



**XXIV<sup>th</sup> World  
Road Congress  
Mexico 2011**  
Mexico City 2011.

# REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE LAS CARRETERAS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

**Fco Javier Alejandro Mínguez**

- Dirección General de Carreteras
- Subdirector General de Explotación y Gestión de Red
- [fjalejandre@fomento.es](mailto:fjalejandre@fomento.es)



# CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

- Contexto General. Consumo energético y emisión de contaminantes en transporte por carretera
- Líneas generales de contribución a la mejora eficiencia energética y lucha contra el cambio climático.
- Reducción emisiones contaminantes del transporte por carretera mediante planeamiento y explotación eficientes.
- Nuevos materiales y tecnologías en pavimentación relacionadas con la sostenibilidad.



**1ª parte:**

**CONTEXTO GENERAL  
CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES  
EN TRANSPORTE POR CARRETERA**

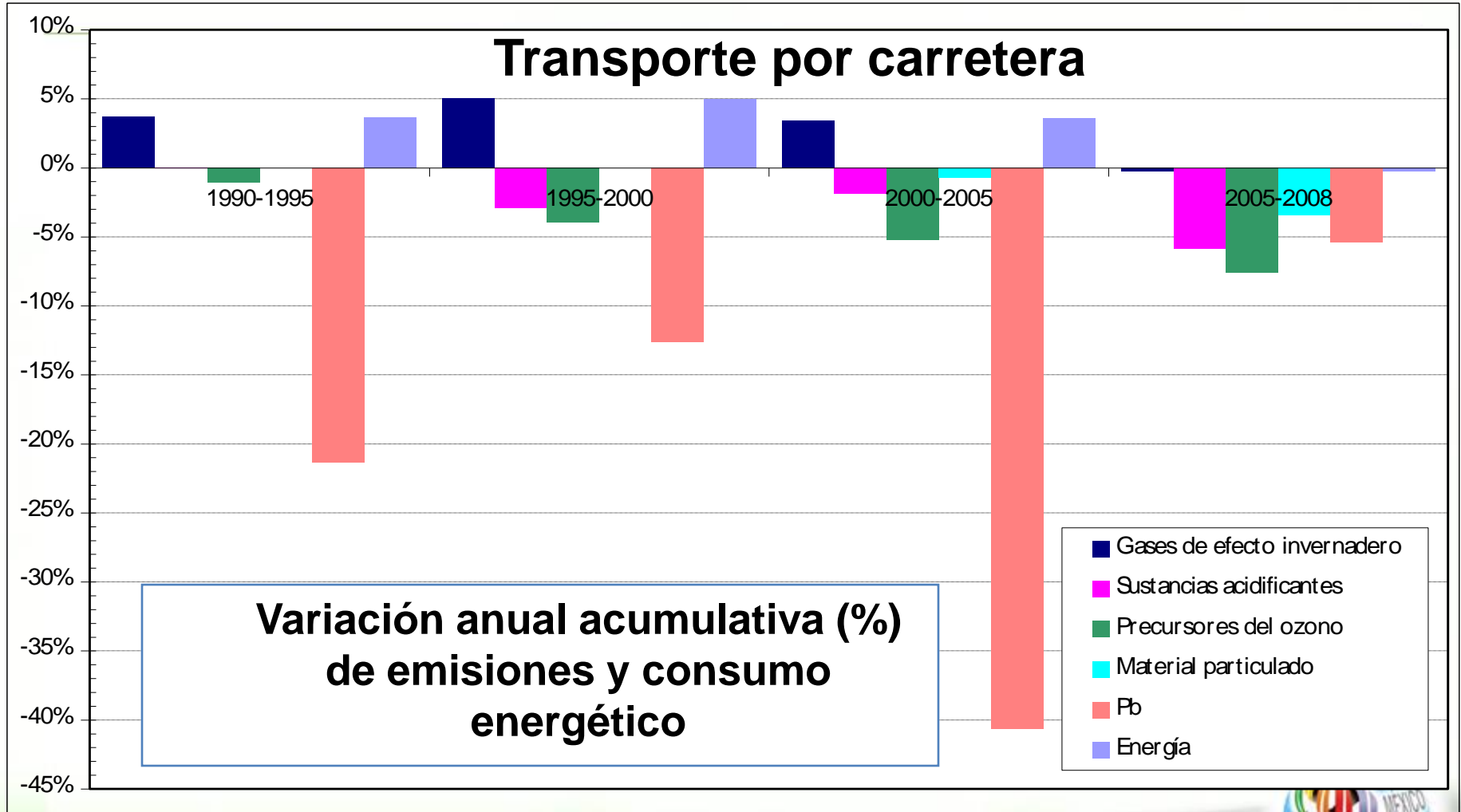


# CONTEXTO GENERAL. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES EN TRANSPORTE POR CARRETERA

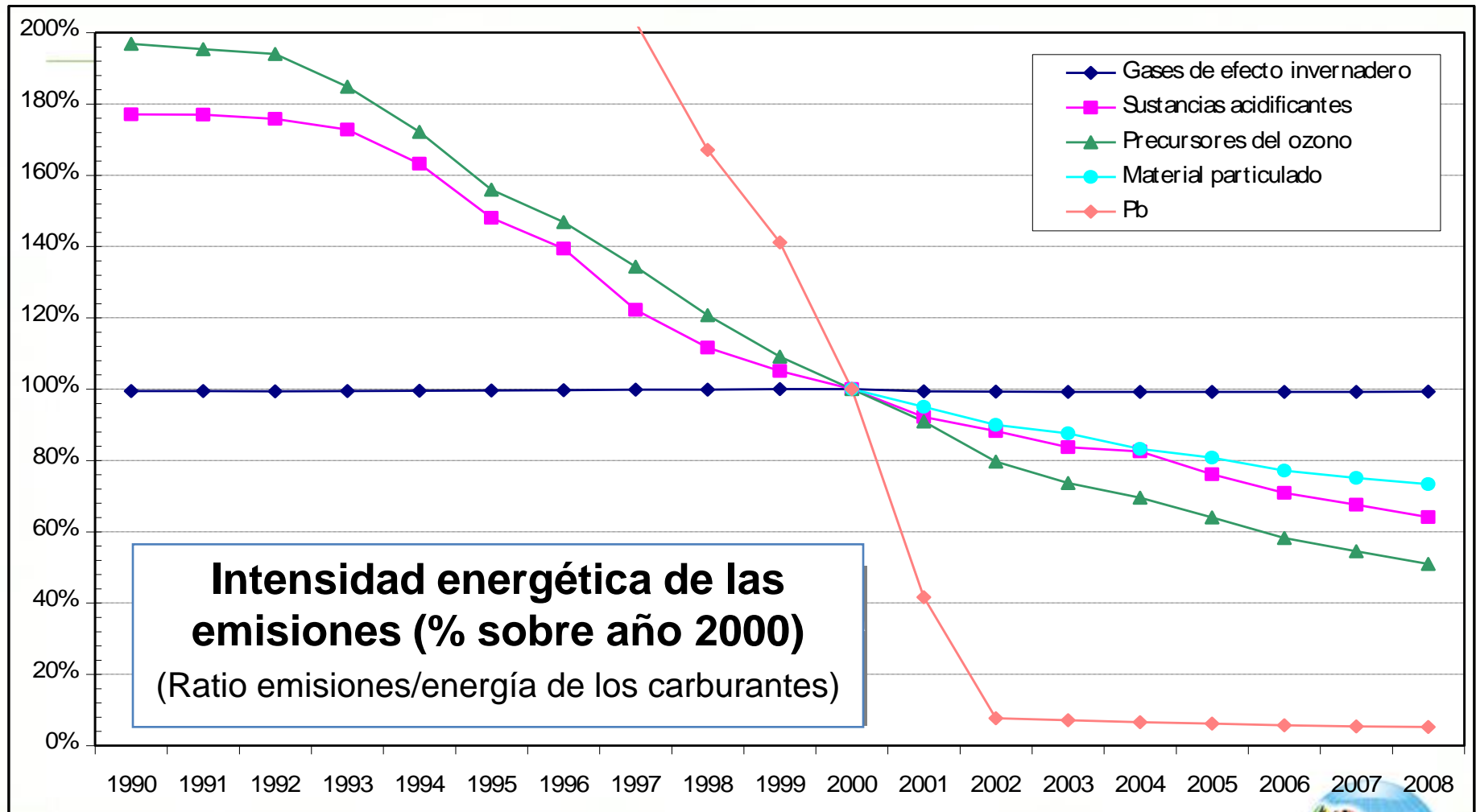
- Propuesta del Consejo de la Unión Europea: en 2020 reducir un 20% con respecto a 1990 la emisión de gases GEI en la Unión Europea.
- En España las emisiones de GEI originadas por las actividades de transporte son aproximadamente el 25%, del total, por detrás de la industria (50%) y supera ampliamente a la agricultura, tercer sector que más contribuye a la emisión de GEI.
- En cuanto al reparto modal la carretera es el origen del 90% de las emisiones.



