

Organizado por:



# II FORO

## 'Transición energética y sostenibilidad del transporte'



**Fecha**  
29 Septiembre 2026



**Hora**  
09:00h - 14:00h



**Lugar**  
Pabellón Puente  
Zaha Hadid  
Av. de Ranillas, s/n  
50018 Zaragoza

IMPULSANDO UNA MOVILIDAD SEGURA,  
CONECTANDO ENERGÍA, TRANSPORTE E INNOVACIÓN  
PARA CONSTRUIR LA MOVILIDAD DEL FUTURO.

Con la colaboración de:



# EL TRANSPORTE ANTE LA ENCRUCIJADA ENERGÉTICA

**Prof. Alberto Camarero Orive**  
**Universidad Politécnica de Madrid**



El transporte ante la encrucijada energética

**1. GEOPOLÍTICA DE LA ENERGÍA**

**2. ESTADO ACTUAL**

**3. CUELLOS DE BOTELLA ENERGÉTICOS**

**4. MODELOS DE ÉXITO INTERNACIONAL**

**5. ESTRATEGIAS Y MULTIMODALIDAD EFICIENTE**



**POLITÉCNICA**



El transporte ante la encrucijada energética

# 1. GEOPOLÍTICA DE LA ENERGÍA

---



POLITÉCNICA



# ESTRATEGIA DE SEGURIDAD ENERGÉTICA NACIONAL

2015



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

PRESIDENCIA  
DEL GOBIERNO

# OBJETIVOS Y LÍNEAS ESTRATÉGICAS

Entorno europeo:  
seguridad energética  
europea.

**Diversificación** del  
*mix* energético.

**Seguridad de  
abastecimiento.**

Fuentes autóctonas.

**Sostenibilidad**  
económica y  
ambiental.

**Seguridad** de las  
infraestructuras  
frente a accidentes y  
catástrofes naturales.

Seguridad frente a  
**ciberataques** y  
amenazas físicas.

**Seguridad en el  
transporte:** terrestre  
y marítimo.

# Transición energética y la geopolítica

**Cambio geopolítico** en el tablero internacional (**Diplomacia de los minerales críticos**): reordenamiento del mapa de import-export de energía, las cadenas de valor y los suministros y flujos comerciales.

Abandono de combustibles fósiles y desarrollo de renovables.

Nueva competencia entre países: materias primas críticas y estratégicas.

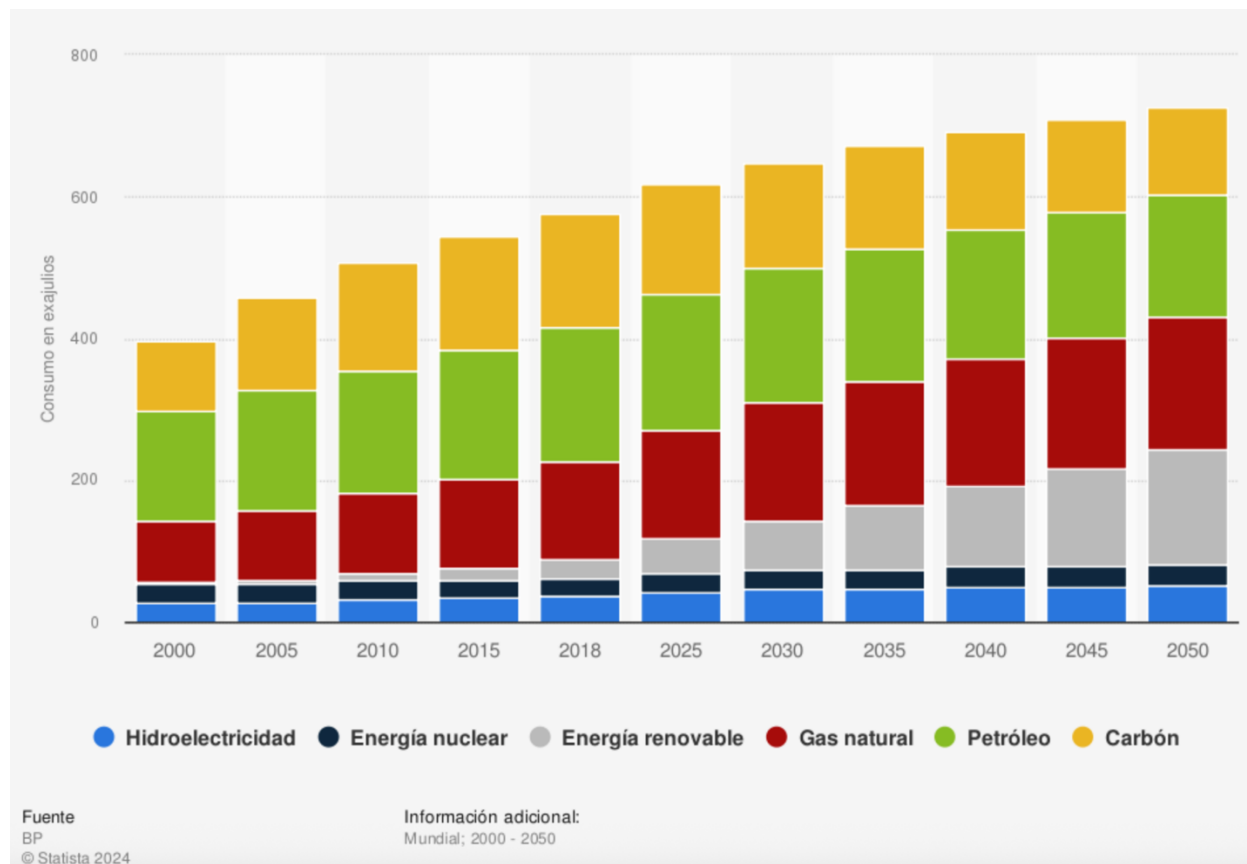
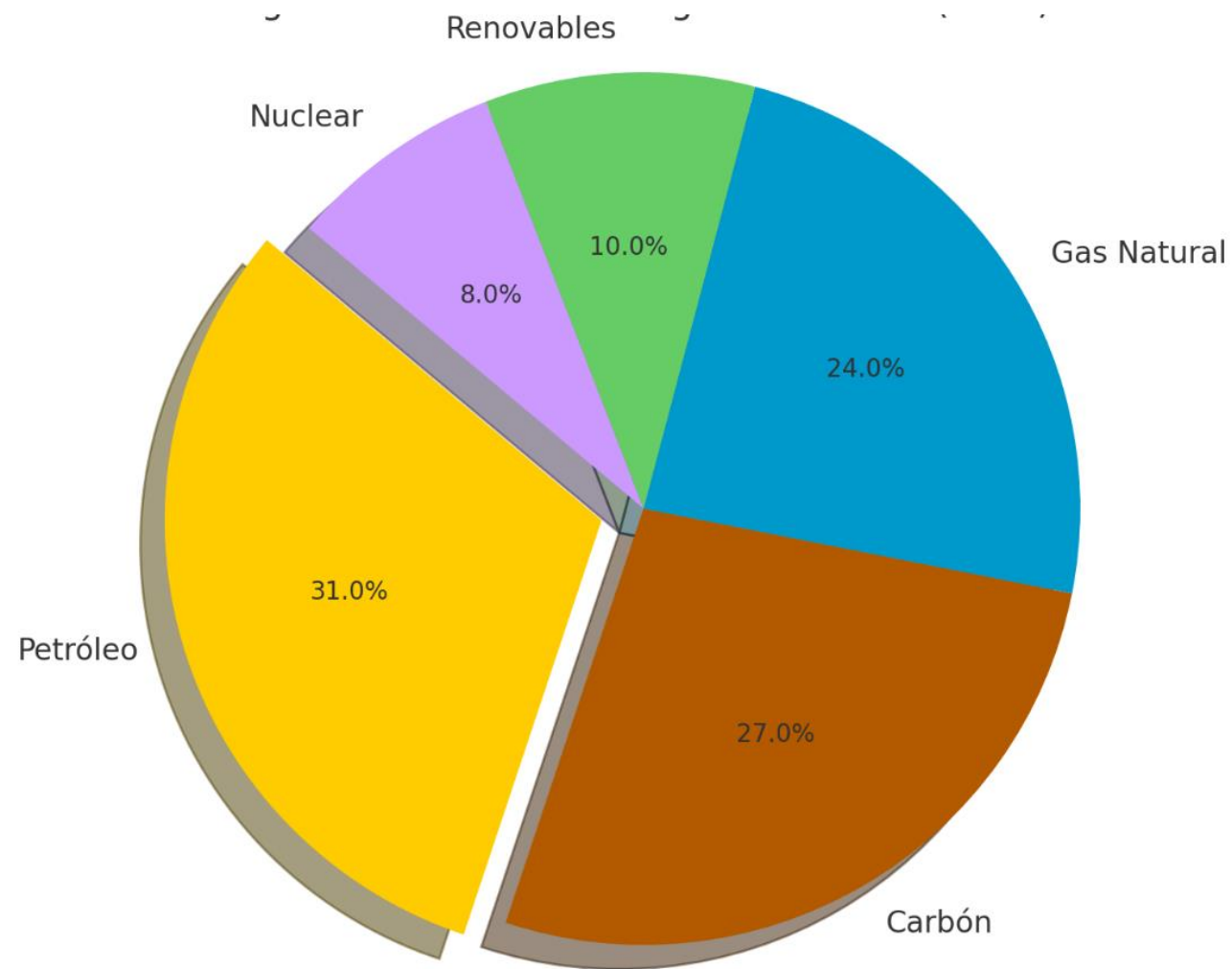
Cambios tecnológicos.

