazo a los ejes con rodado dual. Si bien es cierto que se utilizan neumáticos del tipo 425/65 R 22,5 y 445/65 R 22,5, mientras que en Argentina se aplican neumáticos más angostos del tipo 385/65 R 22,5²⁶, aunque están admitidas las medidas superiores.

Incluso en Europa, la legislación prevé para los buses de 2 ejes con emisión cero al ambiente, mayores pesos máximos, la Directiva 96-53-CE (en su proyecto de modificación²⁷) establece un máximo de 21,5 toneladas (Imagen 1).

²⁰ Comprehensive Truck Size and Weight Limits Study – Volume 1 – FHWA (límites federales).

²¹ Directiva 96/53/CE del Consejo.

²² Comprehensive Truck Size and Weight Limits Study – Volume 1 – FHWA.

²³ Suspensión neumática.

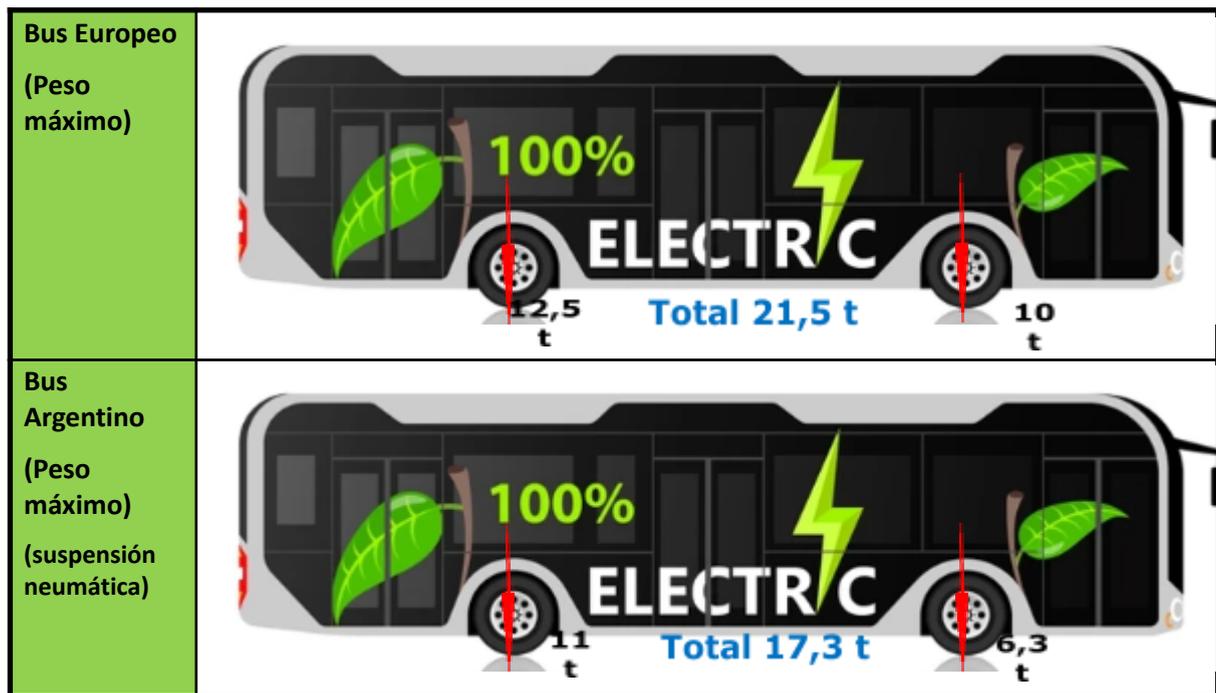
²⁴ Buses de emisión 0.

²⁵ Con suspensión “amigable”.

²⁶ Aunque la legislación admite el uso de neumáticos 425/65 R 22,5 y 445/65 R 22,5, (Anexo R, Decreto 779/95).

²⁷ Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo que modifica la Directiva 96/53/CE del Consejo, COM(2023) 445, 11/07/2023.

Imagen 1 – Pesos máximos



A continuación, elaboramos una tabla comparativa con los pesos máximos de la Argentina y algunos ejemplos de buses existentes en el mercado (tabla 5).