# CONTEXTO GENERAL. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES EN TRANSPORTE POR CARRETERA



# CONTEXTO GENERAL. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES EN TRANSPORTE POR CARRETERA



# CONTEXTO GENERAL. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES EN TRANSPORTE POR CARRETERA

- Por tipo de vehículo, el turismo es responsable del 60% del consumo energético, mientras que los vehículos pesados y autobuses aportan otro 30%.
- Por clase de tráfico en cuanto a su recorrido, el 49% corresponde al tráfico interurbano, el 34% al tráfico urbano y el 17% al tráfico rural.
- Ambos repartos no han sufrido grandes variaciones desde 1990



**2ª parte:**

**LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN  
A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**





# LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Planificación de infraestructuras.

- Hacer **un diagnóstico y una prognosis** y programar las actuaciones para ajustarse a las necesidades a cubrir
- **Organizar los tráficos** mediante una adecuada racionalización de la red:

Se intentan evitar o reducir las congestiones de tráfico, fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero.



# LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

---

## Diseño de infraestructuras.

- Consecución de un trazado optimizado; reducción de pendientes en la carretera (dentro de las limitaciones de la orografía)

Se intenta tanto reducir el consumo energético como disminuir las emisiones.



# LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Construcción de infraestructuras.

- Empleo de **técnicas y soluciones** que contribuyan de una forma u otra a la sostenibilidad ambiental:

Ejemplos:

- **Reciclado de ruedas** para el asfalto
- **Gestión y reutilización** de los **residuos** de construcción
- **Iluminación eficiente e inteligente** en infraestructuras lineales (bombillas LED, programación de activación o intensidad en función de horarios, vehículos, condiciones, etc



# LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Explotación de infraestructuras.

- **Fomento del transporte público y la intermodalidad** (relacionado con planificación): reducción número de vehículos en relación al número de viajeros y disminución de las congestiones
- **Limitaciones en la velocidad de los vehículos:** Se reducen los consumos de cada vehículo y se disminuyen las congestiones



# LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Vehículos y combustibles.

- Fomento del **desarrollo tecnológico** (vehículos híbridos y eléctricos): ayudas para desarrollo, compra y uso
- Promoción de vehículos eficientes en flotas
- Impuesto de matriculación en función de las emisiones
- Reciclado de vehículos al final de su vida útil
- Uso de biocarburantes



# LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Gestión de la demanda de tráfico.

- Fomento del **vehículo compartido** (car pooling)
- Implantación de **parquímetros** en las ciudades: supone un coste y un tiempo límite que disuade hacia el transporte público o evitar viajes prescindibles
- **Restricciones de tráfico y/o peajes** en ciertas zonas generalmente urbanas: fomenta el transporte público y reduce viajes prescindibles



# LÍNEAS GENERALES DE CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Información sobre las redes de transporte y su tráfico.

- **Sistemas inteligentes de transporte y sistemas de información sobre el tráfico** (Paneles informativos, navegadores en vehículos, sistemas de control de flotas...)