Control de recursos energéticos y sus rutas de suministro es hoy fundamental.

Posición de equilibrio de la UE.

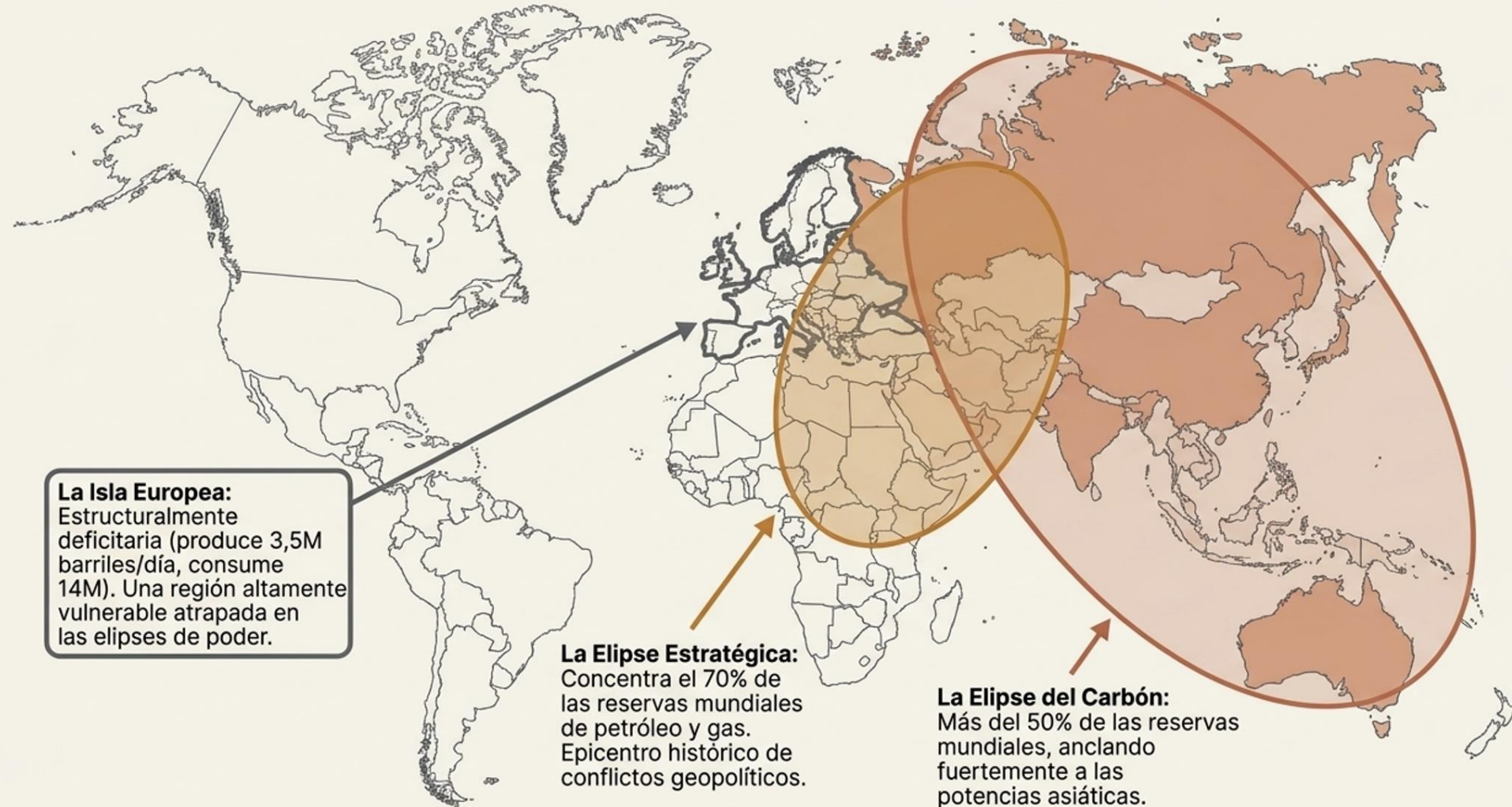
**“Hay que aumentar la seguridad energética en los procesos de transición energética”.**  
**(Secretario ejecutivo de la AIE)**

# CONTEXTO ENERGÉTICO MUNDIAL (600 ExJ)



**AÑO 2025    82% Combustibles fósiles**

# El Viejo Orden: La concentración geográfica del poder fósil



# La 'Otra' Transición: El desplazamiento tectónico del consumo

## +50% Crecimiento:

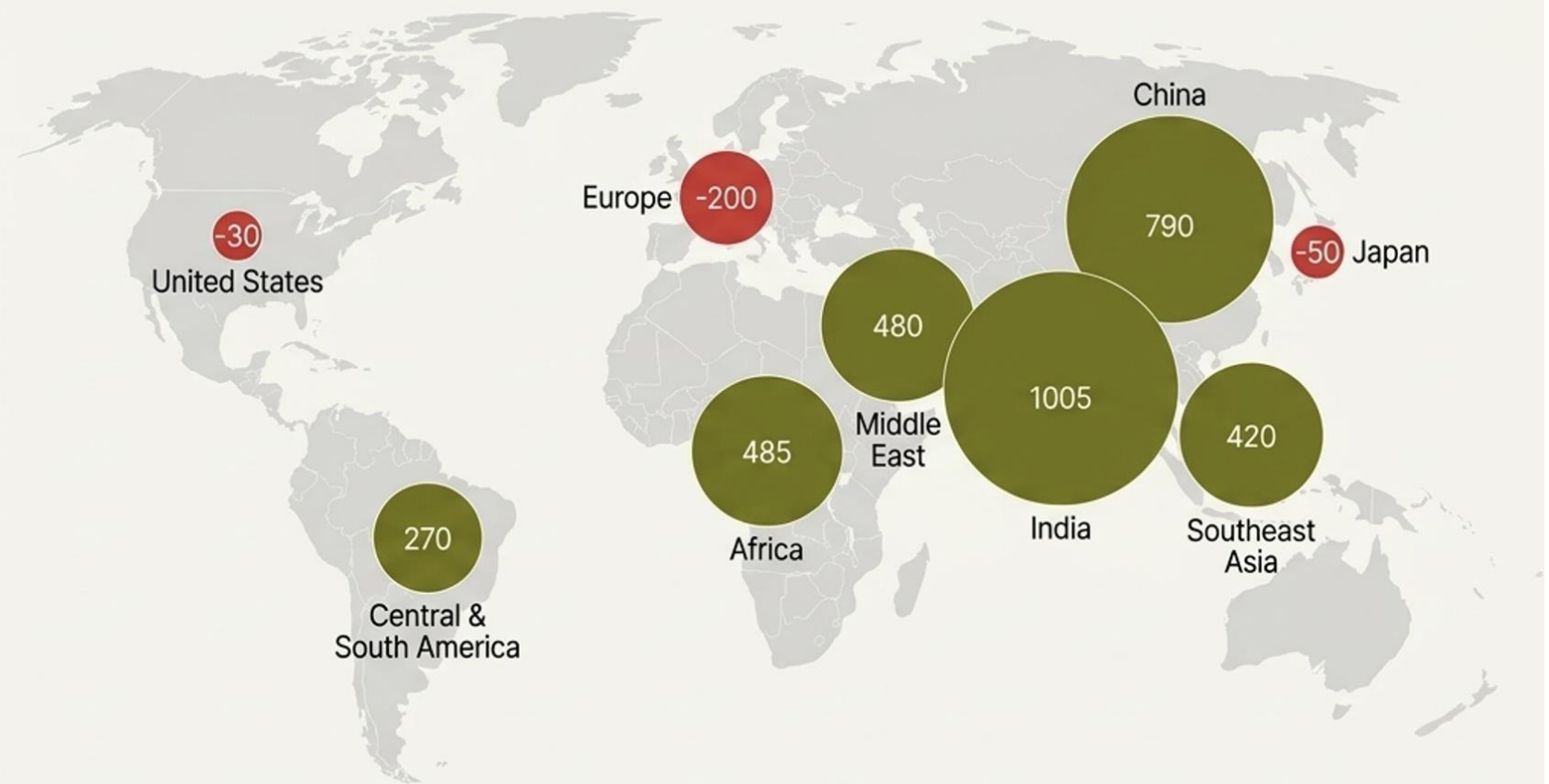
La demanda mundial de energía crecerá drásticamente entre 2020 y 2050, impulsada casi exclusivamente por el mundo en desarrollo.