Tabla 5 – Comparativa de Pesos máximos por eje (Legislación Argentina – Buses eléctricos)

Marca Modelo de Bus	Peso eje delantero [t]	Peso eje trasero [t]	Total [t]
Legislación Argentina	6,3	11	17,3
GREEN POWER EV350 12,3m (400 kWh)	8,5	13	21,8
M. BENZ eCITARO 12,1m (294/392/490/588 kWh)	7,5	13	20,0
VOLVO LUMINUS 12m (76 kWh – carga rápida)	7,5	12	19,5
YUTONG E12 12,2m (423 kWh)	SD	SD	18,6
ZHONGTONG LCK6122EVG 12 m (230 kWh)	SD	SD	18,0
ANKAI 12m (350 kWh)	SD	SD	18
IRIZAR 12,1 m (510 kWh)	8,2	13	21,2
HIGHER 12,5 m (271 kWh)	8,5	12,5	21
BYD 12,3 m (344 kWh)	7,4	12,9	20,3

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en páginas web de los fabricantes²⁸ (Ago/Nov 2024)

²⁸ Tomar como datos referenciales, ya que se trata de información que puede variar en el tiempo. Incluso unidades de la misma marca y modelo pueden diferir según el país de comercialización.

A diferencia de lo que sucede con la información de buses convencionales que cuentan con información detallada de la tara y pesos máximos por eje y del peso máximo total, en el caso de las unidades eléctricas estos datos no suelen encontrarse en los folletos técnicos.

Asimismo, se observa en las fichas técnicas que en algunos casos la diferencia entre la tara del ómnibus y su peso máximo (carga útil), tiene un valor que limita la cantidad de pasajeros.

Como se desprende de la tabla y las observaciones enunciadas, las unidades eléctricas comerciales superan holgadamente los pesos máximos de la Argentina.

A partir de consultas informales con autoridades de Brasil, Chile y Uruguay, se ha verificado que también existe preocupación sobre el tema y que estos países se encuentran estudiando el tema.

Ante esta situación fáctica se presentan diversas alternativas, pero todas ellas presentan sus debilidades.

Alternativa	Tipo de afectación
Limitar la capacidad de los pasajeros transportados a fin de mantener el peso máximo de la unidad dentro de los valores máximos de pesos trasmisibles a la calzada por la legislación.	Esto afecta la ecuación económica, ya que para mantener un sistema de transporte saludable es deseable un IPK ²⁹ alto.
Disponer baterías de menor capacidad de energía, para limitar su peso.	Esto afecta proporcionalmente la autonomía de los rodados, que en términos generales ya es ajustada.
Disponer de baterías de menor capacidad, pero del tipo “carga rápida”, que permitan cargas de oportunidad.	Ello requiere una mayor infraestructura de cargadores, complica la logística de la operación diaria y puede requerir parque adicional.
Esperar que la tecnología de las baterías progrese y su peso sea compatible con la legislación.	Si bien hay una clara tendencia a la reducción de peso y volumen por kWh, no resulta una alternativa razonable demorar el salto tecnológico.
Ajustar la legislación como lo ha hecho Europa.	Esta es la opción que se propone, considerando los beneficios en la introducción de tecnologías de bajas emisiones.

Ajuste de la legislación en materia de pesos máximos a la calzada

En primer lugar, es importante entender cómo es el mecanismo de homologación para que un rodado pueda ser comercializado en el Argentina y lo que implica cumplir la legislación en materia de pesos y medidas.

Los fabricantes o importadores de chasis deben presentar ante el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) la carpeta con toda la información técnica y ensayos respaldatorios, en el caso de satisfacer las condiciones requeridas el INTI emite un informe técnico que remite a la Secretaría de

²⁹ Índice pasajero kilómetro.

Industria y Comercio, quien emite un documento denominado “Constancia Técnica del Fabricante”.

Luego, el fabricante de la carrocería (quien carroza el chasis para transformarlo en un bus) debe tramitar la Licencia de Configuración de Modelo (LCM) por la unidad completa; este documento también lo emite la Secretaría de Industria y Comercio, con la debida intervención del INTI. Obtenida la “LCM” la unidad está en condiciones de ser comercializada en la Argentina.