Mostrando tanto las redes y **posibilidades** de transporte como su **estado** (congestión, frecuencias de los transportes públicos, etc), dan la posibilidad al viajero de optimizar los recorridos e incluso decidir los medios de transporte más adecuados.

No sólo se evitan congestiones sino que incluso se contribuye a que éstas puedan resolverse



**3ª parte:**

**REDUCCIÓN DE EMISIONES MEDIANTE UN  
PLANEAMIENTO Y EXPLOTACIÓN  
EFICIENTES**





# REDUCCIÓN DE EMISIONES MEDIANTE UN PLANEAMIENTO Y EXPLOTACIÓN EFICIENTES

Datos de partida para previsión de emisiones futuras:

- **Parque automovilístico** actual y previsto, distribuidos por categorías, tipos de combustibles y carga útil.
- **Longitud y tipología** de los tramos **de la red** de carreteras inicial y prevista
- **Velocidades medias** de los diferentes tipos de vehículos por tramos, medidas y previstas con actuaciones planificadas
- **Intensidad media diaria** (IMD) de tráfico en cada tramo de la red, y el consumo de combustible en función del tipo de vehículos (gasolina y gasoil), el tipo de viaje (interurbano, periurbano o urbano) y la edad de los mismos.



# REDUCCIÓN DE EMISIONES MEDIANTE UN PLANEAMIENTO Y EXPLOTACIÓN EFICIENTES

## Tendencias observadas, a tener en cuenta:

- Aumento de los vehículos de gasoil frente a gasolina (también se espera aumento de híbridos y eléctricos)
- La longitud media anual recorrida por cada vehículo en viajes interurbanos se mantiene constante, mientras que crecen los viajes urbanos y periurbanos, realizados por la parte del parque automovilística más antigua y contaminante.
- Las nuevas tecnologías favorecen la reducción de consumo y contaminación de los vehículos



# REDUCCIÓN DE EMISIONES MEDIANTE UN PLANEAMIENTO Y EXPLOTACIÓN EFICIENTES

## Metodología aplicada:

Basada en proyectos COPERT 4 y ARTEMIS de la Agencia Europea de Medio Ambiente: **cada tipo de vehículo** tiene asignada **una fórmula** para **calcular las emisiones** de cada contaminante **en función de la velocidad media** de recorrido

- Establecimiento de la velocidad media de recorrido a través del Manual de Capacidad Americano (HCM 2000) en la fase de estudio
- Con datos reales de mediciones de velocidad con coche flotante en la fase de explotación.



# REDUCCIÓN DE EMISIONES MEDIANTE UN PLANEAMIENTO Y EXPLOTACIÓN EFICIENTES

Se tienen en cuenta factores como la inclinación de la rasante, el tipo de carretera, el número de carriles y su anchura, los arcenes, la velocidad de proyecto, la limitación de velocidad, los accesos, las distancias de adelantamiento, etc

La metodología permite analizar los factores más determinantes en las emisiones de los distintos gases considerados, con el objeto de poder evaluar las posibles actuaciones que, durante la fase de estudio (planeamiento y proyecto) permiten reducirlos



# REDUCCIÓN DE EMISIONES MEDIANTE UN PLANEAMIENTO Y EXPLOTACIÓN EFICIENTES

En general, en estudios informativos de carreteras interurbanas no suelen existir grandes diferencias entre las alternativas desde el punto de vista de las emisiones al tener características similares, siendo sus diferencias de longitud el factor más determinante.