## 70% del Futuro:

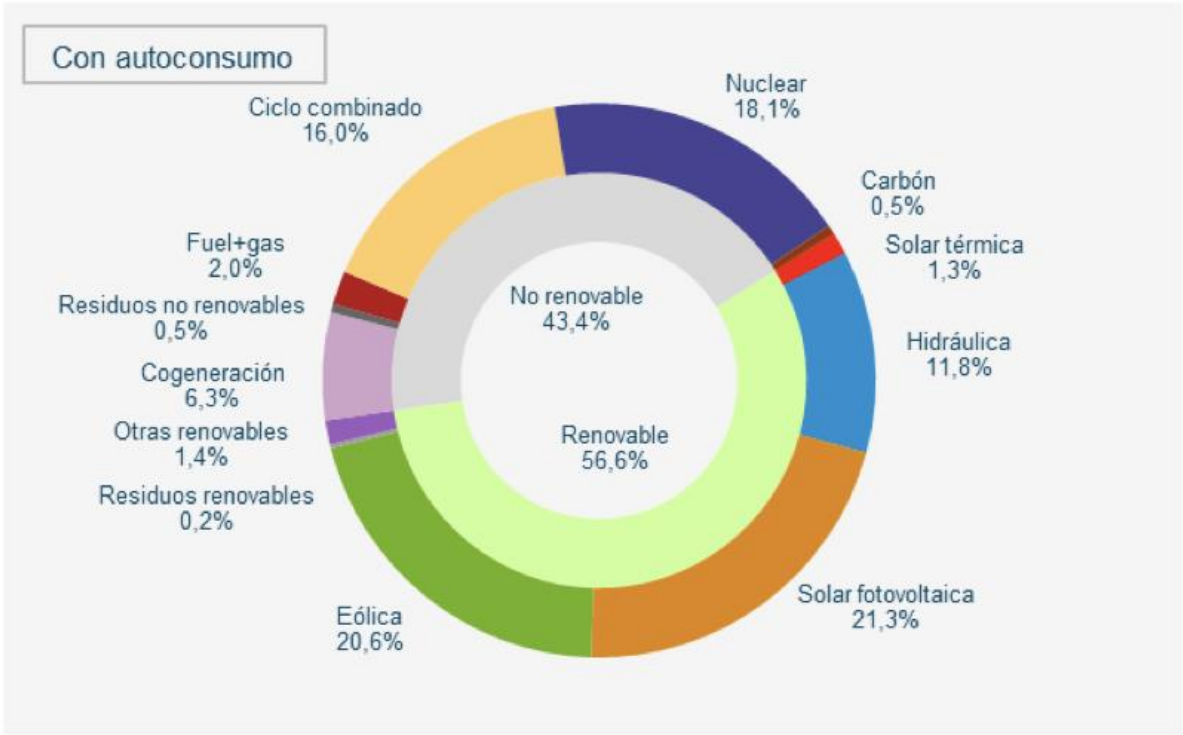
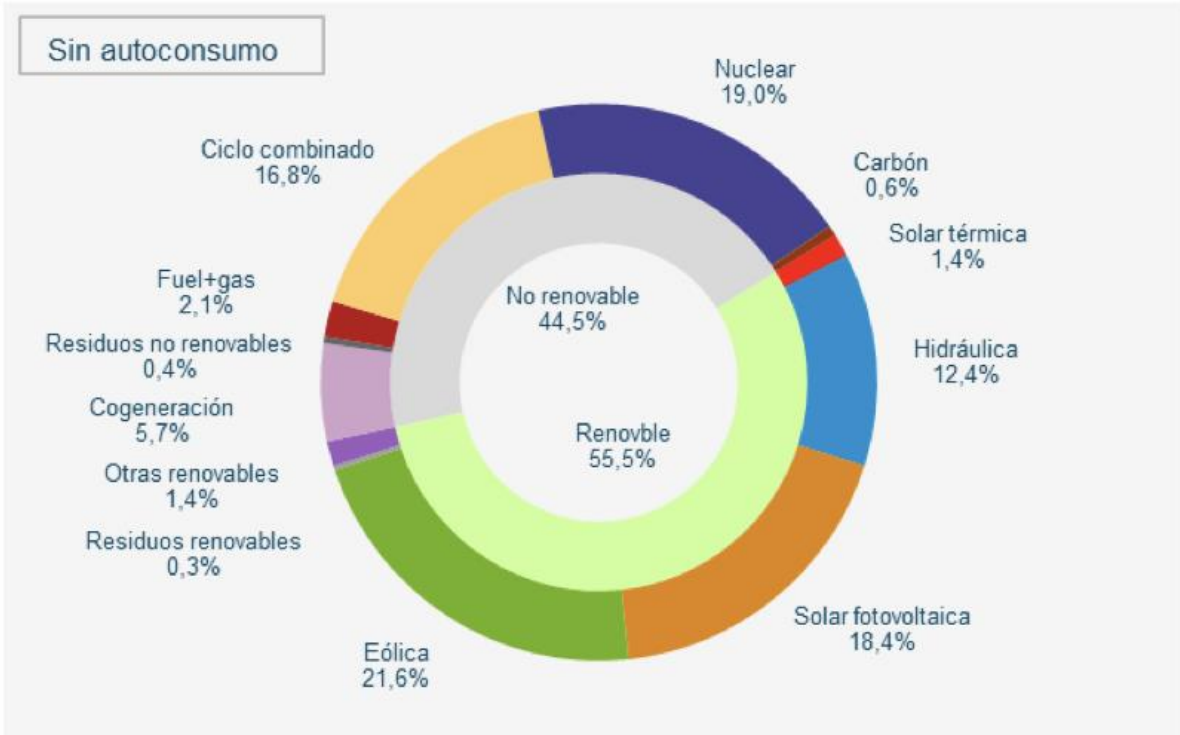
El 70% de toda la nueva demanda energética provendrá de países no pertenecientes a la OCDE.

## El Gran Contraste:

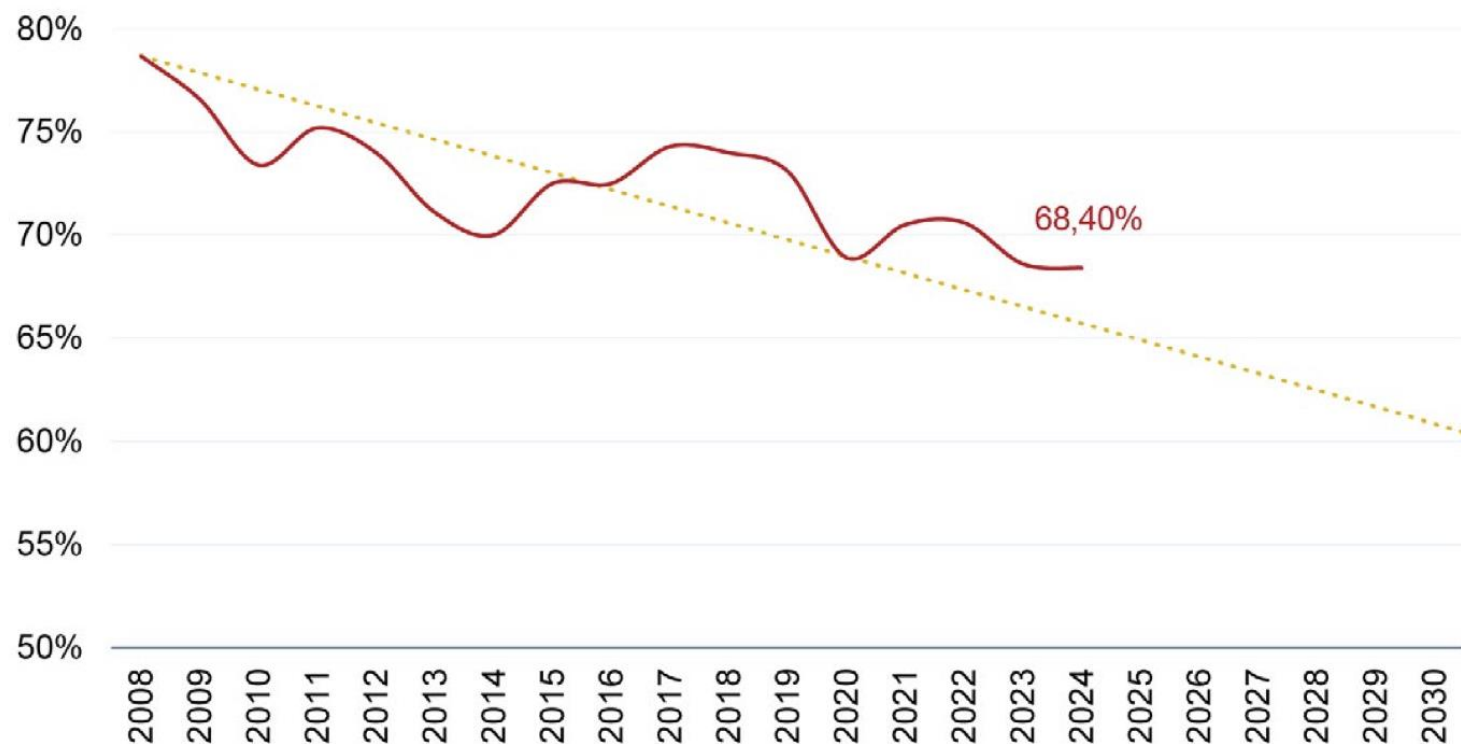
Mientras el Norte Global ve su demanda estancarse, la industrialización empuja al Sur Global al centro absoluto del escenario energético mundial.



