



**Asociación Técnica
de Carreteras**

Comité nacional español de la
Asociación Mundial de la Carretera



Perspectivas actuales en la concepción y construcción de pavimentos en Europa

A. Bardesi
Director A.T.C.

Los paradigmas de moda

Movilidad sostenible

Coche autónomo

BIM

Pavimentos autorreparables

Reutilización de asfaltos

Nuevos ensayos

Asfalto a Baja Tª

AUTL

MPEDG

Reciclado de residuos

Vehículo sin emisiones

Carga por inducción

Asfalto 4.0

Conectividad

Para muestra...



ASEFMA premia la herramienta de cálculo ECCO2 que estima los impactos ambientales de mezclas bituminosas

27 may 2019 ASEFMA



Eiffage Infraestructuras es galardonada con el Premio MID a la mejor iniciativa digital del sector

24 may 2019 ASEFMA



El proyecto LIFE Battle CO2 gana el Premio MPA a las Mejores Prácticas Ambientales del 2019

23 may 2019 ASEFMA

Hablemos del Asfalto 4.0

EAPA POSITION PAPER



El concepto Asfalto 4.0
una respuesta a los nuevos
desafíos sobre movilidad
y sostenibilidad

[#XIIIJornadaAsefma](#)

La evolución en la maquinaria de pavimentación. Los nuevos desarrollos y el concepto *Asfalto 4.0*

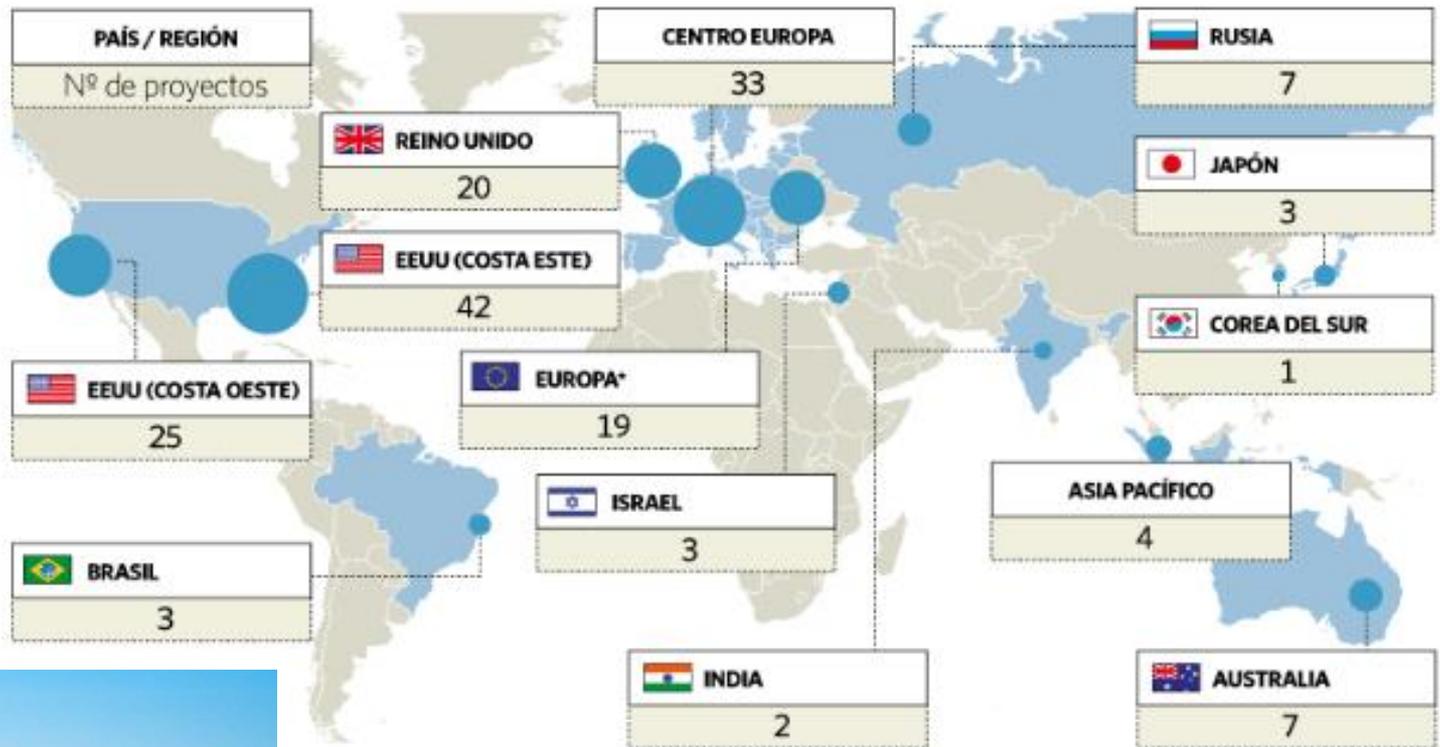
La evolución en la maquinaria de pavimentación. Los nuevos desarrollos y el concepto Asfalto 4.0

Juan José POTTI
Presidente Ejecutivo de Asefma
(Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas)