En lo que respecta al ítem del peso, el fabricante declara el peso de la unidad en orden de marcha (P.O.M.)³⁰ y los pasajeros que está en capacidad de transportar la unidad (bus urbano), para lo cual se contabilizan los pasajeros sentados y los pasajeros parados.

En relación con los pasajeros sentados, es un número igual al número de asientos; mientras que los pasajeros parados surgen del producto de la superficie del pasillo por 5 pasajeros/m²; por cada pasajero se asigna un peso de 70 kg.

Finalmente, a los pesos en orden de marcha en cada eje se le suma la influencia teórica de los pasajeros (sentados y parados). Los pesos resultantes no deben superar los máximos admisibles de la calzada que admite nuestra legislación. A partir de esta descripción surge el primer tópico a analizar.

Cargas teóricas vs cargas en servicio

De lo indicado precedentemente, surge que cualquier situación límite respecto a los pesos máximos se verifica solo cuando la unidad circula a capacidad máxima.

Ahora bien, a partir de datos del Sistema SUBE³¹ y un análisis³² realizado con “Urban Trips”³³, los operadores de transporte público urbano del AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires) presentan un coeficiente de ocupación de los buses que puede apreciarse en el gráfico 2 (histograma).

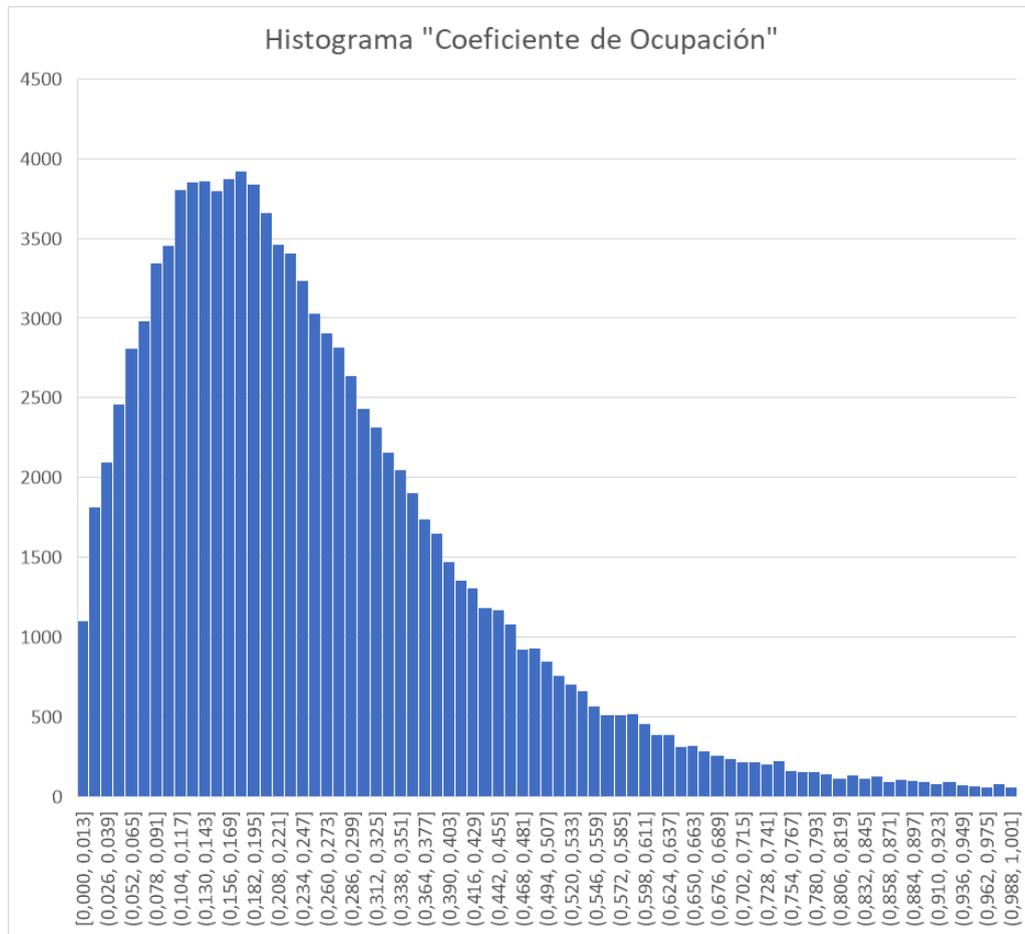
³⁰ Peso propio del vehículo, sin carga ni pasajeros, en condiciones de marcha con accesorios y depósitos de fluidos completos (incluido el peso de conductor 75 kg).