# Estructura de generación de energía eléctrica nacional en 2025 (%)



# DEPENDENCIA ENERGÉTICA



Fuente: Ministerio para la Transición Energética y el Reto Demográfico

*Figura 14.2: Dependencia energética del exterior de España*

ENRICO LETTA

# MUCH MORE THAN A MARKET

**SPEED, SECURITY, SOLIDARITY**

Empowering the Single Market to deliver a sustainable

# The future of European competitiveness

Part A | A competitiveness strategy for Europe

SEPTEMBER 2024



COMMISSION  
EUROPEA

Bruselas, 26.2.2025  
COM(2025) 85 final

**COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL  
CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE  
LAS REGIONES**

**Pacto por una Industria Limpia: una hoja de ruta conjunta para la competitividad y la  
descarbonización**

El transporte ante la encrucijada energética

## 2. ESTADO ACTUAL

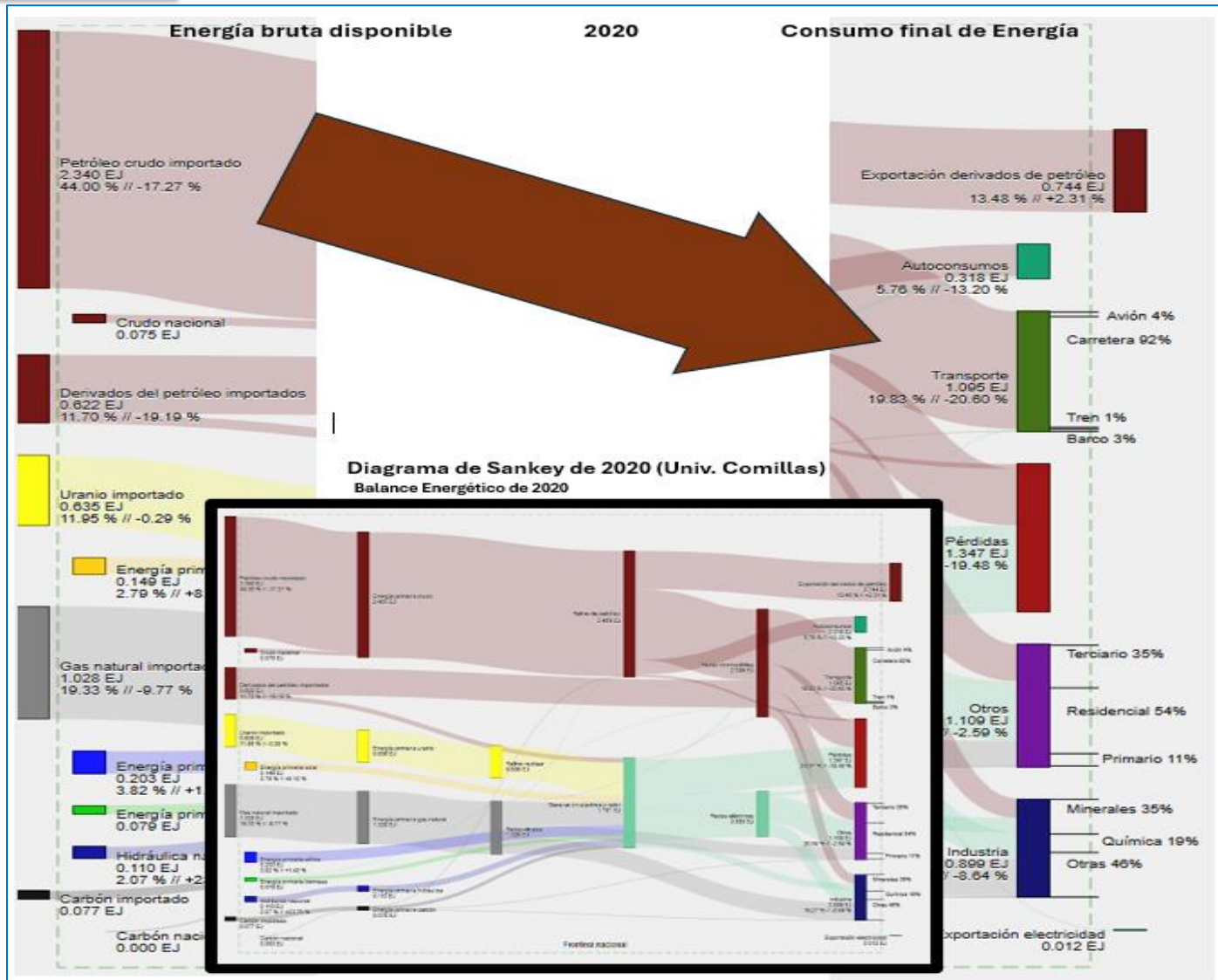
---



POLITÉCNICA



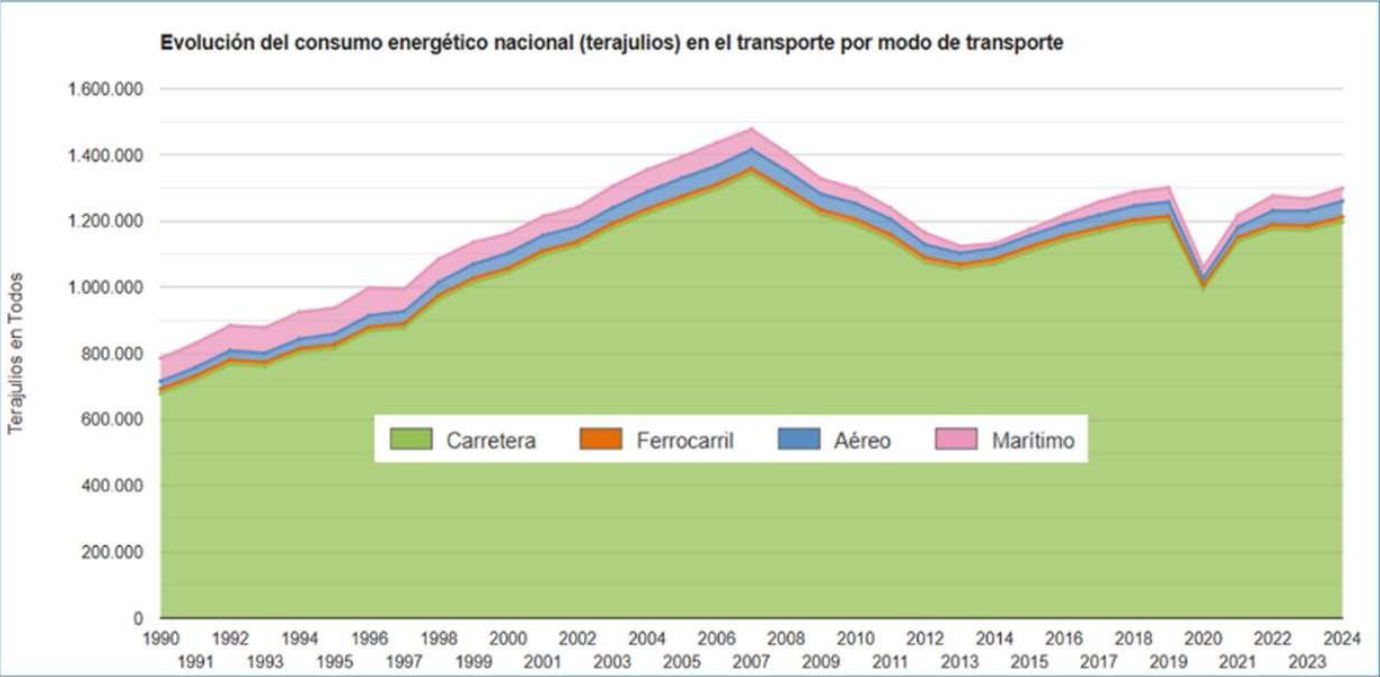
# España y la carretera: una doble dependencia



- España mantiene una elevada dependencia energética exterior, especialmente de productos petrolíferos y gas natural.
- El transporte concentra una parte esencial del consumo final y sigue estrechamente ligado al petróleo.
- La carretera afronta un doble desafío: descarbonizar y reducir la exposición energética exterior.

Figura 1. Diagrama de Sankey del balance energético de España. Fuente: Observatorio de la Energía en España ICA y elaboración propia.