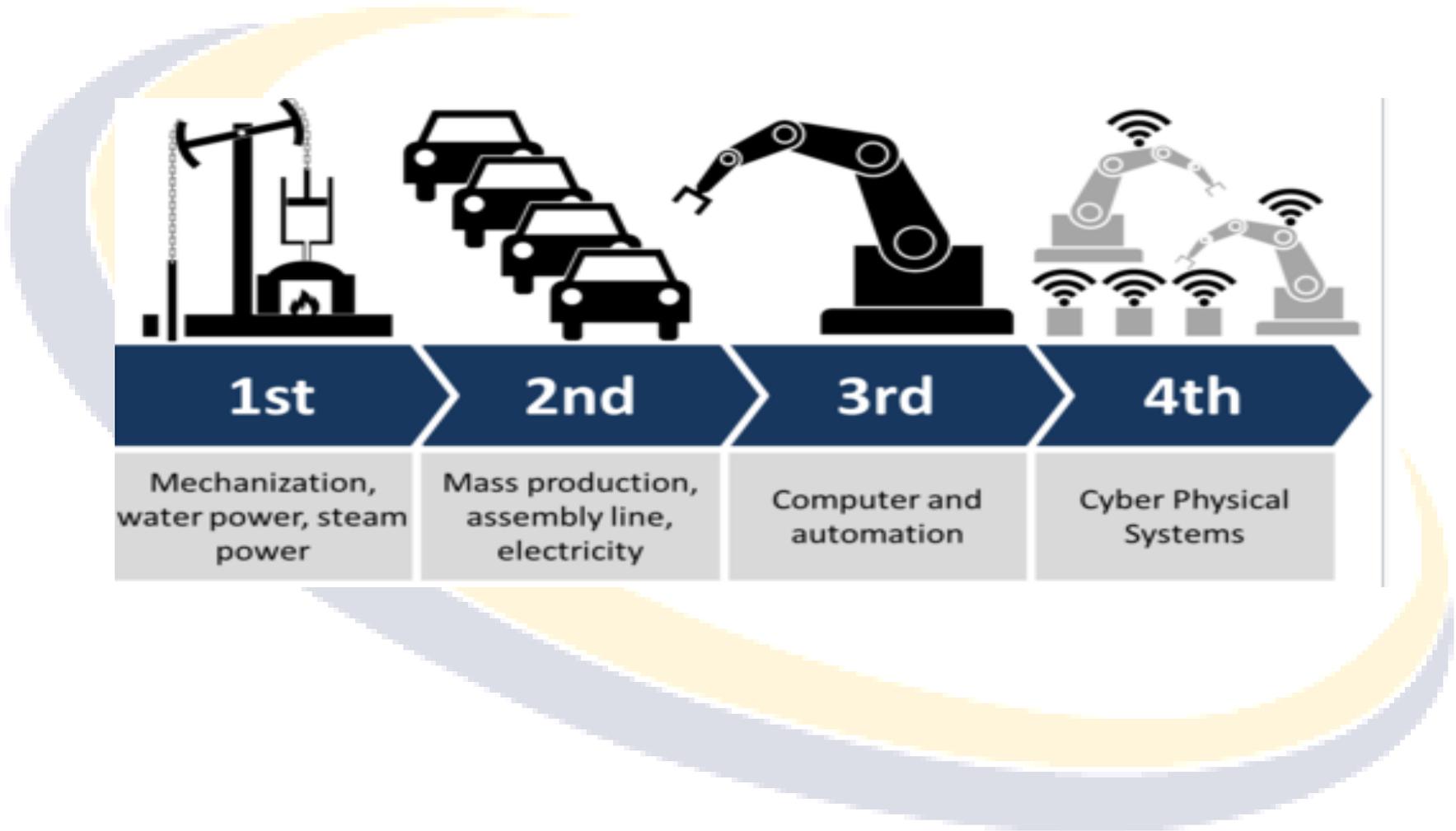
¿Estamos ante la 4ª revolución industrial?

La aviación eléctrica ya es una realidad

Proyectos que ya tienen un prototipo probado



Las revoluciones industriales



Revolución Digital

Industria 4.0

- Industria SMART.
- Avances tecnológicos: robótica, big data, inteligencia artificial, nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, Internet de las cosas (IoT), impresión 3D y vehículos autónomos
- Estas nuevas formas de tecnología se integran a través de una creciente y adecuada digitalización de los procesos productivos, en la sociedad

Construcción 4.0

- La construcción, en general, es uno de los sectores menos evolucionados en la transformación digital si lo comparamos con otras industrias, la agricultura, la sanidad, la educación,...
- Se han empezado a desarrollar algunas iniciativas en las fases de proyecto (BIM), licitación (electrónica), compra y gestión de stocks, y, tímidamente, en los procesos productivos

El concepto Asfalto 4.0

➤ Se puede digitalizar

- Gestión de la Empresa
- Gestión de la Experiencia del Cliente
- Gestión de la Tecnología

Gestión de la Empresa:

Dirigir, organizar y gestionar compañías en entornos digitales



Gestión de la Experiencia del Cliente:

Relación, comunicación, venta y servicio a través de medios digitales



IoT



Tecnologías Disruptivas



Virtual & Augmented Reality



Inteligencia Artificial



Big Data

Gestión de la Tecnología:

Entendimiento e incorporación de las tecnologías de alto impacto



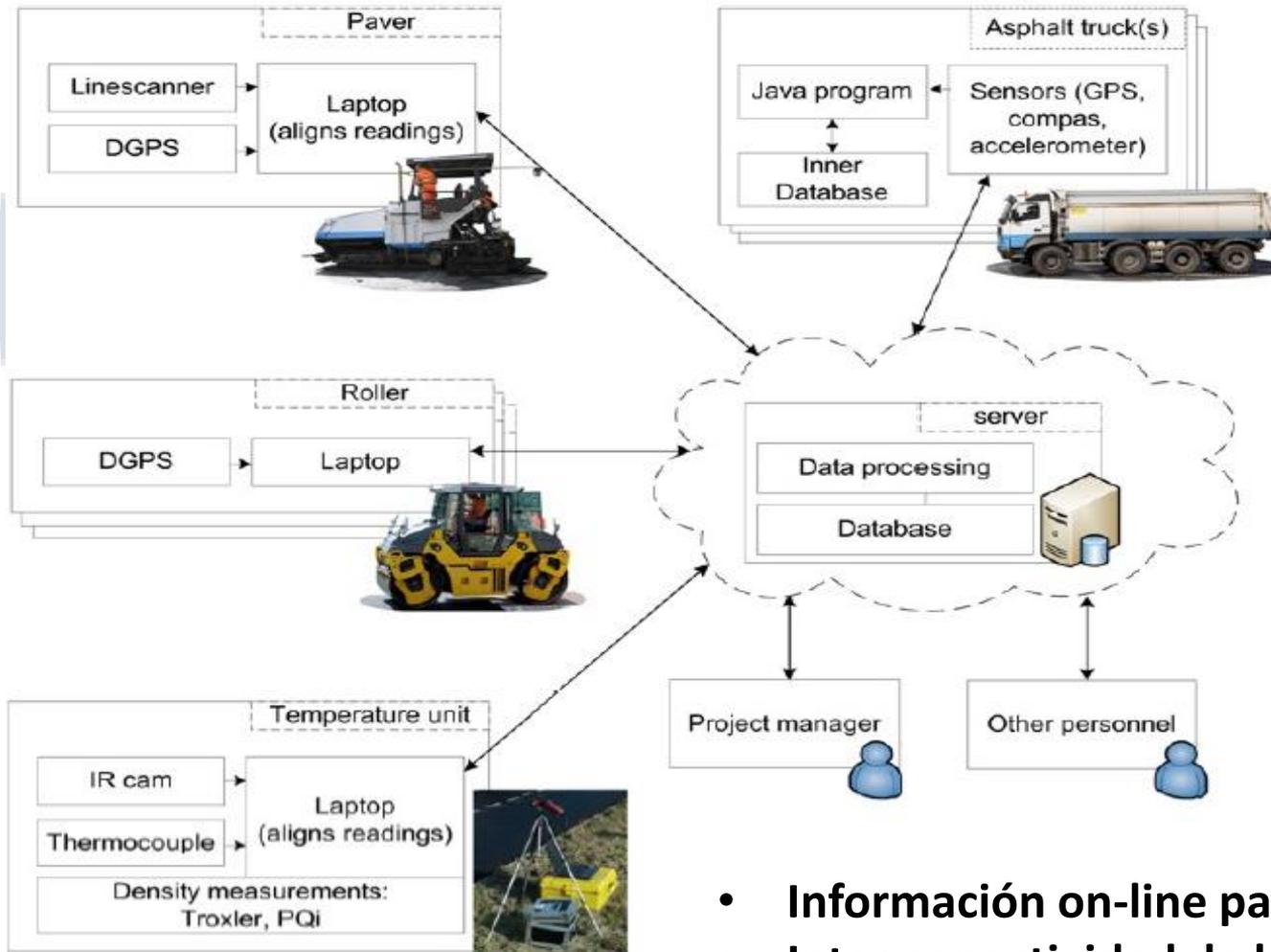
Gestión Digital de la Pavimentación

Las referencias más recientes se recogen en el documento **“The Ideal Project”** de EAPA

EAPA POSITION PAPER



Asfalto 4.0

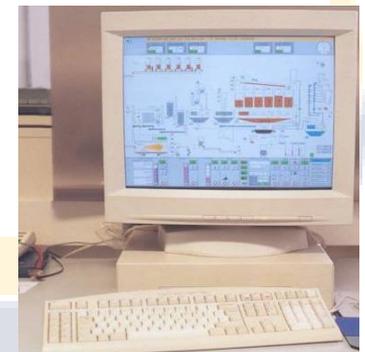


- Información on-line para asegurar el QC
- Inter-conectividad de los subprocessos

Desarrollos del Asfalto 4.0

Producción de M.A.:

- Control de Producción:
 - Stocks de componentes
 - Humedad de los áridos
 - Temperaturas de componentes
 - Dosificación precisa de componentes
- Objetivos:
 - Fabricar conforme a la F.T.
 - Asegurar la homogeneidad incluso con cambios frecuentes de formulación y cantidades pequeñas
 - Equilibrar producción/transporte/puesta en obra

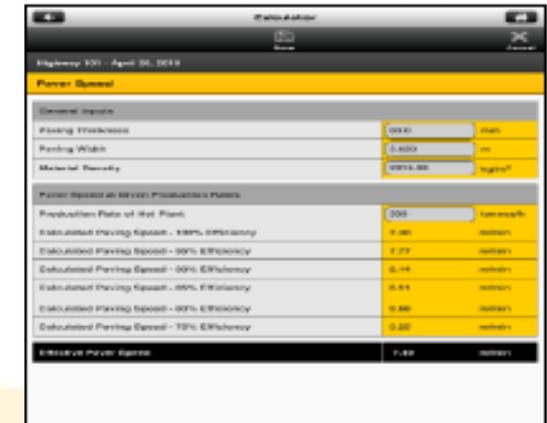


Desarrollos del Asfalto 4.0

Transporte de la M.A.:

- Control del sistema de transporte:
 - Posicionamiento de camiones en tiempo real
 - Control de incidencias del tráfico
 - Control de condiciones climatológicas (lluvia-temperatura) del recorrido