³¹ Datos del 18/09/24.

³² Se ha calculado el coeficiente de ocupación por servicio, considerando los espacios kilómetro demandado/ espacio kilómetro ofertado y tomando de referencia una capacidad máxima de 60.

³³ Software de análisis de transporte de pasajeros a partir de información de venta de pasajes georeferenciada.

Gráfico 2 - Histograma "Coeficiente de Ocupación" – Fuente: Elaboración propia sobre datos "Urban Trips"



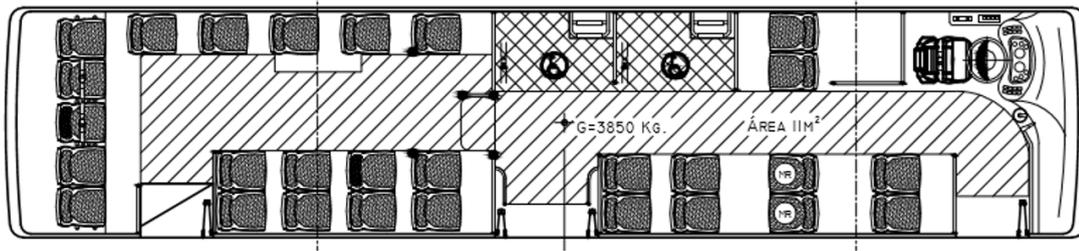
Fuente: elaboración propia en base a datos SUBE del 18/09/24

Como puede apreciarse, las unidades circulan con un bajo índice de ocupación, ya que el valor promedio de los datos presentados es del 26%. No obstante, este número debe ser tomado con cierta cautela, ya que es el valor promedio de cada servicio, es decir que es posible que en un determinado tramo del recorrido el bus pueda haber alcanzado un valor elevado de ocupación, pero luego este se redujo y el promedio resulta en los valores relativamente bajos mencionados.

Lo que sí pone en evidencia es que en la gran mayoría de los casos los buses viajan bastante descargados; incluso se consigna que para el cómputo del coeficiente de ocupación el valor referencial de capacidad máxima se toma en 60 pasajeros, que es un valor menor a la capacidad máxima real de los buses y de la que se considera en el cálculo de peso máximo cuando se tramita la LCM. Es decir que cuando los guarismos presentados en el gráfico 2 señalan un coeficiente de 1 (es decir 100% de ocupación), estaríamos ante un rodado con 60 pasajeros, es decir con una carga menor a la máxima nominal.

Por ejemplo, si tomamos un bus de piso bajo de 12 m (imagen 2), con una arquitectura típica, el mismo presenta 28 asientos y un área de pasillo de 11 m² (equivalente a 55 pasajeros parados), es decir esta unidad presenta una capacidad máxima teórica de 83 pasajeros (que es la capacidad que será utilizada en ocasión de su homologación).

Imagen 2: Croquis de un bus de piso bajo de 12 m.



Sobre este tópico podemos concluir que, si bien es completamente pertinente que en el proceso de homologación se verifique que el bus con su capacidad máxima transportativa no supere los pesos máximos admisibles a la calzada, también es justo decir que en la práctica dicha situación es muy rara o puede verificarse de forma muy acotada en tiempo y espacio.

Normas de carácter general vs aplicaciones restringidas

En las normas de pesos máximos por eje trasmisibles a la calzada tiene una intervención sustancial la Dirección Nacional de Vialidad, ya que se trata del organismo técnico con incumbencias en la materia y la dependencia que cuenta con un amplio conocimiento profesional. Cuando se definen estos aspectos, claramente las decisiones son a nivel país, teniendo en cuenta toda la red vial con la que cuenta la Argentina y procurando valores que no generen daño prematuro en estas infraestructuras.