# La carretera, núcleo del consumo energético del transporte



**41,2 %**  
del consumo final  
corresponde al  
**transporte**

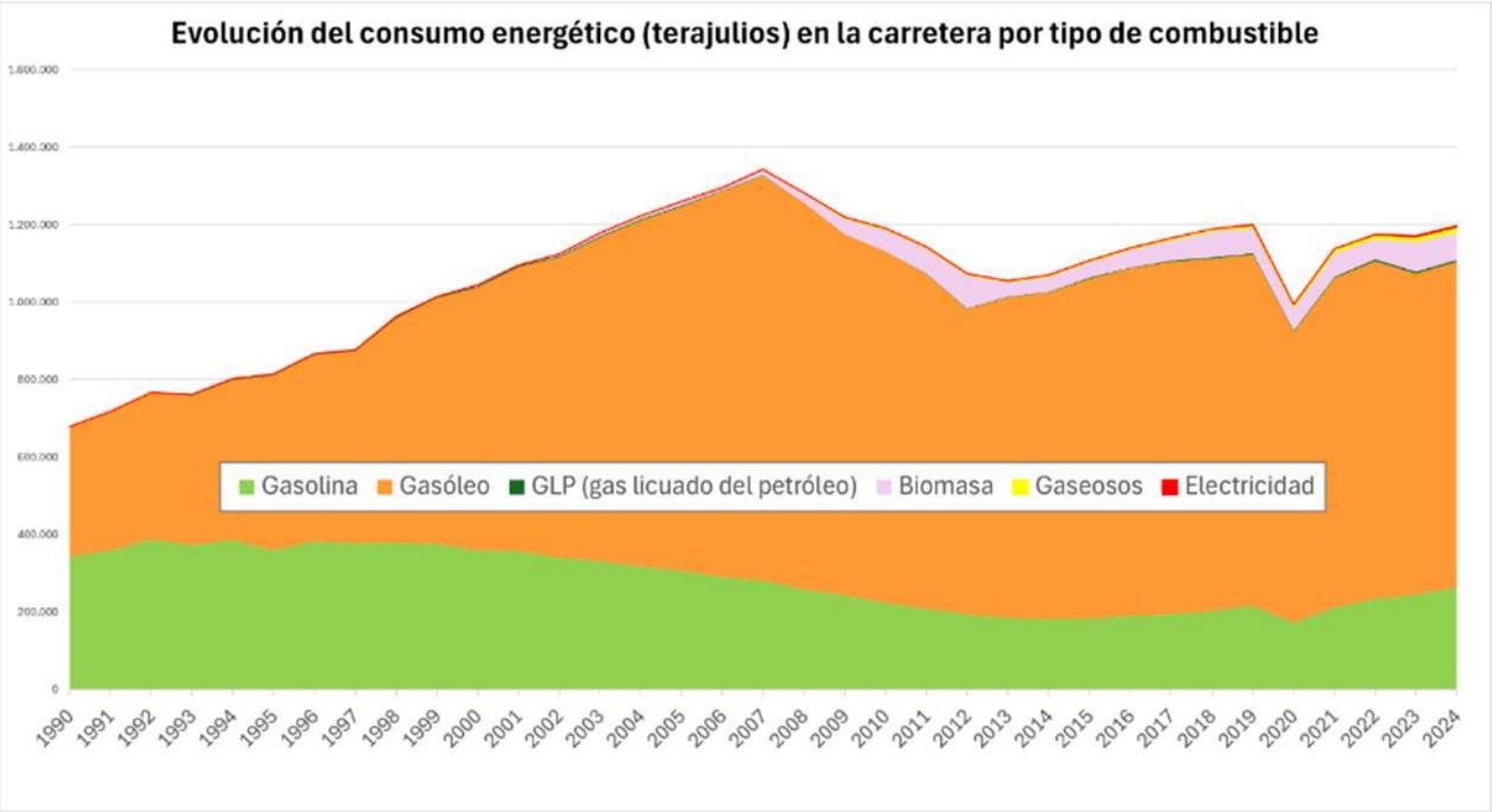
**87,9 %**  
de la energía  
del transporte  
corresponde  
a **carretera**

**36,2 %**  
del consumo  
final nacional  
es **carretera**

- En 2024, la carretera consume 28.903 ktep.
- Entre 1990 y 2024 determina prácticamente la trayectoria energética del transporte nacional.
- Cualquier reducción significativa de dependencia y emisiones exige actuar sobre este modo.

Figura 2. Evolución del consumo energético nacional en el transporte por modo. Fuente: OTLE.

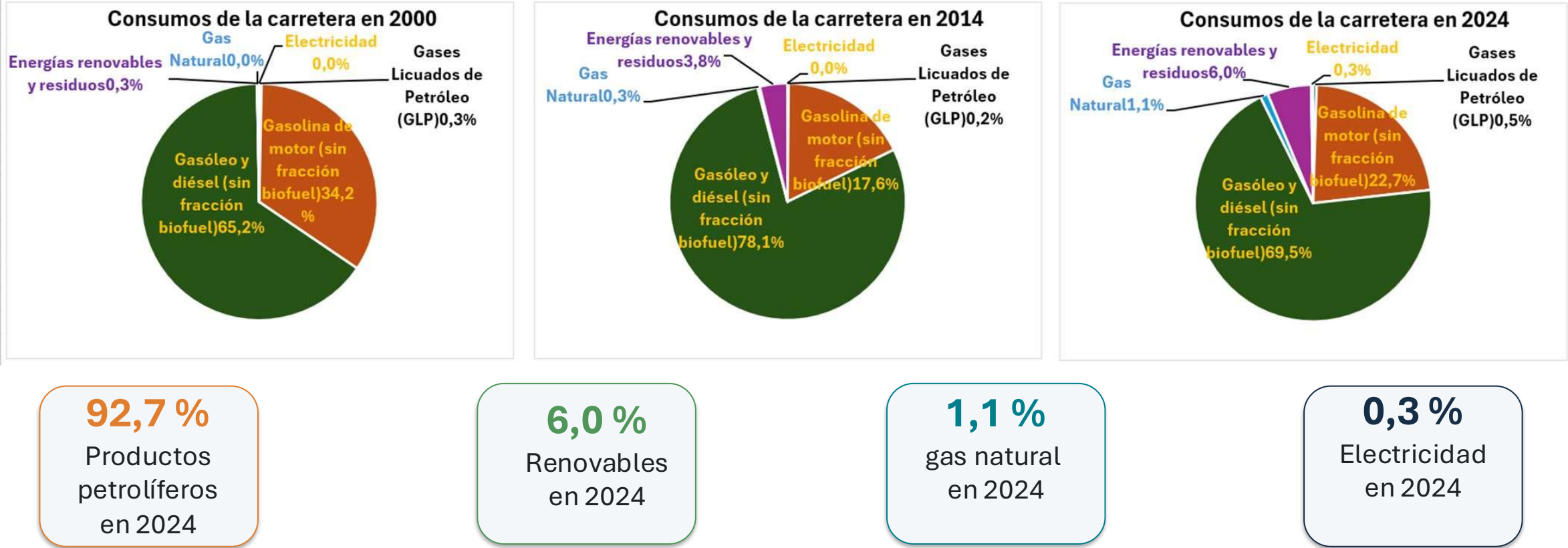
# Consumo de la carretera: del crecimiento a la diversificación



- Fuerte crecimiento hasta 2007, descenso hasta 2013 y recuperación posterior, con la ruptura excepcional de 2020.
- 2000–2014: dieselización de la carretera.
- Desde 2014: mayor diversificación, aunque gasolina y gasóleo siguen dominando ampliamente.

Figura 3. Evolución del consumo energético en la carretera por tipo de combustible. Fuente: OTLE y elaboración propia.

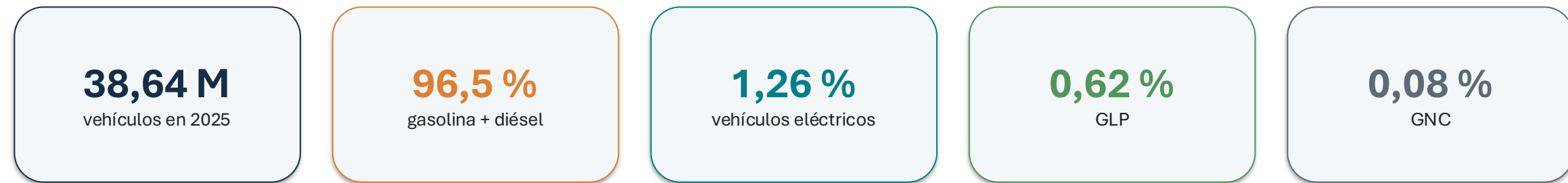
# 2000–2024: dieselización primero, diversificación después



- Gasóleo: 65,2 % → 78,1 % → 69,5 %.
- Gasolina: 34,2 % → 17,6 % → 22,7 %.
- La transición realizada hasta ahora se apoya más en combustibles renovables que en electricidad.