Las mejoras más notables se consiguen en entornos urbanos, especialmente con la implantación de carriles BUS-VAO, y también con otras medidas como las de fomento de la intermodalidad, señalización variable de la velocidad o incluso reducción de anchura de carriles aumentando si es posible su número (reducción de velocidad y de congestiones)



**4ª parte:**

**NUEVAS TECNOLOGÍAS EN  
PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA  
SOSTENIBILIDAD**



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

Como materiales y tecnologías en la pavimentación directamente relacionadas con la sostenibilidad, se están impulsando desde la Dirección General de Carreteras las siguientes:

- **Empleo de Polvo de Neumáticos Fuera de Uso (PNFU)** en ligantes y mezclas bituminosas
- **Reciclado de firmes**
- **Mezclas bituminosas templadas y semicalientes**
- **Microaglomerados en frío**



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

---

## Empleo de polvo de neumáticos fuera de uso en ligantes y mezclas bituminosas (I)

Los tramos experimentales construidos y la experimentación llevada a cabo en los últimos años han hecho posible el desarrollo de normativa técnica específica

Dos tipos de procedimientos:

- Vía húmeda
- Vía seca





# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

## Empleo de polvo de neumáticos fuera de uso en ligantes y mezclas bituminosas (II)

- Vía húmeda

Consiste en la mezcla a alta temperatura de PNFU con betún de penetración

Con este procedimiento se definen en la normativa tres tipos nuevos de betunes y sus especificaciones a cumplir:

- betunes mejorados con caucho
- betunes modificados con caucho
- betunes de alta viscosidad con caucho



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

## Empleo de polvo de neumáticos fuera de uso en ligantes y mezclas bituminosas (III)

- Vía seca

Consiste en la incorporación del polvo de caucho de NFU directamente en la amasadora de mezcla bituminosa como si se tratara de un árido mineral

Al producto obtenido se le denomina en la normativa mezcla bituminosa en caliente con adición de caucho



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

## Empleo de polvo de neumáticos fuera de uso en ligantes y mezclas bituminosas (IV)

- Las mezclas bituminosas fabricadas con ellos siguen los mismos sistemas de formulación, fabricación y ejecución
- Las propiedades diferenciales más destacables son una **mejora de la resistencia frente a deformaciones plásticas** y una **mejora de la resistencia a fatiga** (aunque este último es un aspecto sobre el que se sigue investigando)



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

---

## Reciclado de firmes (I)

La normativa técnica actual incluye pliegos de prescripciones técnicas generales específicos para tres técnicas diferentes de reciclado de firmes: reciclado con cemento, reciclado en frío con emulsión y reciclado de mezclas bituminosas en caliente.

La norma de rehabilitación de firmes establece los criterios y campos de aplicación para cada una de estas técnicas y obliga a realizar un estudio técnico y económico sobre los materiales reciclados de firmes.



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

---

## Reciclado de firmes (II)

No hay que olvidar la posibilidad de incluir en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente hasta un diez por ciento de mezcla bituminosa procedente del fresado de la carretera como si se tratara de un árido más. Aunque con una tasa baja de reciclado, proporciona un método sencillo e inmediato de aprovechar los residuos procedentes del fresado.



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

---

## Mezclas bituminosas semicalientes y templadas (I)

Son mezclas bituminosas cuyas temperaturas de fabricación y puesta en obra son sensiblemente menores a las de las mezclas bituminosas en caliente convencionales.

De esta manera se reduce el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> y se mejoran las condiciones de seguridad y salud en las obras viales.



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

---

## Mezclas bituminosas semicalientes y templadas (II)

Dos grupos en función de la temperatura de fabricación:

- Mezclas semicalientes: por encima de los 100 °C (a unos 20 a 30°C menos que las mezclas convencionales)
- Mezclas templadas: se fabrican por debajo de 100°C.



# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

---

## Mezclas bituminosas semicalientes y templadas (III)

Para ambos tipos existen varias alternativas de procedimientos y materiales para conseguir la reducción en la temperatura.

Aunque todavía no se ha establecido una normativa específica se han llevado a cabo varios tramos experimentales y hay un interés creciente en aumentar la experiencia e impulsar estas tecnologías.





# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PAVIMENTACIÓN RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD

---

## Microaglomerados en frío

Aunque no es novedoso, en relación con la sostenibilidad no hay que olvidar el papel de los microaglomerados en frío para la rehabilitación superficial.

Existe interés en impulsar su aplicación para la mejora del CRT (coeficiente de rozamiento transversal) y de la macrotextura, mejorando la calidad de sus materiales y de las técnicas de ejecución



**Muchas gracias por su atención**

