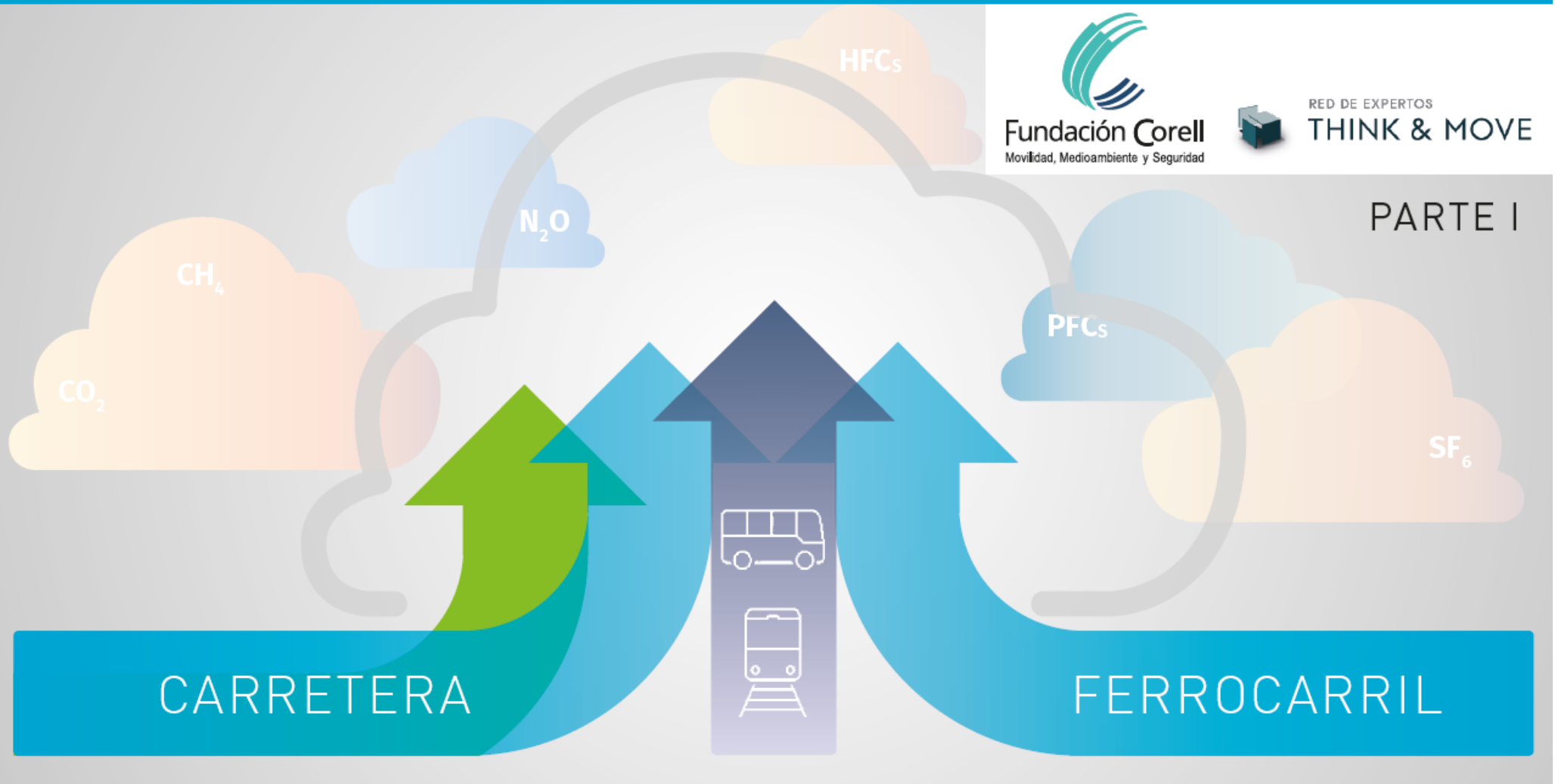


BALANCE DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES GEI DEL TRANSPORTE TERRESTRE DE VIAJEROS

La eficiencia medioambiental del transporte colectivo de personas.



Informe BETA

BALANCE DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES GEI DEL TRANSPORTE TERRESTRE DE VIAJEROS

Documento de Síntesis | **Think & Move SL**

Octubre 2022 | Spain

Ciente
Proyecto

FUNDACIÓN CORELL
BALANCE DE ENERGIA Y EMISIONES DEL TRANSPORTE TERRESTRE

Fecha
Autor

Octubre 14, 2022
Think & Move SL

Joaquín Juan-Dalac Fernández, Socio Director
ICCP Colegiado 10.808

THINK & MOVE SL • CIF B86679925 • Registro Mercantil de Madrid Tomo 30798 Folio 168 Inscripción 1
Puerto de los Leones 1 28220 Madrid • T. + 34 916 340 861 • F. + 34 916 391 866 • info@thinkandmove.net

Indice

00	Resumen ejecutivo	4
01	Presentación	7
02	Marco conceptual	8
03	Método de estudio	11
04	Análisis sector Viajeros	16
05	Conclusiones	23
06	Recomendaciones	26

En un **contexto** de crisis energética y alza de costes:

- ¿es posible hacer más eficiente el transporte terrestre de viajeros?*
- ¿cómo orientar las inversiones públicas para contribuir a este fin?*
- ¿deben priorizarse en las ciudades o en ámbitos interurbanos?*
- ¿deben ser los modos de transporte complementarios o jerárquicos?*

Para abordar estas cuestiones, la Fundación Corell ha asumido el **desafío** de reflexionar sobre el papel que juega actualmente el transporte terrestre de viajeros y la eficiencia de todos los modos (públicos y privados), sobre la base de datos objetivos, precisos y suficientemente desagregados.