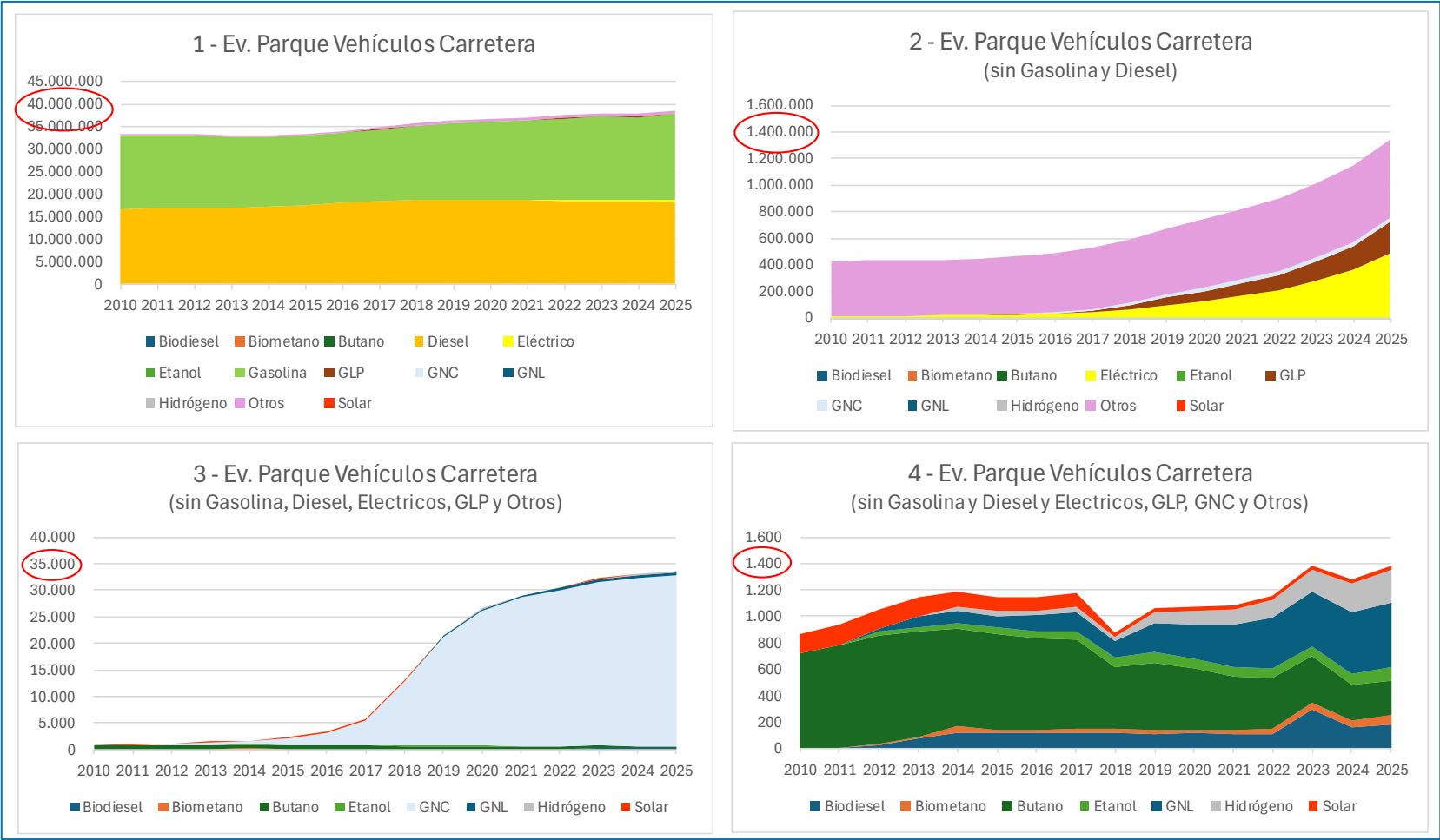
Figura 4. Estructura del consumo en 2000, 2014 y 2024. Fuente: MITECO y elaboración propia.

# El parque: casi 39 millones de vehículos y una fuerte inercia



- Entre 2010 y 2025 el parque aumenta de 33,36 a 38,64 millones de vehículos.
- Gasolina (49,32 %) y diésel (47,21 %) continúan definiendo la estructura del parque.
- El reto no es solo introducir nuevas tecnologías: es sustituir progresivamente una base enorme y todavía creciente.

# Las alternativas crecen, pero en escalas muy diferentes



Al retirar sucesivamente las tecnologías dominantes se hace visible una estructura fuertemente jerarquizada.

- Eléctricos y GLP lideran el crecimiento alternativo.
- GNC domina el siguiente nivel; GNL, hidrógeno y otras tecnologías siguen en escalas residuales.
- La diversificación avanza, pero todavía muy lejos de la escala de gasolina y diésel.

Figura 15. Evolución del parque por motorización, representación progresiva por escalas. Fuente: DGT y elaboración propia para MTI.

El transporte ante la encrucijada energética

### 3. CUELLOS DE BOTELLA ENERGÉTICOS

---



POLITÉCNICA



# Los cinco cuellos de botella

**3.1 Infraestructura de recarga**      Puntos · potencia · localización

**3.2 Capacidad de la red eléctrica**      Energía · potencia · conexión

**3.3 Mercado y costes**      CapEx · OpEx · volatilidad

**3.4 Gobernanza**      Competencias · permisos · plazos

**3.5 Productividad**      Carga útil · autonomía · paradas

# Infraestructura de recarga

4

Cobertura territorial y potencia disponible

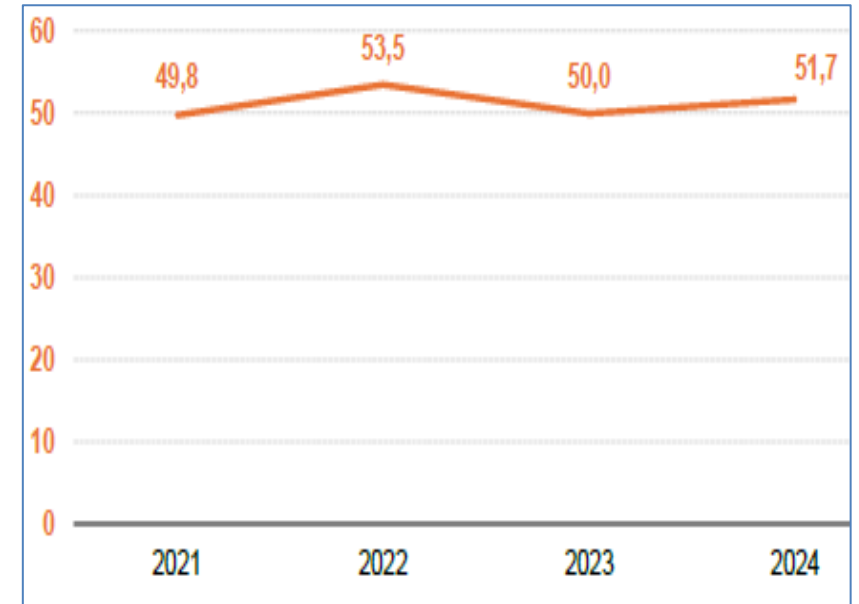
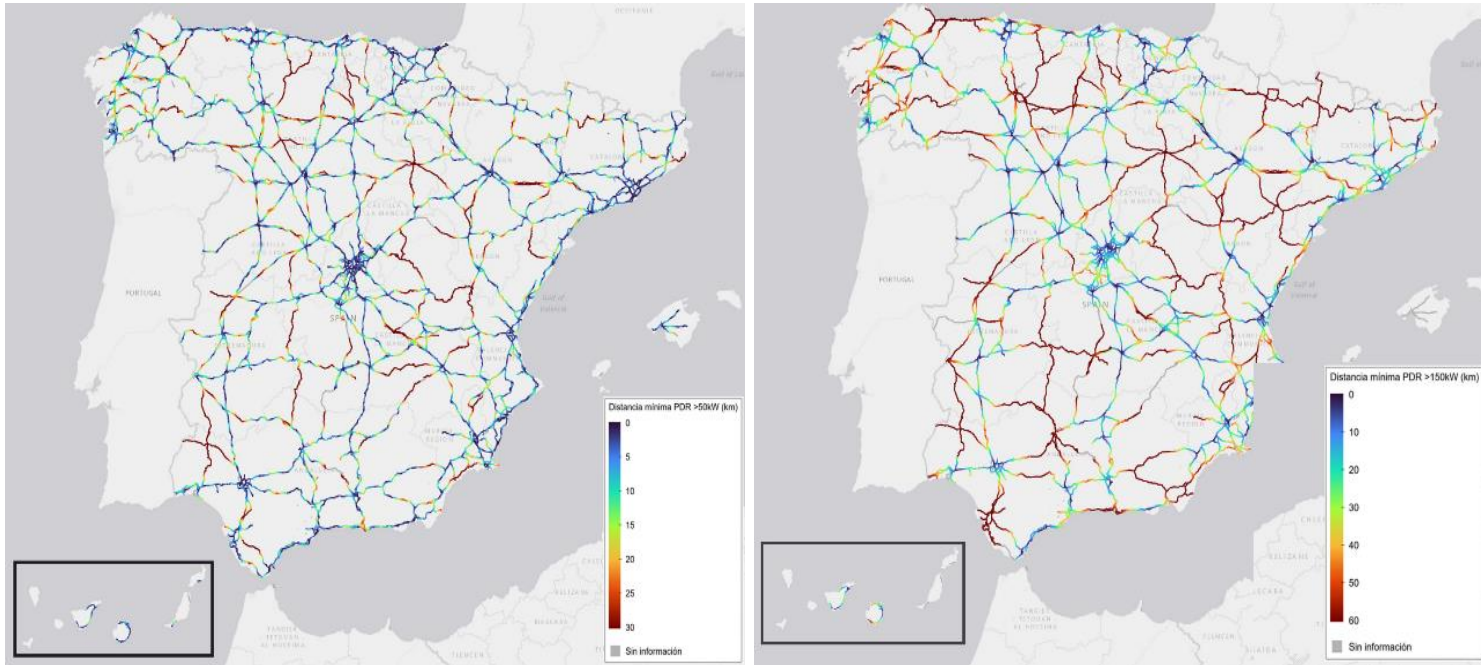


Fig. 2.3 · Potencia media por punto CPO

**La red ha crecido fundamentalmente en extensión; la potencia por punto apenas ha aumentado. El siguiente reto es disponer de más potencia allí donde se necesita.**

Fuente: CNMC, en «Estudio sobre la infraestructura de recarga de acceso público para VE».