Ahora bien, el transporte público urbano de pasajeros por automotor tiene la particularidad de que es cautivo en su traza, depende de una jurisdicción y al utilizar un recorrido predeterminado puede efectuarse un análisis “ad-hoc” respecto al tipo de pavimento sobre el cual va a desarrollar la actividad y si el mismo presenta las características compatibles para este tipo de rodado.

Otro aspecto a señalar es que un rodado que supera los pesos máximos trasmisibles a la calzada, de modo alguno puede considerarse que presenta un demérito a la seguridad; muy por el contrario, el fabricante diseña la unidad considerando justamente su peso bruto total máximo y en consecuencia los ejes, el sistema de frenado y suspensión, las características de robustez del chasis, entre otros elementos técnicos estarán en línea para la prestación de servicios con seguridad, es decir que la superación de los pesos máximos admisibles a la calzada presenta el problema (en el caso que las unidades circularan siempre en la condición de máxima carga) de generar un daño mayor de la calzada que el resto de la unidades comerciales.

A continuación, se estimará a partir del cálculo convencional para pavimentos flexibles el daño a la calzada de un bus con los pesos máximos admisibles actuales y bajo una configuración más exigida (por ejemplo, con una tonelada de tolerancia) (tabla 6).

Tabla 6 – Daño a la calzada de un bus actual de 17,3 t y un bus eléctrico con un sobrepeso de 1 t cálculo convencional para pavimentos flexibles el daño a la calzada

	Eje delantero [t]	Eje trasero [t]	Peso max reglamentario [t]	Capacidad [pass]	Carga útil [t] (70 kg/pass)	C. útil / P bruto	Ejes equivalentes ASHTO Teorico	Daño relativo
Pesos máximos x legislación actual	6,3	11,0	17,3					
Bus convencional (reglamentario)	6,3	11,0	17,3	80	5,6	0,32	3,59	1,0
Bus eléctrico (reglamentario + 1t)	6,8	11,5	18,3	80	5,6	0,31	4,34	1,2

Fuente: elaboración propia en base a pesos máximos por eje en Argentina y un caso hipotético con un sobrepeso de 1t, efectuando el cálculo convencional de ejes equivalentes para pavimentos flexibles el daño a la calzada

Como se observa en la tabla 6, una tolerancia de 1 tonelada genera un daño adicional a la calzada de un 20%. Claramente, esto es válido si ambos buses circulan a plena carga³⁴.

Incluso en el caso de los buses urbanos podría existir una suerte de “homologación condicional”, es decir una LCM emitida en virtud de que la unidad cumple con la totalidad de las exigencias en materia de seguridad y emisión de contaminantes, pero presenta una condición de pesos que exceden los pesos máximos admisibles a la calzada. Ahora bien, la jurisdicción podría evaluar considerando la vialidad del recorrido, si efectivamente estos rodados están en condiciones de prestar el servicio.

Otro aspecto para considerar, pero cuyo computo analítico no es trivial, es valorizar las externalidades negativas de cada tecnología de transporte, ya que los buses convencionales emiten contaminantes tóxicos y ruido que a largo plazo empeora la calidad del ambiente y genera un impacto económico en gastos de salud y reducción en la esperanza de vida, mientras que la tecnología eléctrica presenta un sobrepeso que exige un poco más a la red vial y reduce su vida útil.

Ejemplo europeo

Europa, ha zanjado este problema a partir de la actualización de la norma de pesos y dimensiones. En efecto, la Directiva 96-53-CE, en su modificación de 2019³⁵, establecía lo siguiente:

- Autobuses de 2 ejes, 19,5 toneladas

Vehículos de emisión cero: el peso máximo autorizado de 18 toneladas se incrementará con el peso adicional requerido por la tecnología de combustible alternativo hasta un máximo de 2 toneladas.

- Autobuses articulados de 3 ejes, 28 toneladas

En el caso de los vehículos impulsados por combustibles alternativos distintos de los vehículos de emisión cero, se incrementará en el peso adicional requerido por la tecnología de combustibles alternativos, hasta un máximo de 1 tonelada.

En el caso de los vehículos de emisión cero, se incrementará con el peso adicional requerido por la tecnología de emisión cero hasta un máximo de 2 toneladas.