Aplicando una **metodología** basada en contraste y validación de estadísticas públicas, referidas a 2019, se ha conseguido replicar los principales indicadores y vincularlos entre sí: movilidad, demanda y oferta de transporte, consumo energético final (“*del tanque a la rueda*”) y emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Como resultado del Estudio, se han alcanzando diferentes **conclusiones** realmente novedosas, de las que podemos destacar:

- El sector del transporte representa el 29,2% de todas las **emisiones GEI** a escala nacional, correspondiendo al **transporte terrestre de viajeros un 19,8%**. El 9,4% restante procede del transporte aéreo y marítimo de viajeros y del transporte de mercancías. (*Figura 03*)
- La **relevancia del transporte terrestre de viajeros** es incuestionable: da respuesta a la movilidad de 28.000 millones de viajeros urbanos e interurbanos que recorren 16.900 millones de km, empleando medios públicos y privados. (*Tablas 3 y 4*)
- El **consumo de energía** derivado del transporte terrestre de viajeros es 887.000 Terajulios y la **emisión GEI** alcanza 62.000 miles de toneladas de CO₂, con una distribución entre ámbitos urbanos e interurbanos muy similar. Debe señalarse que la mayor parte de las políticas públicas se centran en reducir estos niveles en ciudades cuando, como se acaba de señalar, en ámbitos interurbanos los niveles son del mismo orden. Además, en la red de carreteras se registran tráficos derivados de turistas y excursionistas extranjeros, que en 2019, representaron 12,7 millones de pasajeros (15,3% de 83,5 millones de turistas). (*Tablas 6 y 7*)
- El **automóvil** es mayor consumidor de energía y emisor GEI por viajero-km transportado que los modos públicos, hasta 4 veces superior. (*Tabla 9*)
- El **transporte público** de viajeros tiene un papel clave dado que atiende un 16% de la demanda, su peso en la emisión GEI del transporte de viajeros es solo 5,9%. (*Tablas 4 y 7*). Su participación respecto de la emisión de todos los sectores a nivel nacional es solo 1,17%: autobuses 1,10% y trenes (incluyendo metros y tranvías) 0,07%. (*Figura 03*)
- En **ámbito urbano** el tren presenta el mayor nivel de **eficiencia energética**, 8 veces superior al transporte privado y 3 veces respecto del autobús. En ámbito interurbano, autobús y tren eléctrico son equivalentes en términos de energía consumida por viajero-km, mientras el tren diésel es claramente menos eficiente. (*Tabla 9*)

- En **ámbito urbano** el tren eléctrico es el más **eficiente en emisiones** al no producir emisiones directas mientras el autobús presenta niveles de eficiencia del orden de 2 veces respecto al transporte privado. En cuanto al transporte interurbano, el tren eléctrico es el más eficiente, pero el autobús es más limpio en emisiones por viajero-km que el transporte privado y el tren diésel.
- Incorporando a este balance las **emisiones para la generación de la energía consumida** (del pozo al tanque), las ventajas del tren eléctrico no son tan evidentes dadas las emisiones derivadas del mix de energía eléctrica, del que forma parte la generación mediante gas.
- Por otro lado, teniendo en cuenta los altos **costes de inversión** para construir y sostener un ferrocarril electrificado, ya sea urbano o interurbano, se puede anticipar el altísimo coste financiero para las arcas públicas que supone y supondría primar al ferrocarril en las inversiones, frente a soluciones de menor costo y similar eficiencia medioambiental basadas sobre la carretera. Deberían realizarse evaluaciones coste/beneficio ex ante.

A partir de estas conclusiones se han planteado diferentes **palancas y estrategias** para lograr un transporte de viajeros más eficiente.

Palancas institucionales

- En primer término, debería crearse un **observatorio permanente** de datos sobre movilidad, energía y emisiones para monitorizar su evolución y medir el impacto de las políticas aplicadas.
- Desde el punto de vista de los **operadores de transporte**, éstos

deberían asumir responsablemente una medición continua de la huella de carbono generada, plantear medidas de mitigación y crear fondos de compensación.

- Desde el punto de vista de las **políticas públicas**, se recomienda el establecimiento de los servicios públicos (OSP) y la asignación de inversiones en infraestructura entre la carretera y el ferrocarril atendiendo a criterios de eficiencia energética y ambiental en términos de viajero-km.
- Incorporar **estudios coste/beneficio** en los procesos de toma de decisiones, considerando la **energía total consumida** (pozo a rueda).

Estrategias en ciudades y áreas metropolitanas

- La **política prioritaria** debería ser favorecer y potenciar el **transporte público**, así como formas de transporte privado eficientes (alta ocupación, motorización de baja o nula emisión, etc.), con el fin de reducir el nivel de consumo de energía y la emisión de CO₂.
- Las **ciudades deberían articularse sobre la base de redes de transporte en autobús** por su capilaridad y moderado costo inversor, planteando soluciones ferroviarias cuando el crecimiento de la ciudad, la densidad urbana o los niveles de congestión justifiquen el alto coste de inversión y mantenimiento para lograr una transferencia significativa de demanda desde los modos privados, no desde los autobuses ya que sería un ejercicio de suma cero. Debe adecuarse la oferta al nivel real de demanda.

- En **corredores urbanos de media y baja densidad así como en ciudades de tamaño mediano**, Introducir medidas de aumento de velocidad y disponibilidad de **transporte en autobús** para convertirlo en una opción atractiva frente al automóvil. Las inversiones en material móvil, mejora de la información y reducción tarifaria originan un incremento no justificado del gasto público dado que mejoran las condiciones del viajero actual pero no está demostrado que reduzcan la demanda en automóvil.
- Establecer **Zonas de Bajas Inmisiones** (concentración de contaminantes) como medida más eficaz que las Zonas de Bajas Emisiones, buscando aumentar la calidad del aire y no la restricción selectiva de los tráficos motorizados. Para ello se propone monitorizar la calidad del aire en las ciudades al nivel de barrio y aplicar políticas selectivas.

Estrategias en regiones y corredores interurbanos

- En **ámbitos interurbanos que conectan grande polos de población y actividad económica**, debe garantizarse la **movilidad con neutralidad de modo, no discriminación fiscal** y con eficiencia inversora para conseguir la máxima eficiencia del servicio con los menores recursos posible
- En **comarcas y regiones de baja densidad o población dispersa**, promover el **transporte en autobús** frente a los servicios en tren diésel.

Estrategias selectivas para favorecer la transición energética

- **Rejuvenecimiento de la flota** de vehículos, especialmente el parque de autobuses, teniendo en cuenta que los vehículos Euro VI son en sí mismo eficientes.
- Promover el **uso de biocombustibles** y las adaptaciones necesarias en vehículos e instalaciones.
- Apoyar al sector privado para la progresiva renovación de flotas mediante **vehículos eléctricos** (turismos y autobuses).

Como **complemento** de las recomendaciones señaladas, consideramos pertinente ampliar el conocimiento sobre las emisiones en el transporte con los siguientes contenidos:

- Transporte de viajeros en los modos aéreo y marítimo
- Transporte de mercancías en todos los modos (terrestre, aéreo y marítimo)
- Emisiones producidas en la generación de la energía consumida por cada modo de transporte (pozo a tanque).