# Capacidad de la red eléctrica

6

Energía anual  $\neq$  potencia media  $\neq$  potencia simultánea

**≈17 TWh/año  
energía estimada**

**≈1,94 GW  
potencia media**

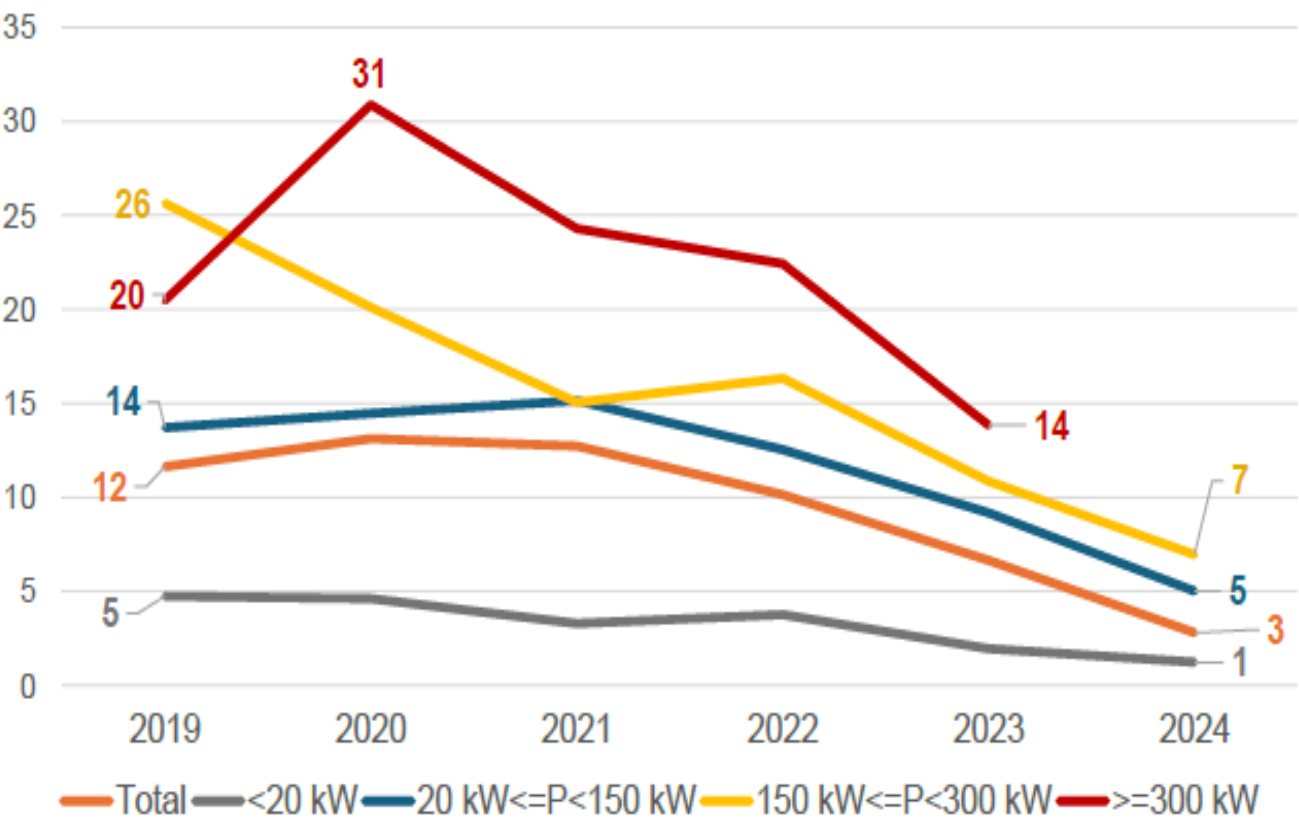
**4,07–12,21 GW  
simultaneidad ilustrativa**

- 10 % a 7,4 kW  $\rightarrow$  4,07 GW; 20 %  $\rightarrow$  8,14 GW; 30 %  $\rightarrow$  12,21 GW.
- La gestión inteligente puede desplazar parte de la demanda.
- El problema puede aparecer antes en la red local: una base logística puede necesitar varios MW en un único punto.

**El sistema puede disponer de energía suficiente en términos agregados y, al mismo tiempo, no disponer de capacidad suficiente en una ubicación concreta.**

# Capacidad de la red eléctrica

Acceso y conexión: solicitar potencia no equivale a tenerla operativa



29,1 %  
puesta en  
servicio

28,5 %  
desistimiento/cadu  
cidad

- 2024: <20 kW ≈ 1 mes.
- 20–150 kW ≈ 5 meses.
- 150–300 kW ≈ 7 meses.
- ≥ 300 kW: históricamente, mayores plazos.

La potencia condiciona también el coste, los refuerzos de red y el plazo de puesta en servicio.

Fig. 2.4. Plazo medio total (meses) desde la recepción de la solicitud de acceso y conexión hasta la puesta en servicio del punto de suministro  
Fuente: CNMC, en «Estudio sobre la infraestructura de recarga de acceso público para VE».

Una cadena secuencial de competencias puede convertirse en un cuello de botella

---



- La fricción administrativa cambia según el vector energético.
- Un retraso en una licencia o acometida puede invalidar el calendario de inversión o de ayudas.
- La ausencia de homogeneidad y coordinación aumenta la incertidumbre del proyecto.

**Mientras los niveles superiores fijan objetivos y calendarios, los niveles ejecutores deben materializarlos mediante procedimientos fragmentados y plazos diferentes.**

# Cinco cuellos de botella, una sola transición

12

---

|            |                                      |                                  |
|------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| <b>3.1</b> | <b>Infraestructura de recarga</b>    | Puntos · potencia · localización |
| <b>3.2</b> | <b>Capacidad de la red eléctrica</b> | Energía · potencia · conexión    |
| <b>3.3</b> | <b>Mercado y costes</b>              | CapEx · OpEx · volatilidad       |
| <b>3.4</b> | <b>Gobernanza</b>                    | Competencias · permisos · plazos |
| <b>3.5</b> | <b>Productividad</b>                 | Carga útil · autonomía · paradas |

**La viabilidad de la transición depende de que infraestructura, red eléctrica, economía, gobernanza y productividad evolucionen de forma compatible.**

El transporte ante la encrucijada energética

## 4. MODELOS DE ÉXITO INTERNACIONAL

---



POLITÉCNICA



### 3. Modelos de éxito internacionales

Cuatro estrategias distintas para descarbonizar el transporte pesado

**La experiencia internacional muestra que no existe una única solución tecnológica.**

#### **ALEMANIA**

Electrificación dinámica mediante catenarias en corredores de alta intensidad.

#### **FRANCIA**

Biocombustibles como solución de transición, combinados con electrificación.

#### **CHINA**

Intercambio rápido de baterías para reducir la inmovilización de flotas pesadas.

#### **BRASIL**

Biocombustibles integrados a gran escala en el sistema energético nacional.

**Cada modelo actúa sobre un cuello de botella diferente: infraestructura, tiempo de recarga, combustible o aprovechamiento del sistema existente.**

# Alemania y China: electrificación del transporte pesado

Dos formas de reducir la dependencia del repostaje convencional

## ALEMANIA · eHighway

- Proyectos piloto ELISA, FESH y eWayBW.
- Camiones alimentados mediante líneas aéreas de contacto.
- ELISA operó hasta 2024 con un tramo de 17 km de catenaria y 11 vehículos de ensayo.
- Ventaja: elevada eficiencia de la electrificación directa.
- Limitación: exige infraestructura específica y corredores con tráfico suficiente.

## CHINA · Battery Swapping

- Sustitución de la batería descargada por otra previamente cargada.
- Reduce el tiempo de parada y desplaza la recarga a estaciones especializadas.
- En 2025, aproximadamente 1 de cada 4 camiones vendidos en China fue eléctrico.
- Alrededor del 15 % de las ventas de camiones eléctricos correspondió a modelos preparados para intercambio de baterías.