Esta norma ya está en proceso de una nueva actualización según la propuesta³⁶ de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo para modificar la Directiva 96/53/CE del Consejo, COM (2023) 445 del 11/07/2023. Este documento propone lo siguiente:

- Autobuses de 2 ejes, 19,5 toneladas

En el caso de los vehículos de emisión cero, los pesos máximos se incrementarán en 2 toneladas.

- Autobuses articulados de 3 ejes, 28 toneladas

En el caso de los vehículos impulsados por combustibles alternativos distintos de los vehículos de emisión cero, se incrementará en el peso adicional requerido por la tecnología de combustibles alternativos, hasta un máximo de 1 tonelada.

En el caso de los vehículos de emisión cero, el peso máximo autorizado se incrementará en 2 toneladas.

³⁴ Situación, que como hemos explicado, no sucede.

³⁵ Reglamento (UE) 2019/1242 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019.

³⁶ COM (2023) 445, del 11/07/2023

A modo de resumen a continuación se presenta la tabla 7, que presenta la situación europea;

Tabla 7 – Pesos máximos para buses en Europa (propuesta)

Tipo de unidad	Peso Máximo Total [t]	Peso Máximo eje simple [t]	Peso Máximo eje dual [t]	Observaciones
Bus 2 ejes (convencional)	19,5	10	12,5	La suma de los pesos máximos por eje es mayor al total admisible, pero esta da cierto margen al fabricante para la distribución de pesos
Bus 2 ejes (eléctrico)	21,5	10	12,5	La propuesta contempla el aumento del peso independiente al sobre peso requerido por la tecnología
Bus 3 ejes articulado (convencional)	28	10	12,5	
Bus 3 ejes articulado (combustible alternativo)	29	10	12,5	
Bus 3 ejes articulado (eléctrico)	30	10	12,5	La propuesta contempla el aumento del peso independiente del sobre peso requerido por la tecnología

Fuente: elaboración propia en base a propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo para modificar la Directiva 96/53/CE del Consejo, COM (2023) 445 del 11/07/2023.

Puede observarse que la propuesta de cambio plantea un aumento en el peso independiente de lo que pese la tecnología cero emisiones, es decir que estimula al desarrollo de unidades eléctricas o de celda de combustible más livianas, que en dicho caso podrían mejorar la carga útil respecto a un rodado convencional, haciéndolo más competitivo.

La tabla 7 señala que las exigencias en materia de pesos por eje en la Argentina distan mucho de la legislación europea. También observamos que el objetivo de la nueva legislación es desarrollar el crecimiento de las unidades de bajas emisiones, quitando cualquier obstáculo que pueda interferir con esta política.

A continuación, se transcriben algunos párrafos interesantes extractados de la propuesta del Parlamento Europeo y del Consejo para modificar la Directiva 96/53/CE:

“El transporte por carretera desempeña un papel clave en el sistema de transporte de mercancías, pues más de tres cuartas partes (el 77,4 %) de las mercancías que circulan dentro de la UE se transportan por medios terrestres. Sin embargo, también tiene distintos efectos socioeconómicos y medioambientales, como las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación atmosférica y acústica, la congestión, los riesgos para la seguridad vial y el desgaste de las infraestructuras viarias. Los vehículos pesados, como los camiones y los autobuses, son responsables del 28 % de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte por carretera (6 % de las emisiones totales de la UE) y constituyen una fuente importante de emisiones de monóxido de

nitrógeno (en 2020 representaron el 34 % de las emisiones de monóxido de nitrógeno procedentes del transporte por carretera). También son una fuente de otros contaminantes atmosféricos, como las partículas en suspensión.”

“La evaluación de la Directiva llevada a cabo en 2022 puso de manifiesto que, si bien resulta eficaz para promover la seguridad vial, proteger las infraestructuras viarias y facilitar el uso de vehículos de carretera para el transporte intermodal contenerizado, no es suficiente en cuanto a las condiciones de competencia equitativas o a aspectos relacionados con la descarbonización.”

“La Directiva no ofrece incentivos suficientes al sector para que este fomente la inversión en tecnologías de emisión cero, como podría serlo la tolerancia de pesos o dimensiones que resulta necesaria para compensar el peso o el tamaño de la tecnología pertinente y garantizar al menos la misma capacidad de carga que la de los vehículos pesados convencionales que funcionan con combustibles fósiles.”