01. Objeto de estudio

El sistema de transporte terrestre de viajeros está constituido principalmente por los modos viario y ferroviario. Su eficiencia ambiental se evalúa habitualmente mediante el consumo energético y la emisión de gases contaminantes de efecto invernadero (GEI) durante la rodadura, siendo su participación 29,6% del total GEI nacional. (Tabla 1)

Sin embargo, es necesario considerar algunos elementos que permitan conocer mejor los consumos y las emisiones a efectos de comparar la eficiencia de cada modo y la eficacia de las políticas públicas.

Entre estos elementos, podemos destacar:

- **Ciclo energético.** La energía consumida por los vehículos ha requerido un proceso previo de extracción, transporte, transformación y distribución de energía, por lo que el consumo y las emisiones deberían reflejar esta componente (pozo-a-tanque) y no solo la derivada de la rodadura (tanque-a-rueda).
- **Infraestructuras.** El transporte funciona como un sistema, y por tanto se apoya sobre una infraestructura de circulación, estacionamiento y mantenimiento, con los costes, consumos y emisiones que comporta.
- **Datos.** Los datos publicados sobre emisiones y consumos ofrecen información agregada por modo (carretera, ferrocarril), siendo

necesario una mayor desagregación por ámbito geográfico y tipo de vehículo para asignar correctamente los niveles de emisión a los focos en los que se produce.

El **objeto del Estudio** es obtener una estimación razonable de los consumos y las emisiones del transporte terrestre de viajeros con la mayor desagregación espacial y vehicular posible, con el fin de conocer dónde se producen, qué peso representa cada tipología vehicular y, finalmente, cuál es la relación entre los consumos y emisiones respecto de la oferta y demanda de transporte.

Alcanzado este objetivo, quedarán pendiente nuevos desafíos como los relativos al ciclo energético e infraestructura de transporte, completando así la imagen del transporte de viajeros.

02. Contenido de este documento

Comprende los siguientes:

- Marco conceptual
- Método de estudio
- Análisis de Viajeros
- Conclusiones
- Recomendaciones

01. Ventana temporal

Se toma como referencia 2019 por ser el último año en el que se han obtenido datos comparables para todos los modos de transporte y ámbitos.

02. Ámbito espacial

Desde el punto de vista funcional, las diferencias de consumo energético y emisiones se producen por las pautas de circulación: urbana (velocidad baja-media) e interurbana (velocidad media-alta).

Sin embargo en el presente estudio hemos recurrido a los ámbitos municipal e intermunicipal debido a que los datos consultados en diferentes fuentes hacen referencia a estos ámbitos, conscientes de que no hay una correspondencia unívoca entre urbano y municipal ni entre interurbano e intermunicipal. Por ejemplo, en un municipio de gran extensión se producen desplazamientos interurbanos entre la ciudad principal y las pedanías y núcleos diseminados.

Incluso dentro de cada modo podemos encontrar datos donde no es posible separar nítidamente estos ámbitos, como sucede en numerosas carreteras de titularidad autonómica y se hace necesario imputar la oferta y demanda de transporte al ámbito de mayor peso.

Se han considerado los siguientes ámbitos.

- **Modo Carretera**
 - Urbano. Tráfico en vías de titularidad municipal

- Interurbano. Tráfico en vías de titularidad del Estado, Comunidades, Diputaciones y Cabildos.

- **Modo ferrocarril**

- Urbano. Tranvía, Metro Ligero y Metro.
- Interurbano. Trenes de cercanías, media distancia y larga distancia (alta velocidad y convencional), operados por empresas públicas (estatal y autonómicas)

03. Ámbito funcional

Se han considerado los modos y vehículos siguientes según la definición que establecen el Anuario Estadístico del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA):

- **Modo Carretera**

- Activos. Andando, bicicleta y equivalentes
- Ligeros. Turismos, motocicletas y ciclomotores
- Pesados. Autobuses y autocares

- **Modo ferrocarril**

- Ligeros. Tranvía, Metro Ligero, Metro.
- Pesados. Trenes de cercanías, media distancia y larga distancia, operados por empresas públicas (estatal y autonómicas)

04. Unidades de transporte

En primer lugar se ha utilizado la variable **movilidad**, expresada en el número de viajeros o pasajeros a bordo de los distintos vehículos que conforman el desplazamiento de cada persona.

La **demanda de transporte** es por tanto la suma de los kilómetros recorridos por los viajeros (viajeros-km) mientras que la **oferta de transporte** es la suma de los kilómetros recorridos por los vehículos (vehículos-km).

05. Unidades de energía y emisiones

El **consumo energético** indica la cantidad de energía consumida durante la rodadura, expresada en Terajulios (TJ), esto es 10^{12} Julios, equivalentes a 23,4 toneladas equivalentes de petróleo (TEP). Se ha preferido la unidad TJ frente al kWh ya que la relación es $1 \text{ TJ} = 2,7778 \cdot 10^5 \text{ kWh}$, lo que habría supuesto manejar datos en notación científica para visualizar cifras significativas. Por otro lado, la unidad TJ es la empleada por el Ministerio para la Transición Ecológica en sus publicaciones de referencia y con las que informa a la Comisión Europea.

Las **emisiones de gases contaminantes** se refieren en el presente Estudio a los gases de efecto invernadero (GEI) que son principalmente el CO₂ y otros gases con incidencia sobre el clima (CH₄ y N₂O). La unidad de medida es miles de toneladas equivalente de CO₂ (kT CO₂-

eq), para internalizar el efecto de CH₄ y N₂O.

Para un mayor detalle pueden consultarse los apartados 3.8 y 3.9 del Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), ediciones 2020 y 2021.