- Objetivos:
 - Disponer de una ETA fiable
 - Llegar al extendido con la mezcla a temperatura adecuada y homogénea
 - Equilibrar producción/transporte/puesta en obra



Desarrollos del Asfalto 4.0

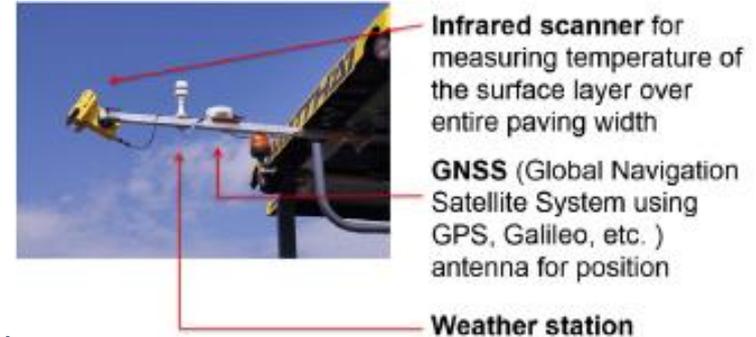
Extensión de la M.A.:

➤ Elementos de mejora:

- Vehículo de **Transferencia de Material**
- Posicionamiento satelital (GPS, Galileo,...)
- Guiado: patín acústico, láser, sensores milimétricos y tecnología 3D: control de espesores y pendientes
- Control térmico (scanner IR) a salida de regla

➤ Objetivos:

- Ejecutar la capa conforme a proyecto
- Obtener el mejor IRI posible
- Evitar las segregaciones térmicas (zonas de riesgo)

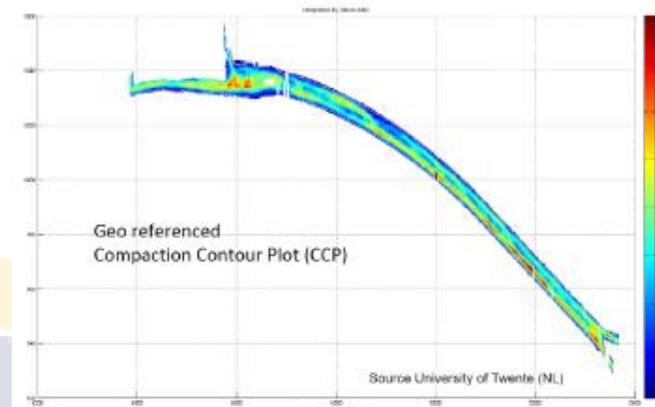


Desarrollos del Asfalto 4.0

Compactación de la M.A.:

- Elementos de mejora (SCCC):
 - Posicionamiento satelital (GPS, Galileo,...)
 - Control de temperatura y tendencia de la rigidez de la MA
 - Control velocidad, amplitud y frecuencia
 - Nº de pasadas y del momento de cada pasada

- Objetivos:
 - Ajustar el sistema de compactación al estado de la MA
 - Obtener mezclas homogénea y correctamente compactadas



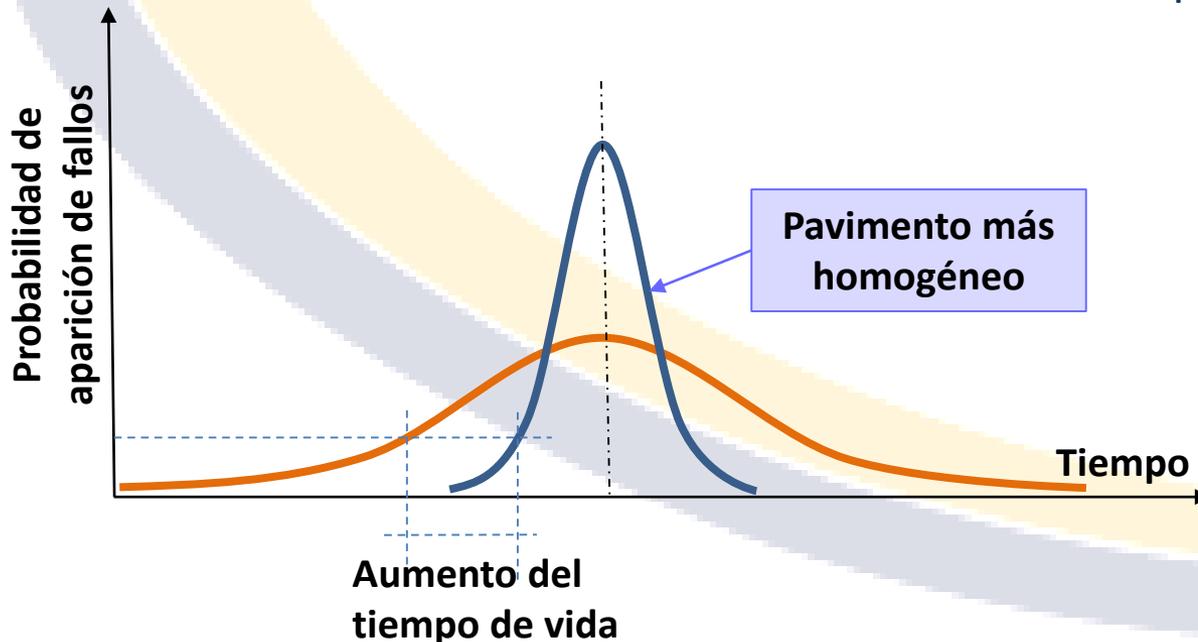
Desarrollos del Asfalto 4.0

➤ Control on-line:

- Fabricación y puesta en obra conforme a F.T.
- Tomar rápidamente decisiones de ajuste

➤ Homogeneidad y Regularidad (IRI):

- Aumentar la durabilidad del pavimento



Sostenibilidad

- Ítem recurrente en el discurso político :
 - Acuerdos de Kyoto y posteriores
 - Cambio climático, emisiones,....
 - Movilidad eléctrica/hidrógeno
 - Energías renovables, no más plásticos
 - Economía circular
- Una de las apuestas más claras del sector vial



Reducción del impacto directo

- Reducción de emisiones:
 - Mezclas a baja temperatura de empleo
- Reducción del ruido de rodadura:
 - Textura negativa: PA, BBTM, SMA, AUTL
 - Menores tamaño máximos (5 y 6 mm) en las rodaduras
- Reducción de los consumos de los vehículos:
 - Regularidad (IRI)

M.A. Tibias o Semicalientes

- **Warm mix asphalt.** Tª. 110-140°C
- Foco en MA tipo AC
- Extendido a BBTM, PA, SMA
- Procedimientos:
 - Ceras-Parafinas: Asphaltan-B, Sasobit, Licomont BS 100, Rheofalt LT70,...
 - Tensoactivos: Rediset WMX (Akzo), Iterlow-T, ...
 - Zeolitas – Fílleres hidrofílicos: Asphamin (Eurovía), LT-Asphalt (Nynas)
 - Mezclas diferenciales (Betún+Espuma): WAM-Foam Process (Shell + BP)
 - Espumación inducida: LEA α, β (Appia-Eiffage)
 - Espuma directa: Double Barrel Green (ASTEC) o plantas convencionales

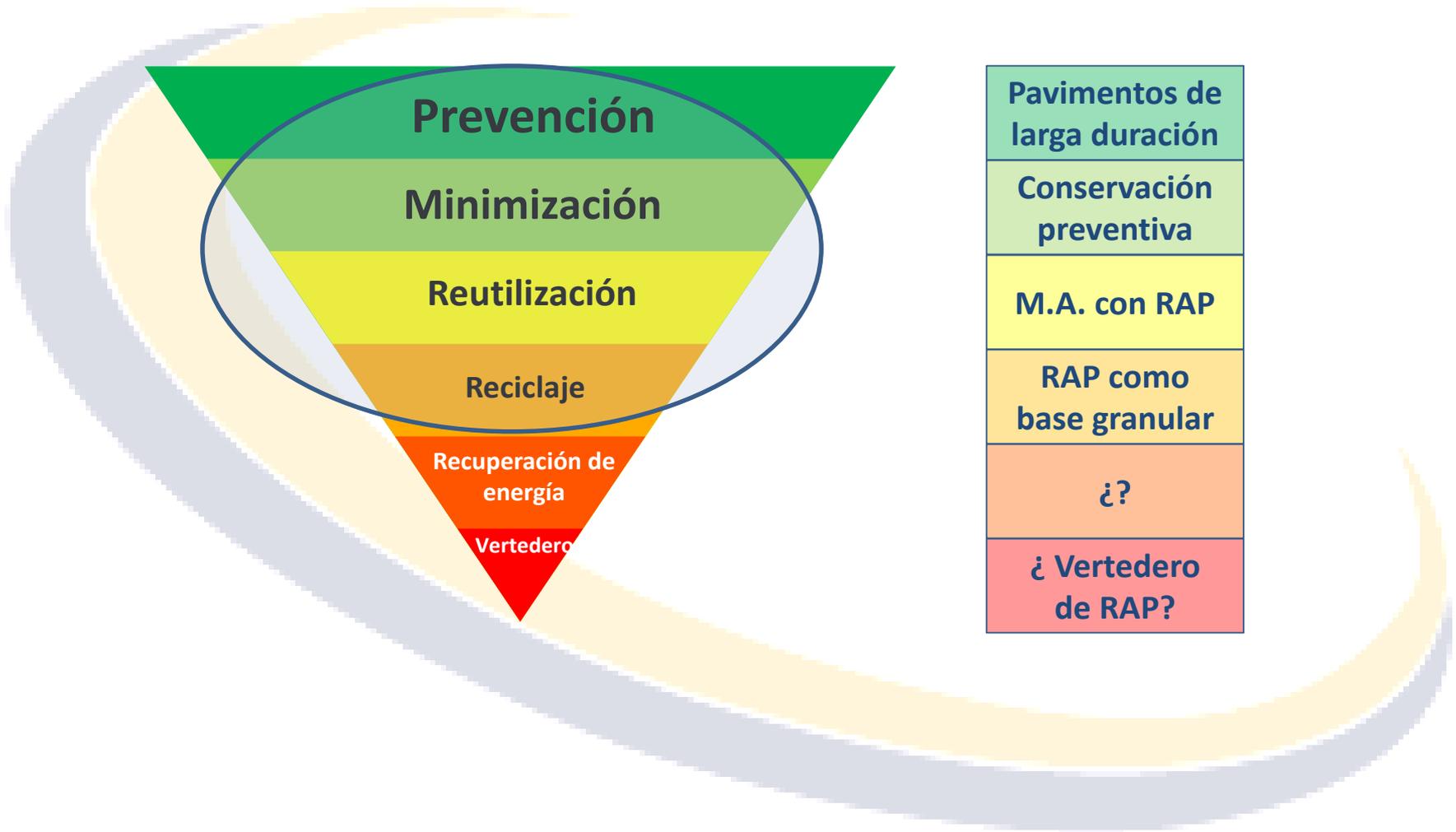


Reducción de emisiones. Templadas

- **Half Warm mix asphalt** , Tª Fabricación 70-100°C
 - Procedimientos:
 - Emulsiones: 60-65% , asfalto AC20, rotura rápida, sin fluidificantes
 - Espumación directa
 - Espumación inducida: *LEA α, β (Appia-Eiffage)*
 - Plantas clásicas adaptadas vs plantas ad hoc.
 - Foco inicial en PA y BBTM
 - Extendido a:
 - Reciclados 100% RAP
 - MA convencionales