“La Directiva contribuye directamente al Objetivo de Desarrollo Sostenible n.º 13 de las Naciones Unidas («Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos»), pues en 2030 se ahorrarán 1 592 700 toneladas de emisiones de CO₂ y, en 2050, 54 600 toneladas. De manera acumulativa entre 2025 y 2050, la propuesta reduciría las emisiones de CO₂ en 27,8 millones de toneladas (el 1,2 % de las emisiones de CO₂ procedentes del transporte de mercancías). Se estima que, durante el período 2025-2050, los costes externos de las emisiones de CO₂ disminuirán en 3 500 millones EUR, expresados como valor actual con respecto a la base de referencia. Esta reducción de las emisiones de CO₂ se debe a un mayor uso de los vehículos pesados de emisión cero, el cambio al transporte intermodal y la disminución del número de viajes (fomentada por el aumento de la carga útil). También contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible n.º 3 («Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades»), debido al ahorro de 5 100 toneladas de emisiones de NO_x en 2030 y de 700 toneladas de emisiones de NO_x en 2050, al ahorro de 1 000 toneladas de emisiones de partículas en suspensión en 2030 y de 400 toneladas de emisiones de NO_x en 2050, así como a una reducción de los costes externos de las emisiones sonoras de 700 millones EUR (durante el período 2025-2050, expresados como valor actual con respecto a la hipótesis de referencia) y a que se evitarán 411 muertes, de manera acumulada entre 2025 y 2050, con respecto a la base de referencia. Las muertes evitadas (esto es, la reducción de las víctimas mortales en accidentes) se deben al cambio al transporte intermodal y a la disminución del número de viajes (impulsada por el aumento de la carga útil).”

Conclusiones

Como hemos visto, la incorporación de buses eléctricos representa una política interesante para el proceso de descarbonización, presentando algunos aspectos muy positivos y en pocos años su costo total de propiedad (TCO)³⁷ convertirán a esta tecnología en una alternativa competitiva respecto a los buses tradicionales.

Es por ello que resulta importante pensar en actualizar el marco legal de la Argentina para facilitar la incorporación de vehículos eléctricos considerando los siguientes aspectos:

- La posibilidad de algún sobrepeso, considerando las externalidades positivas de la tecnología y que raramente las unidades circulan a plena carga.
- En los rodados típicamente urbanos, puede haber una homologación restringida que debe ser autorizada por cada autoridad jurisdiccional según su conocimiento de la red vial.
- Considerar que el aumento de costos en mantenimiento de la vialidad se puede compensar con menores gastos en el sistema de salud y mayor satisfacción del público usuario del

³⁷ Total Cost of Ownership

transporte público por automotor y de los vecinos.

- Puede ser una buena oportunidad para analizar el tema de “pesos y dimensiones”, no sólo lo relativo a vehículos de emisión cero sino también a los de tecnología de combustible alternativo (como son el GNC y GNL).

Por ejemplo, para el desarrollo de las unidades de carga GNC de larga distancia, es deseable un pequeño aumento en el peso y en su longitud, ya que la batería de tubos penaliza el volumen de la zona de carga y su carga útil (por el aumento de la tara).

Referencias

- Ley 24449 (Ley de tránsito) y modificatorias (legislación argentina).
- Decreto 779/95 y sus modificatorios (legislación argentina).
- International Energy Agency, World Energy Outlook 2024
- Secretaría de Transporte y Obras Públicas - CABA, “Buses Eléctricos, pruebas piloto de buses alternativos”, 2021.
- Secretaría de Transporte y Obras Públicas - CABA, “Prueba Piloto de buses eléctricos para la Cumbre de Alcaldes de C40”, 2022.
- ZEBRA (*Zero Emission Bus Rapid-Deployment Accelerator*), “Análise operacional de ônibus elétricos a bateria em São Paulo”, 2022.
- ZEBRA, From pilots to scale - Lessons from electric bus deployments in Santiago de Chile, 2020.
- Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo para modificar la Directiva 96/53/CE del Consejo, COM (2023) 445 del 11/07/2023.