El diagrama adjunto muestra de forma sinóptica la estructura de datos objetivo de la metodología según ámbitos, modos, vehículos y motorización

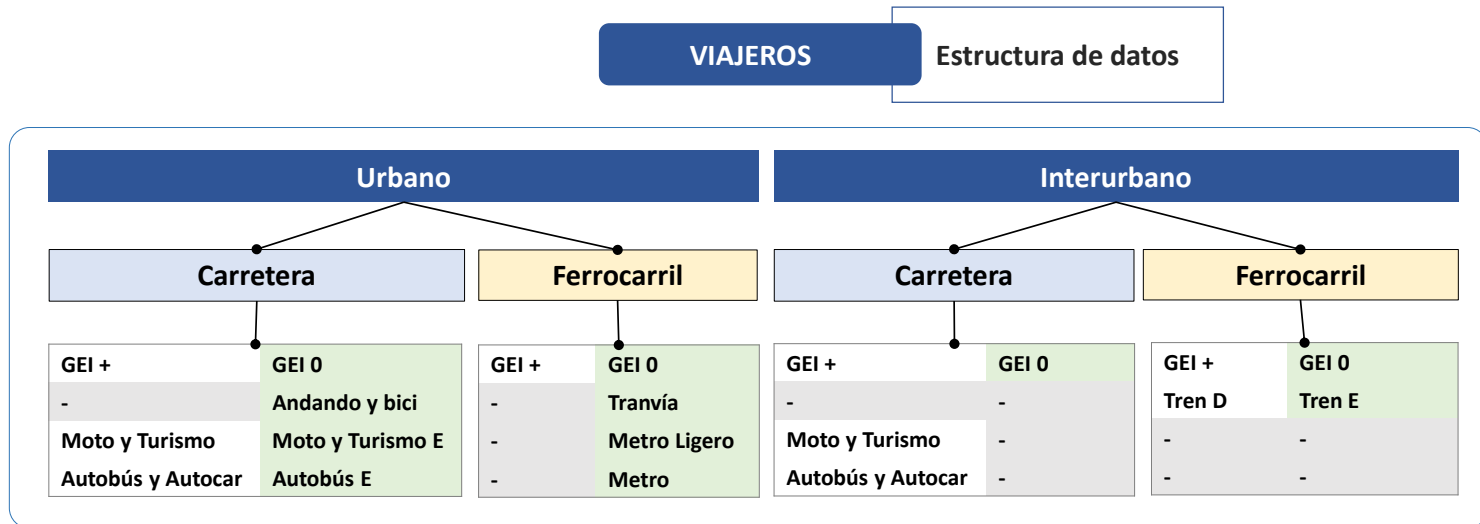


FIGURA 01 Estructura de datos establecida para analizar consumos y emisiones

FUENTE Elaboración propia

NOTA Se ha supuesto que la movilidad activa (andando y bicicleta) y en automóvil eléctrico (turismo, moto y autobús) no es significativa en emisiones GEI.

01. Planteamiento general

Se ha desarrollado una metodología específica para estimar la actividad de transporte (movilidad, oferta y demanda) y la repercusión energético-ambiental (consumo y emisiones).

Estas metodologías se han particularizado en cada uno de los ámbitos geográficos (urbano e interurbano) y modo de transporte (carretera y ferrocarril), con el siguiente alcance.

- **Movilidad urbana.** No existen datos sobre la movilidad urbana en España, ni sobre la oferta y demanda de transporte. Existe información relativamente precisa únicamente para la movilidad en las principales áreas metropolitanas.

Para suplir esta carencia, se ha construido un modelo de estimación de la movilidad urbana calibrado con datos de movilidad urbana de la CA Madrid, publicados por el Consorcio Regional de Transportes tomando como base la Encuesta de Movilidad de 2018.

Posteriormente se ha ajustado con datos agregados procedentes del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del INGEI de MITECO.

- **Movilidad interurbana.** Se han adoptado los datos de movilidad y transporte publicados por el Observatorio del Transporte y la Logística de España (OTLE) y el Observatorio del Ferrocarril en España (OFE), publicados por MITMA, con apoyo en datos de

movilidad del Estudio de movilidad con tecnología Big Data, facilitados por MITMA.

- **Consumo y emisiones en ámbito urbano.** Los datos utilizados correspondiente a la carretera proceden del INGEI de MITECO y los datos asociados al ferrocarril han sido tomados del Anuario Estadístico del MITMA.
- **Consumo y emisiones en ámbito interurbano.** Los datos utilizados correspondiente a la carretera proceden de INGEI de MITECO y los datos asociados al ferrocarril han sido tomados del Anuario Estadístico del MITMA, del OFE del MITMA y del INGEI de MITECO, para lograr desagregar los servicios ferroviarios de pasajeros en trenes eléctricos y diésel.

02. Fuentes de información

Las fuentes de información consultadas han sido las siguientes:

- **Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO)**
 - Informe Nacional de Gases de Efecto Invernadero
 - Informe La Energía en España
 - Observatorio de Movilidad Metropolitana
- **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA)**
 - Anuario Estadístico
 - Observatorio del Ferrocarril en España
 - Estudio de Movilidad con Tecnología Bigdata
 - Observatorio del transporte y la logística de España
- **Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital (MINECO), Instituto Nacional de Estadística**
 - Padrón Municipal
 - Estadística del Sector Servicios
 - Contabilidad nacional trimestral
- **Ministerio del Interior (MINTER), Dirección General de Tráfico**
 - Anuario Estadístico
- **Comunidad de Madrid**
 - Encuesta Domiciliaria de Movilidad, Consorcio de Transportes de Madrid
 - Informe Corporativo, Metro de Madrid
- **Ayuntamiento de Madrid**
 - Portal de Datos Abiertos
 - Memoria de Gestión de la EMT
- **Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC)**
 - Informe Anual

03. Datos macro de transporte, energía y emisiones

El cuadro adjunto muestra los datos de consumo final de energía por sectores.