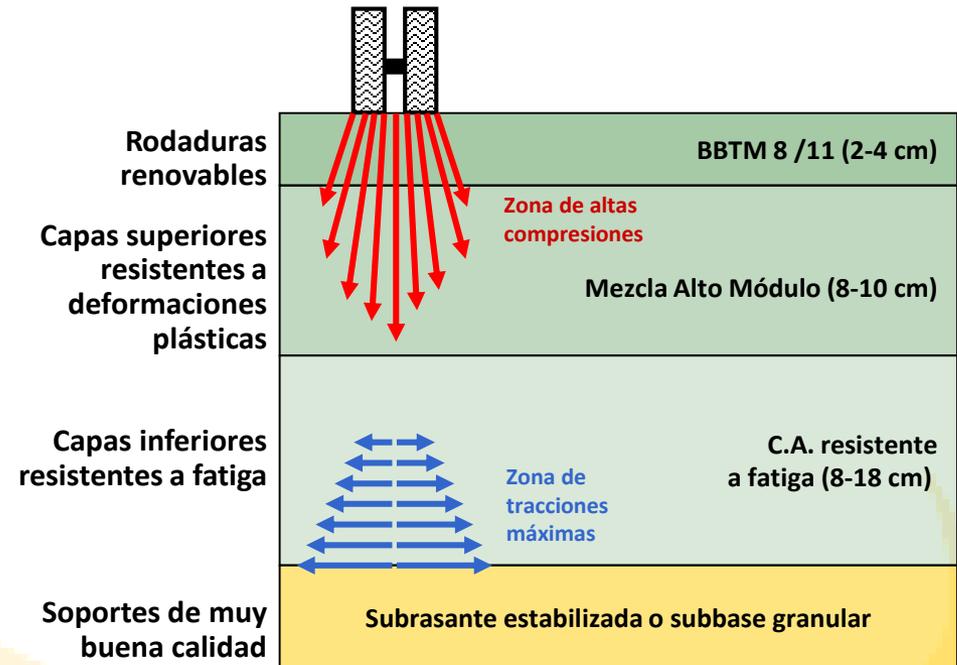


Gestión de Residuos



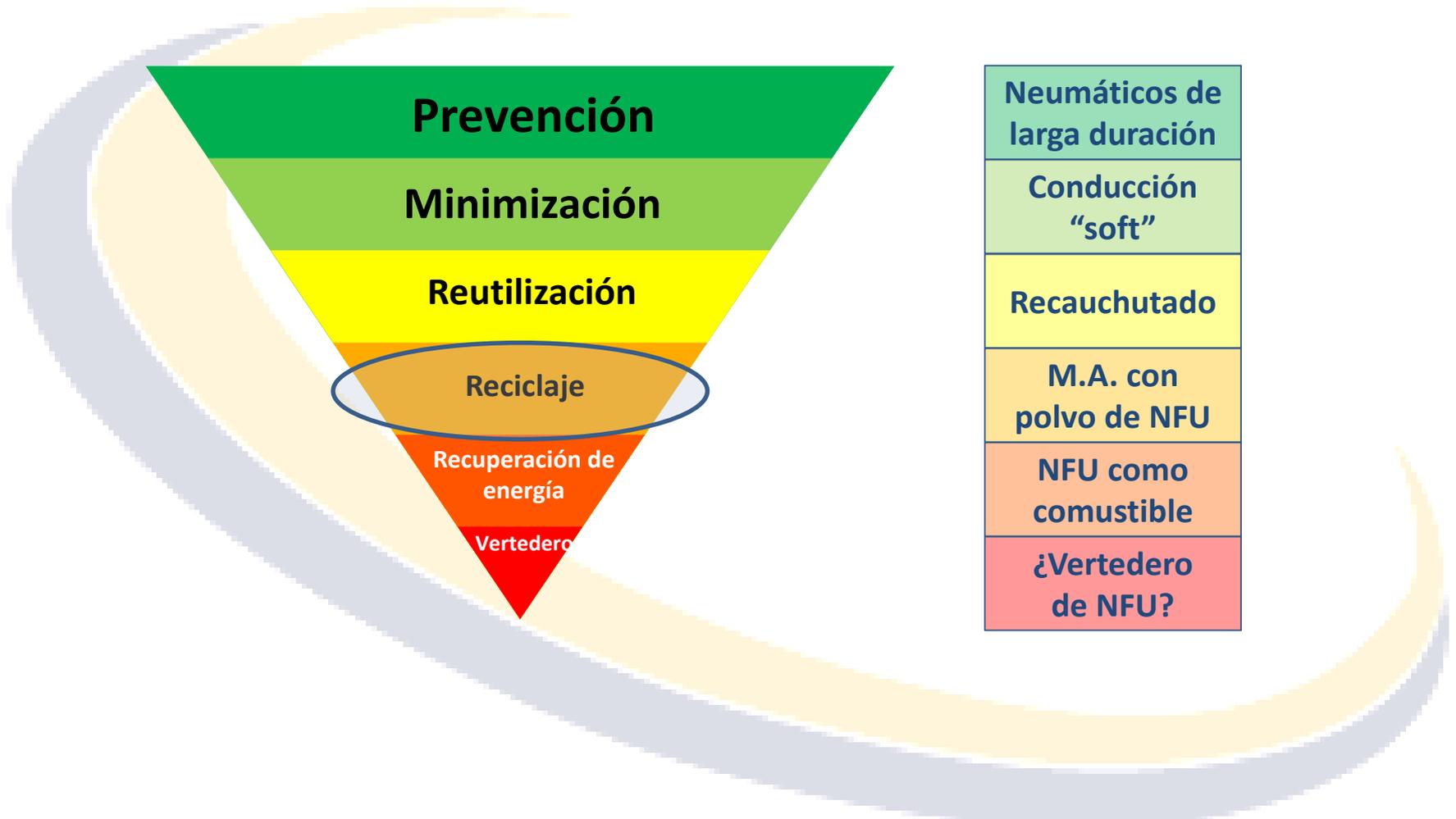
Pavimentos de Larga Duración

- Diseñados de forma que, siempre que se realice un adecuado mantenimiento superficial, no sufran deterioros significativos durante un periodo dilatado de tiempo (40-50 años).
- **FEHRL:** “A guide to the use of Long-Life Fully-Flexible Pavements”



Esquema con un full-depth

Empleo de residuos de otras industrias



Empleo de residuos de otras industrias

- Como sustituto de los agregados:
 - Escorias de acería y central térmica
 - Residuos de construcción y demolición (RCM)
 - Residuos de la industria cerámica y del vidrio
 - Catalizadores de refino agotados
 - Arenas de fundición

- Como modificadores del comportamiento:
 - Ligantes (vía húmeda):
 - Polvo de neumáticos fuera de uso
 - Aceites usados y/o residuos de aceites regenerados

 - Mezclas (vía seca):
 - Polvo de neumáticos fuera de uso
 - Plásticos reciclados

ACV y ACCV

Una necesidad urgente:

- ¿cómo medir el efecto de las distintas soluciones en términos de sostenibilidad? : ACV
- ¿cómo cuantificar el efecto económico de las medidas adoptadas?: ACCV
- Es necesaria una normalización de los procedimientos de ACV y ACCV.

VII EDICIÓN #VIIPremioJAFC

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Documento de síntesis):

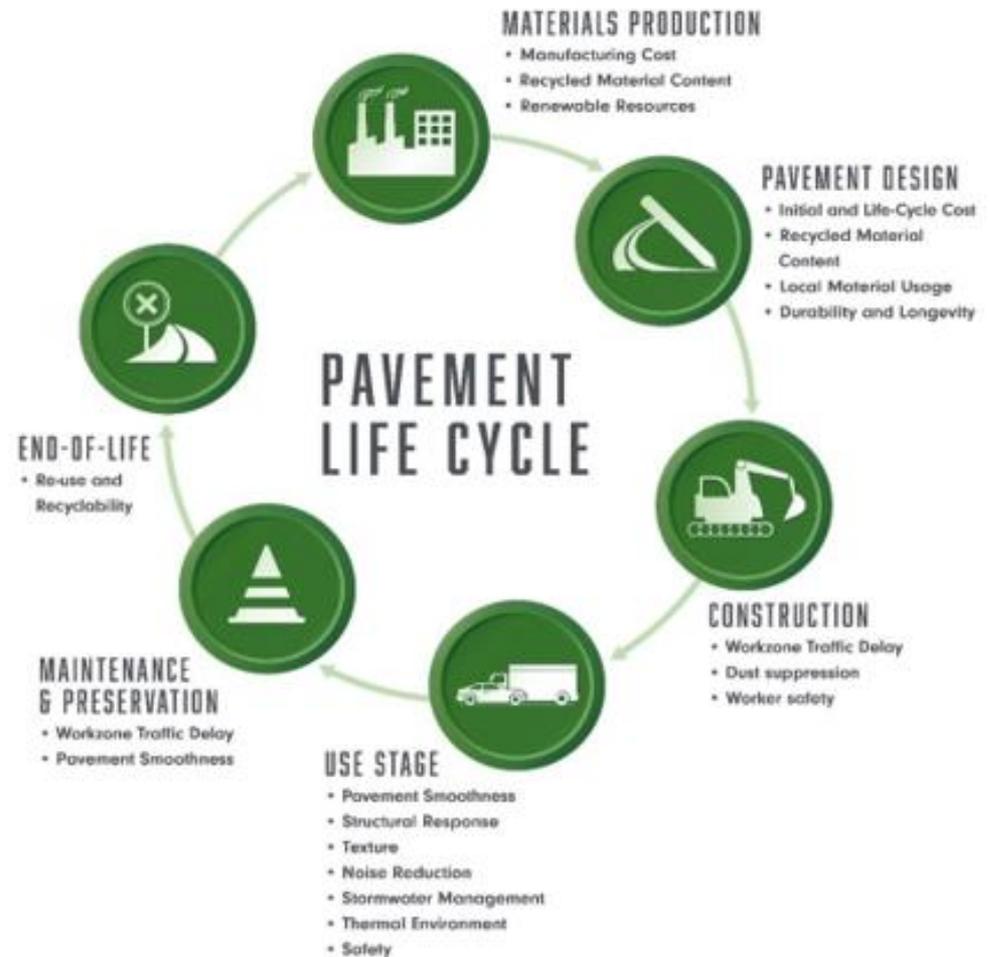
*DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO
DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
Y SUS TÉCNICAS SOSTENIBLES*