**Alemania electrifica la carretera; China reorganiza la batería y la operación.**

# Francia y Brasil: aprovechar combustibles renovables

Descarbonización rápida utilizando en gran medida vehículos e infraestructuras existentes

## FRANCIA · Biocombustibles

- Estrategia diversificada: electrificación + combustibles alternativos.
- El B100 está autorizado para determinadas flotas cautivas.
- Los vehículos pesados Euro 6 que funcionan exclusivamente con B100 pueden obtener clasificación Crit'Air 1.
- HVO y otros biocombustibles permiten reducir emisiones sin sustituir inmediatamente toda la flota.

## BRASIL · Biocombustibles a escala nacional

- Amplia base agrícola e industrial de biocombustibles.
- En 2025 se implantaron las mezclas E30 en gasolina y B15 en diésel.
- La estrategia aprovecha cadenas de suministro nacionales y la infraestructura existente.
- Especial relevancia en un país donde el transporte de mercancías depende fuertemente de la carretera.

**Francia y Brasil muestran una vía de transición basada en modificar el vector energético antes de sustituir completamente el parque.**

El transporte ante la encrucijada energética

## 5. ESTRATEGIAS Y MULTIMODALIDAD EFICIENTE

---



POLITÉCNICA



# ¿Qué debe ocurrir? vs. ¿Qué está ocurriendo?

## POLÍTICA 2030

- Menos petróleo
- Más renovables
- Electrificación del parque
- Renovación de flotas
- Infraestructura suficiente y potente

## REALIDAD 2024–2025

- 92,7 % de la energía de carretera sigue siendo petrolífera
- 96,5 % del parque es gasolina o diésel
- 1,26 % del parque es eléctrico
- 6,0 % del consumo energético procede de renovables
- El reto de recarga pasa a ser cobertura + potencia + pesados

**La dirección está definida; la encrucijada está en la velocidad y la escala de la transformación.**

**La dirección de la transición está clara y los indicadores ya muestran cambios, pero existe una enorme distancia entre los objetivos de 2030 y la estructura actual de la carretera. El problema no es tanto hacia dónde avanzar, sino la velocidad y la escala de la transformación.**

# Política energética española para la carretera

---

## ELECTRIFICACIÓN

5,5 M de vehículos eléctricos previstos por el PNIEC para 2030

## COMBUSTIBLES RENOVABLES

Vía complementaria para el parque de combustión y segmentos difíciles de electrificar

## RENOVACIÓN DE FLOTAS

Vehículos más eficientes y de bajas emisiones

## INFRAESTRUCTURA

Recarga y repostaje con cobertura, potencia y continuidad territorial

- Marco: Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética + PNIEC 2023-2030.
- Complementos: Estrategia de Movilidad 2030, Ley de Movilidad Sostenible, MOVES/MOVES Corredores y Reglamento AFIR.

# Traspaso modal y resiliencia energética

Una estrategia para el transporte por carretera en un escenario de incertidumbre energética

**La respuesta no debe limitarse a cambiar el combustible del camión: también debe reducir la exposición energética del sistema logístico.**

## TRASPASO MODAL

- Mover tráficos de larga distancia de la carretera al ferrocarril.
- Reservar la carretera para la capilaridad y el último tramo.
- Menor dependencia de combustibles líquidos importados.

## AUTOPISTAS FERROVIARIAS

- Semirremolques y unidades de transporte intermodal sobre tren.
- Solución eficaz en corredores de alta intensidad.
- Reduce emisiones, congestión y vulnerabilidad ante precios energéticos.

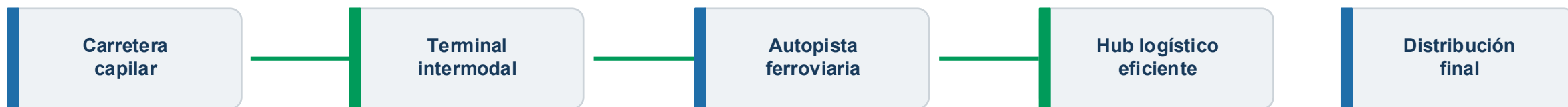
## HUBS EFICIENTES

- Nodos logísticos con gestión energética integrada.
- Energías renovables, almacenamiento y carga eléctrica.
- Digitalización para concentrar flujos y evitar recorridos improductivos.

**El futuro exige combinar carretera, ferrocarril y nodos logísticos para ganar eficiencia, resiliencia y autonomía energética.**

# Autopistas ferroviarias y hubs eficientes

Del transporte por carretera aislado a una red intermodal energéticamente inteligente



## AUTOPISTAS FERROVIARIAS

- Trasladan el tramo principal del viaje al ferrocarril, manteniendo la flexibilidad de la carretera.
- Permiten actuar sobre corredores de alta demanda sin sustituir de forma inmediata todo el parque de camiones.
- Aumentan la resiliencia ante volatilidad de precios, restricciones de suministro y presión regulatoria.

menos exposición

más eficiencia

## HUBS LOGÍSTICOS EFICIENTES

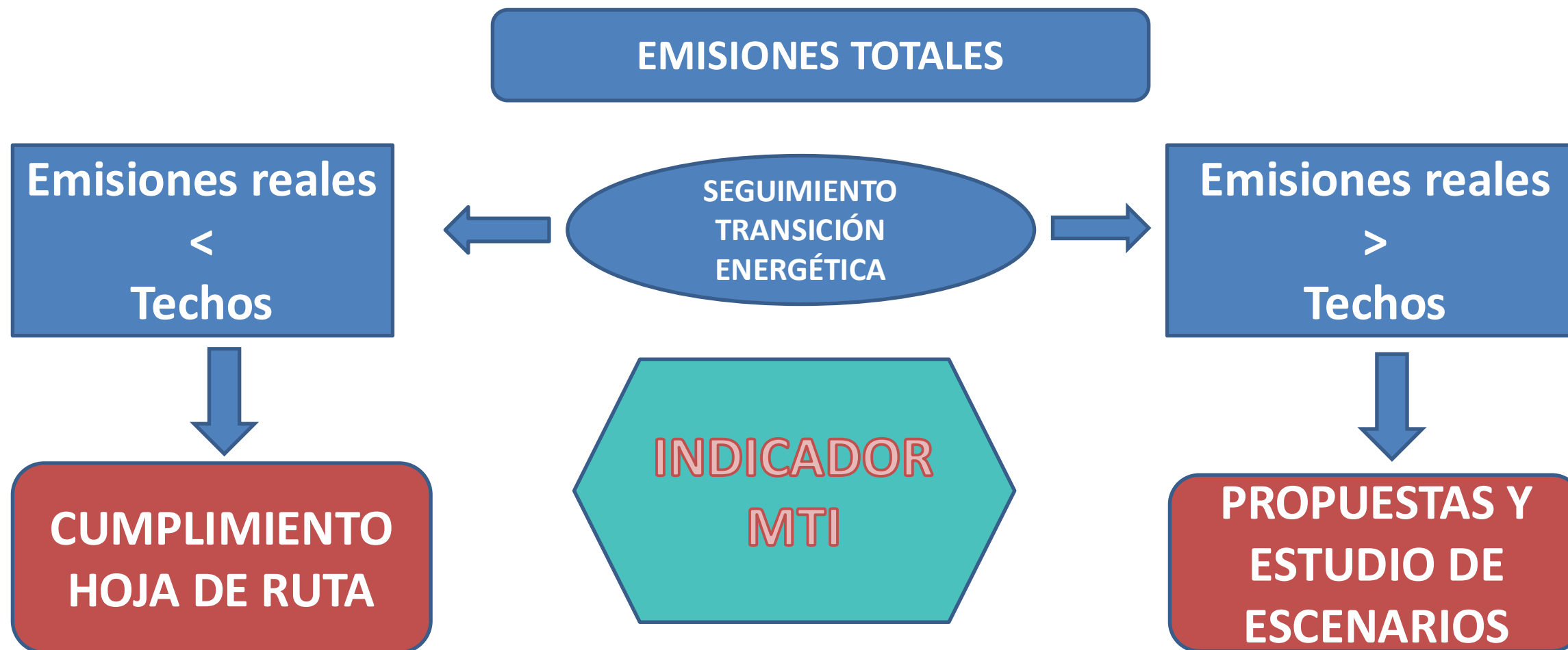
- Concentran carga, energía y servicios para ordenar los flujos carretera–ferrocarril–puerto.
- Integran autoconsumo renovable, almacenamiento, recarga eléctrica y gestión inteligente de la demanda.
- Reducen kilómetros en vacío y mejoran la ocupación de vehículos, trenes y terminales.

más resiliencia

menos emisiones

**La clave no es sustituir una tecnología por otra, sino rediseñar la cadena logística para consumir menos energía por tonelada transportada.**

# MOVILITY TRANSITION INDEX



# El transporte ante la encrucijada energética

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**  
**alberto.camarero@upm.es**

---



**POLITÉCNICA**