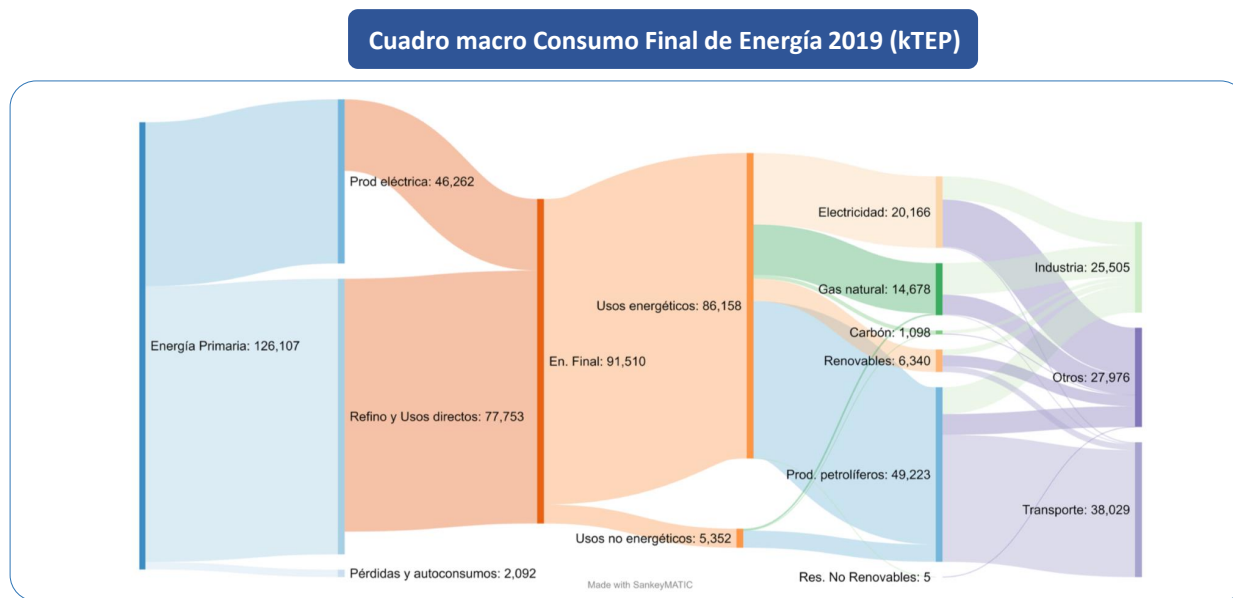


FIGURA 02 Cuadro macro del consumo final de Energía en España 2019 (kTEP)

FUENTE MITECO

NOTA

La diferencia entre Energía Primaria (columna 1) y Energía Final (columna 3) obedece a las pérdidas derivadas de los procesos de transformación, transporte y autoconsumos, equivalente al 28% de toda la Energía Primaria.

El cuadro adjunto muestra los datos de emisiones GEI por sectores.

Cuadro macro Emisión GEI Nacional 2019 (kT CO₂-eq)

Total	313.828	100,0 %	
Otros Sectores	223.157	70,8 %	
Transporte	91.626	29,2 %	
	Aéreo	3.154	1,0%
	Marítimo	3.317	1,1%
	Tubería	131	0,0%
	Ferrocarril	246	0,1%
	Carretera	84.777	27,0%

TABLA 01 Cuadro macro de emisiones GEI en España 2019 y participación por modo de transporte (kTCO₂-eq)

FUENTE MITECO

NOTA Se ha supuesto que la movilidad activa (andando y bicicleta) y en automóvil eléctrico (turismo, moto, autobús y autocar) no es significativa en emisiones GEI.

El cuadro adjunto muestra los datos de actividad, consumo de carburante y emisiones GEI del **transporte terrestre de viajeros**.

Cuadro macro VIAJEROS 2019

Categoría	Nº Vehículos	Actividad	Consumo carburantes		Emisiones GEI	
		miles de Vehículos-km	TJ pci		kT CO2-eq	
Autobuses y Autocares	65.445	3.745.151	51.623	5,9%	3.446	5,6%
Turismos	25.577.488	326.954.061	795.504	91,1%	56.371	91,2%
Motocicletas	3.607.226	17.426.591	24.873	2,8%	1.871	3,0%
Ciclomotores	1.908.492	1.450.919	1.270	0,1%	99	0,2%
Carretera	31.158.651	349.576.723	873.270	100,0%	61.786	100,0%
Ferrocarril	-	-	3.311,31		246,26	

TABLA 02 Cuadro macro de consumo y emisiones GEI del transporte de viajeros en España 2019

FUENTE MITECO

NOTA *Datos consultados están agregados para total ferrocarril (viajeros y mercancías). No aportan información del parque de material rodante ferroviario, kms recorridos y consumo de energía eléctrica.*

01. Estimación de la actividad del transporte terrestre de viajeros

Movilidad Total Nacional 2019

VIAJEROS
millones

Vehículo	Urbano	Interurbano	Total	Urbano	Interurbano	Total
No Motorizado	11.084	0	11.084	49,7%	0,0%	39,5%
Motorizado	11.203	5.775	16.978	50,3%	100,0%	60,5%
Turismo	7.872	4.324	12.196	35,3%	74,9%	43,5%
Motocicleta y ciclomotor	150	82	232	0,7%	1,4%	0,8%
Autobús y autocar	1.832	731	2.563	8,2%	12,7%	9,1%
Otros	75	0	75	0,3%	0,0%	0,3%
Tren Eléctrico	1.276	473	1.748	5,7%	8,2%	6,2%
Tren Diésel	0	165	165	0,0%	2,9%	0,6%
Total	22.287	5.775	28.062	100,0%	100,0%	100,0%

TABLA 03 Viajeros en España 2019 por ámbito de desplazamiento y tipología de vehículo (millones)

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

Demanda Total Nacional 2019

VIAJEROS-KM
millones

Vehículo	Urbano	Interurbano	Total	Urbano	Interurbano	Total
No Motorizado	9.904	0	9.904	4,2%	0,0%	1,5%
Motorizado	223.122	409.219	632.341	95,8%	100,0%	98,5%
Turismo	163.880	342.005	505.885	70,3%	83,6%	78,8%
Motocicleta y ciclomotor	14.294	5.245	19.540	6,1%	1,3%	3,0%
Autobús y autocar	37.135	33.250	70.384	15,9%	8,1%	11,0%
Otros	132	0	132	0,1%	0,0%	0,0%
Tren Eléctrico	7.681	23.358	31.039	3,3%	5,7%	4,8%
Tren Diésel	0	5.361	5.361	0,0%	1,3%	0,8%
Total	233.026	409.219	642.245	100,0%	100,0%	100,0%

TABLA 04 Viajeros-km en España 2019 por ámbito de desplazamiento y tipología de vehículo (millones)

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

Oferta Total Nacional 2019

VEHICULOS-KM
millones

Vehículo	Urbano	Interurbano	Total	Urbano	Interurbano	Total
No Motorizado	9.904	0	9.904	6,5%	0,0%	2,7%
Motorizado	142.359	209.013	351.372	93,5%	100,0%	97,3%
Turismo	125.223	203.817	329.040	82,2%	97,5%	91,1%
Motocicleta y ciclomotor	14.294	3.643	17.937	9,4%	1,7%	5,0%
Autobús y autocar	2.402	1.369	3.771	1,6%	0,7%	1,0%
Otros	132	0	132	0,1%	0,0%	0,0%
Tren Eléctrico	308	146	454	0,2%	0,070%	0,1%
Tren Diésel	0	39	39	0,0%	0,019%	0,0%
Total	152.262	209.013	361.275	100,0%	100,0%	100,0%

TABLA 05 Vehículos-km en España 2019 por ámbito de desplazamiento y tipología de vehículo (millones)

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

02. Estimación del consumo energético en tracción del transporte terrestre de viajeros

Consumo energético Total Nacional 2019

TJ

Vehículo	Urbano	Interurbano	Total	Urbano	Interurbano	Total
No Motorizado	0	0	0	-	-	-
Motorizado	444.835	443.132	887.967	100,00%	100,00%	100,00%
Turismo	382.711	412.793	795.504	86,03%	93,15%	89,59%
Motocicleta y ciclomotor	19.463	6.680	26.143	4,38%	1,51%	2,94%
Autobús y autocar	39.896	11.727	51.623	8,97%	2,65%	5,81%
Otros	0	0	0	-	-	-
Tren Eléctrico	2.764	8.967	11.731	0,62%	2,02%	1,32%
Tren Diésel	0	2.965	2.965	0,00%	0,67%	0,33%
Total	444.835	443.132	887.967	100,00%	100,00%	100,00%

TABLA 06 Consumo energético en tracción del transporte terrestre de viajeros en España 2019 (TJ)

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

03. Estimación de la emisiones GEI en tracción del transporte terrestre de viajeros

Emisiones GEI Total Nacional 2019

kT CO2-eq

Vehículo	Urbano	Interurbano	Total	Urbano	Interurbano	Total
No Motorizado	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
Motorizado	31.362	30.648	62.010	100,00%	100,00%	100,00%
Turismo	27.272	29.098	56.371	86,96%	94,94%	90,91%
Motocicleta y ciclomotor	1.467	503	1.969	4,68%	1,64%	3,18%
Autobús y autocar	2.624	823	3.446	8,37%	2,68%	5,56%
Otros	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
Tren Eléctrico	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
Tren Diésel	0	224	224	0,00%	0,73%	0,36%
Total	31.362	30.648	62.010	100,00%	100,00%	100,00%

TABLA 07 Emisiones GEI en tracción del transporte terrestre de viajeros en España 2019 (kT CO2-eq)

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

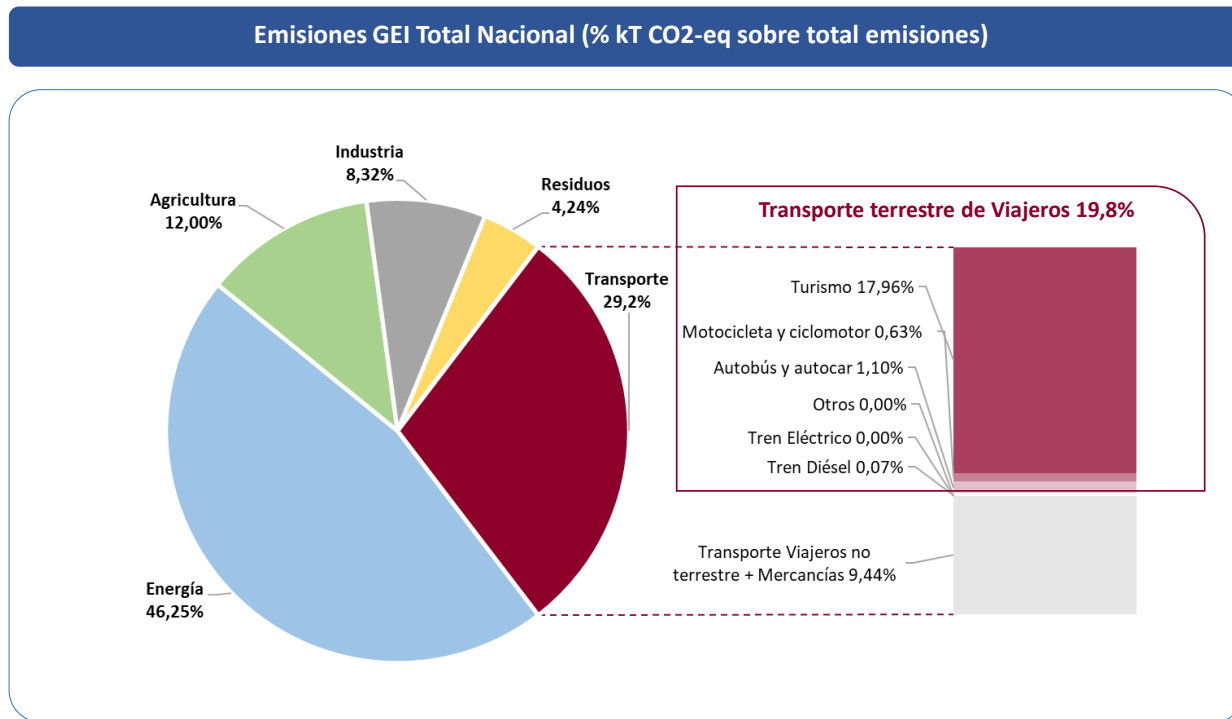


FIGURA 03 Emisiones GEI en tracción del transporte terrestre de viajeros en España 2019 (% kT CO₂-eq sobre total nacional)

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

04. Ratios de eficiencia

Consumo y emisiones GEI por unidad de oferta de transporte

Vehículo	TJ / millones vehículos-km			kT CO2-eq / millones vehículos-km		
	Urbano	Interurbano	Total	Urbano	Interurbano	Total
No Motorizado	0,0	-	0,0	0,00	-	0,00
Motorizado	3,1	2,1	2,5	0,22	0,15	0,18
Turismo	3,1	2,0	2,4	0,22	0,14	0,17
Motocicleta y ciclomotor	1,4	1,8	1,5	0,10	0,14	0,11
Autobús y autocar	16,6	8,6	13,7	1,09	0,60	0,91
Otros	0,0	-	0,0	0,00	-	0,00
Tren Eléctrico	8,9	61,3	25,7	-	-	-
Tren Diésel	-	75,9	75,9	-	5,74	5,74
Media	2,9	2,1	2,5	0,21	0,15	0,17

TABLA 08 Consumo y emisiones GEI en tracción del transporte terrestre de viajeros en España 2019 referidos a unidad de oferta de transporte

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

Consumo y emisiones GEI por unidad de demanda de transporte

Vehículo	TJ / millones viajeros-km			kT CO ₂ -eq / millones viajeros-km		
	Urbano	Interurbano	Total	Urbano	Interurbano	Total
No Motorizado	0,000	-	0,000	0,000	-	0,000
Motorizado	1,994	1,083	1,404	0,141	0,075	0,098
Turismo	2,335	1,207	1,572	0,166	0,085	0,111
Motocicleta y ciclomotor	1,362	1,273	1,338	0,103	0,096	0,101
Autobús y autocar	1,074	0,353	0,733	0,071	0,025	0,049
Otros	0,000	-	0,000	0,000	-	0,000
Tren Eléctrico	0,360	0,384	0,378	-	-	-
Tren Diésel	-	0,553	0,553	-	0,042	0,042
Media	1,909	1,083	1,383	0,135	0,075	0,097

TABLA 09 Consumo y emisiones GEI en tracción del transporte terrestre de viajeros en España 2019 referidos a unidad de demanda de transporte

FUENTE Estimación propia a partir de diversas fuentes (MITMA, MITECO, MINTER, Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid)

01. Claves del sistema de transporte terrestre de viajeros

La movilidad en España alcanza **28.000 millones viajeros** urbanos e interurbanos, de los cuales 17.000 se realizan en modos motorizados y 11.000 en modos activos (andando y bicicleta). (Tabla 3). El transporte motorizado demanda **887.000 TJ** de energía para impulsar los vehículos y provoca **62.000 kt CO₂-eq de GEI**. (Tablas 6 y 7)

Al relacionar la demanda de los modos motorizados de transporte con el consumo de energía y las emisiones GEI, puede deducirse la siguiente idea clave:

El **transporte público** (autobuses, autocares y trenes) atiende más del **16%** de la **demanda urbana e interurbana**, mientras que los niveles de **consumo y emisiones GEI** son sensiblemente inferiores, por debajo de **6%**, lo que pone de manifiesto su eficiencia energética y ambiental.

Si incorporamos la componente económica para valorar el transporte terrestre más allá del empleo y el PIB, se puede concluir:

El **transporte terrestre** (público más privado) es responsable del **19,7%** de las emisiones **GEI** pero **gracias a su funcionamiento se sostiene la economía del país**. Tengamos en cuenta que si se redujera el transporte a lo esencial, como sucedió en los primeros meses del estado de alarma de 2020, la economía caería del orden del **20% del PIB nacional** (253.000 millones de euros).

02. Sobre el ámbito espacial donde se producen las emisiones

Ha sido necesario desagregar los datos macro para precisar el ámbito espacial en el que se produce la actividad del transporte (Tablas 3, 4, 6 y 7)), deduciéndose de las estimaciones realizadas:

- La **movilidad urbana** representa el **79%** de los **viajeros totales**, si bien al ser desplazamientos más cortos que los interurbanos, su peso se reduce a **36%** en términos **viajero-km**.
- Al analizar el **consumo energético**, se aprecia que un **50%** se produce en **ámbito urbano**, peso muy similar si nos referimos a las **emisiones GEI**.

Podemos concluir que en **ámbito urbano se produce una movilidad 4 veces superior a la interurbana**, pero al considerar la longitud recorrida (desplazamientos más cortos) y la ocupación de los vehículos (menos pasajeros por vehículo), el **consumo energético se equipara**. Esta evidencia justifica **plantear recomendaciones en ámbitos interurbanos**, ya que las políticas públicas tienden mayoritariamente a focalizarse en las ciudades.

03. Sobre el papel de los transportes públicos y privados

Los transportes públicos y privados representan **60% de la movilidad total** y más del **98% de los viajeros-km** (Tablas 3, 4 y 7), cada uno desempeñado una función específica:

- El **transporte público** atiende **16,6% de los viajero-km** y su peso en las emisiones totales **GEI** es **1,17%**.
- El **transporte privado** atiende **81,8% de los viajero-km** y causa **18%** de las emisiones totales **GEI**.

Los **modos activos** o no motorizados (andando y bicicleta) representan un **1,5% de los viajero-km**.

Comparando ambos sistemas, podemos concluir que el transporte privado canaliza una demanda 5 veces superior al transporte público pero provoca emisiones GEI hasta 18 veces mayor, por lo que resulta esencial **desplegar políticas de transferencia modal hacia el transporte público si se pretende lograr un sistema más eficiente**.

04. Sobre el papel que juegan el autobús y el tren

El análisis del papel del transporte público debe abordarse diferenciando los servicios ferroviarios prestados con maquinaria eléctrica y diésel frente al autobús (Tablas 3, 4 y 7), en su mayoría diésel, concluyendo:

- El **autobús** se ocupa de **66 % de los viajero-km** del transporte público y su **peso en las emisiones totales GEI es solo 1,1%**
- **Corresponde al tren** un nivel de emisiones equivalente al **0,07%** del total nacional.
- Si se desagrega el **tren en eléctrico y diésel**, se observa que el reparto de viajeros-km es 85/15 y en las emisiones 0/100.

Comparando los dos modos públicos se aprecia que el autobús atiende una demanda 2 veces superior al tren pero las emisiones GEI equivalen a 15 veces, debido principalmente a que el grueso del transporte ferroviario de pasajeros utiliza tracción eléctrica, aunque si incorporamos el coste de las inversiones de cada modo se obtendrían resultados en los que el autobús es más eficiente.

Por ello es **fundamental analizar los datos del tren según su tracción para observar en qué condiciones el autobús puede ser más eficiente o bien ser complementario**.

Por otro lado, debe considerarse la **emisión producida en la generación de electricidad** para no infraestimar la emisión real, así como considerar las fuertes **inversiones** que comporta la infraestructura ferroviaria electrificada.

05. Sobre la eficiencia energética de cada modo de transporte

El análisis de la eficiencia de cada modo de transporte debe referirse a la unidad de demanda (viajero-km), dado que si la referimos a oferta (vehículos-km), podríamos afirmar equivocadamente que un vehículo eléctrico vacío es más eficiente que uno con motor de combustión con alta ocupación (*Tabla 9*). En este sentido, concluimos:

- En **ámbito urbano**, el **transporte privado** presenta una ratio de **2,26** TJ / millón viajero-km, muy superior al **transporte público**, situado entre **1,07** (autobús) y **0,36** (tren).
- En **ámbito interurbano**, el **transporte privado** alcanza ratios de **1,20** TJ / millón viajero-km mientras el transporte público presenta diferencias: **autobús y tren** eléctrico consumen del orden de **0,35-0,38** TJ / millón viajeros-km mientras en el **tren diésel** se acerca a **0,55**.

Puede concluirse por tanto que en ámbito urbano el tren presenta el mayor nivel de eficiencia, 8 veces superior al transporte privado y 3 veces respecto del autobús. En ámbito interurbano, autobús y tren eléctrico son equivalentes en términos de energía consumida por viajero-km, mientras el tren diésel es claramente menos eficiente.

Por ello, y reforzando la afirmación realizada con anterioridad, resulta conveniente **reequilibrar la presencia de los modos de transporte público** con el fin de lograr la **mayor eficiencia energética** posible que, de forma aislada o sectorial, podría llevar a situaciones de clara ineficiencia, incorporando estudios coste/beneficio en la toma de decisiones.

06. Sobre la eficiencia en las emisiones GEI de cada modo de transporte

Al analizar la eficiencia de las emisiones GEI (*Tabla 9*), se ponen de manifiesto otras situaciones muy clarificadoras del papel específico que juega cada modo y cada tipología de vehículo. En efecto:

- En **ámbito urbano**, el **transporte privado** presenta una ratio de **0,16** kT CO₂-eq / millón viajero-km, mientras que el **autobús** se sitúa en **0,07**. Debido a que el transporte ferroviario urbano está electrificado (Metro, Metro Ligero y Tranvía), el tren no genera emisiones GEI en la rodadura.
- En **ámbito interurbano**, el **transporte privado** presenta ratios de **0,08** kT CO₂-eq / millón viajeros-km, el **autobús 0,02** mientras que el **tren depende de la energía de tracción** ya que los trenes diésel se sitúan en 0,04 siendo 0 para trenes eléctricos.

Podemos concluir que en ámbito urbano el tren eléctrico es el más eficiente al no producir emisiones directas mientras el autobús presenta niveles del orden de 2 veces respecto al transporte privado. En cuanto al transporte interurbano, el tren eléctrico es el más eficiente, siendo el autobús más limpio en emisiones por viajero-km que el transporte privado y el tren diésel. No obstante, debería contabilizarse la emisión en la generación de energía (pozo a tanque) a efectos de medir la emisión total.

Como consecuencia de esta comparación, el **autobús** está llamado a jugar un papel fundamental para **reducir las emisiones** allí donde las **líneas ferroviarias no electrificadas y de débil tráfico** no logren eficiencia similar a la del autobús

01. Sobre los datos de movilidad, energía y emisiones

Proponemos desarrollar las siguientes acciones para mejorar la precisión de los resultados y permitir una monitorización interanual:

- Creación de un **observatorio de movilidad urbana** que permita conocer el volumen diario o estacional de desplazamientos, su distribución modal y la distancia real de desplazamiento.
- Publicación de los datos de **consumo energético y emisiones GEI** de los servicios de **transporte ferroviario interurbano de viajeros**, con desagregación por energía de tracción y tipo de servicio.

02. Sobre estrategias de autocontrol de emisiones

Algunas medidas de implantación relativamente ágil en el transporte profesional (carretera y ferrocarril) pueden ser:

- Medición de la **huella de carbono**
- Constitución de **fondos de compensación**

03. Sobre estrategias de eficiencia en ámbito urbano

Con el propósito de reducir el consumo de energía y las emisiones en ámbitos urbanos, sugerimos potenciar el transporte público por su mayor eficiencia respecto al transporte privado:

- En **ciudades y áreas metropolitanas** debe articularse la movilidad sobre una red eficiente de transporte en autobús de media y alta capacidad, insertando el **tren** (ligero, Metro, Cercanías), siempre que se rentabilice financiera, social y ambientalmente los costes de inversión por la atracción de demanda desde el automóvil.
- En **ciudades de tamaño medio** tiene mayor lógica disponer redes de transporte exclusivamente en **autobús** dado que requiere inversiones inferiores y se despliegan en menor tiempo.
- Sobre el autobús, la **clave** está en lograr **tiempos más competitivos y aumentar su disponibilidad** -realmente las dos cualidades más alejadas respecto del automóvil-, ya que las palancas precio, información y comodidad están, en general, bien resueltas.

Para ello habría que trabajar **aumentando la velocidad de circulación y la frecuencia**, mediante un aumento de la flota, validación de títulos de transporte en parada y medidas de prioridad de circulación (carril reservado y prioridad en cruces).

- Sobre el **transporte privado**, puede actuarse estableciendo **zonas de bajas inmisiones (ZBI)** con el fin de mejorar la calidad del aire donde los niveles no cumplan la normativa, a diferencia de las zonas de bajas emisiones (ZBE) que son restrictivas *per se* y en las que se puede dar la paradoja de reducir emisiones en espacios urbanos que no presentan niveles elevados de contaminación. Complementariamente, puede actuarse promoviendo una mayor ocupación y el despliegue de vehículos de baja o cero emisiones.

04. Sobre estrategias de eficiencia en ámbito interurbano

Con el propósito de reducir el consumo y las emisiones en ámbitos interurbanos, sugerimos las siguientes estrategias:

- En **corredores interurbanos de baja movilidad** y en **territorios de movilidad dispersa**, se propone **priorizar los servicios de autobús** frente a trenes de tracción diésel, ya que electrificar los servicios ferroviarios implica no solo adquirir nuevo material rodante sino construir infraestructura e instalaciones para el suministro de fluido eléctrico, requerimientos que derivan en elevadísimos costes de inversión.

En efecto, sin necesidad de cambiar la motorización del autobús diésel, se lograría reducir el consumo y las emisiones gracias a la mayor eficiencia por viajero-km respecto del tren diésel.

- En **corredores interurbanos que conectan ciudades de tamaño mediano y poblaciones clave**, debería promoverse una movilidad que sea neutra fiscalmente y eficiente desde el punto de vista de inversión y mantenimiento, dejando espacio para relaciones en régimen de competencia entre modos y operadores siempre que la demanda lo justifique.

05. Sobre estrategias específicas para la transición energética

Proponemos desarrollar algunas palancas que ayudan a realizar una transición energética viable y proporcionada al impacto esperado, como puede ser:

- **Despliegue progresivo del automóvil eléctrico**, particularmente en ámbitos urbanos e interurbanos donde deberían crearse redes de recarga ultrarrápida.
- **Renovación del parque** de autobuses, sustituyendo las unidades más antiguas por vehículos diésel de última generación, sin necesidad de introducir nueva tecnología.
- Reducir el consumo energético mediante **nuevos motores** de alta eficiencia (EURO VII).
- Introducción de **vehículos de bajas emisiones** mediante motores aptos para biocombustibles.
- Establecer **cuantías de las subvenciones públicas para la renovación del parque** sin distinción del titular del servicio, evitando discriminar entre servicios públicos prestados mediante empresas públicas -o privadas con reversión de material- y cualquier otro servicio privado de transporte.