SOLUCIONES PARA UNA PAVIMENTACIÓN ECOLÓGICA Y MATERIALES SOSTENIBLES DE PAVIMENTACIÓN

www.piarc.org

2018RXXEN



ESTADO DEL ARTE DE LAS MEJORES PRÁCTICAS, RETOS Y TECNOLOGÍAS NUEVAS Y EMERGENTES

**COMITÉ TÉCNICO D.2
PAVIMENTOS DE CARRETERAS**

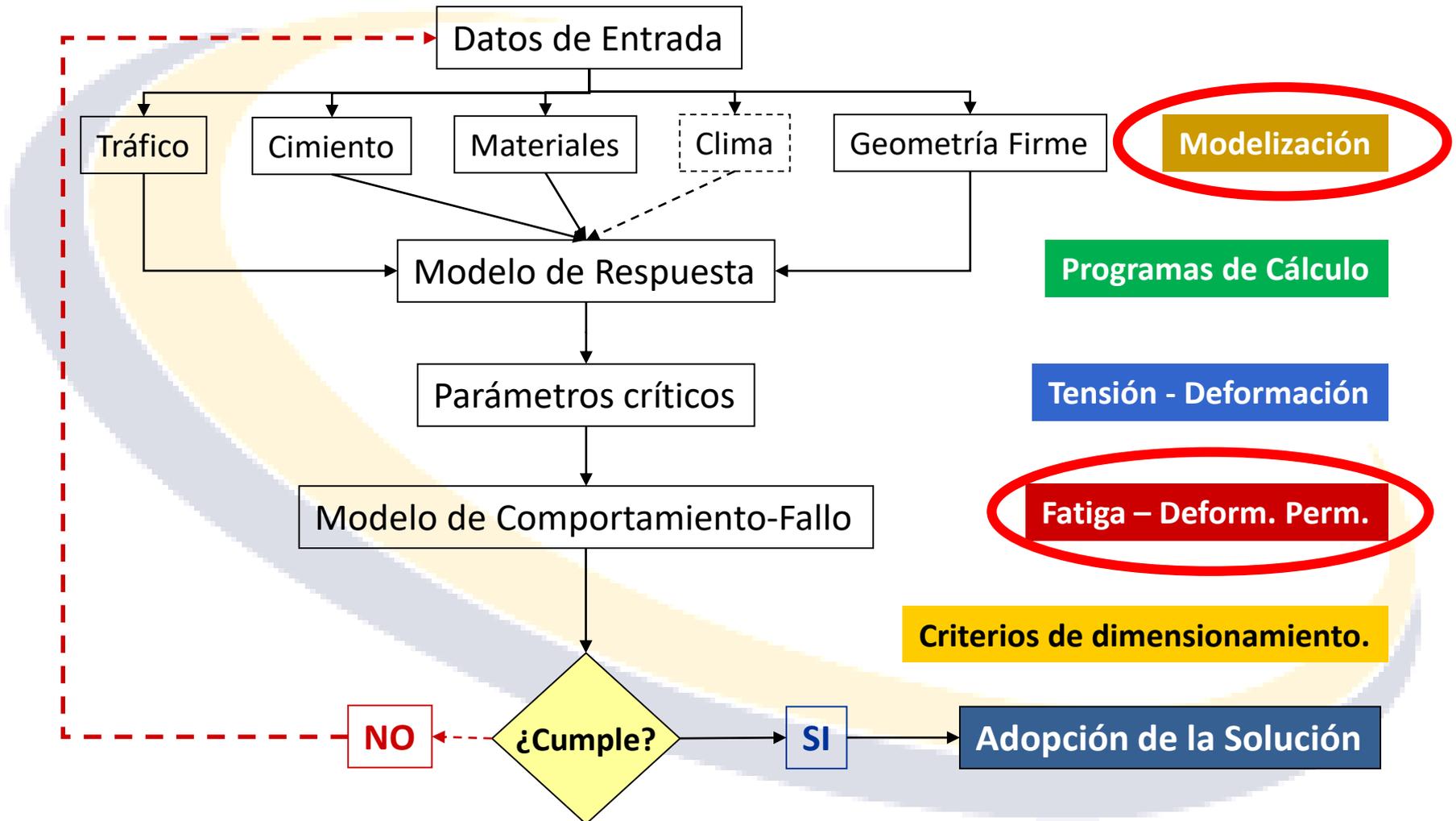
Concepción de pavimentos

- Asegurar la **durabilidad**
- **Discriminar las funciones** (estructurales o funcionales) de las diferentes capas.
- Tendencias:
 - **Subrasantes** de alta calidad (estabilizadas).
 - **Pavimentos mixtos**: subbases y/o bases tratadas con cemento: optimizar capacidad estructural resistente y el coste total
 - Base y binder de **módulo elevado**: optimizar espesores y reducir deformabilidad (ahuellamiento)
 - Rodaduras de pequeño (BBTM-SMA) o **muy pequeño (AUTL) espesor**: optimizar costes y prestaciones funcionales
 - Mayor empleo de los **asfaltos modificados** con polímeros por el mayor peso de la conservación vs la nueva construcción

Metodologías de diseño de pavimentos

- Métodos empíricos locales. P.e., España:
 - Instrucciones 6.1-IC y 6.3-IC del Mº de Fomento para la RIGE
 - Normas de las CC.AA.
 - Recomendaciones para carreteras de baja intensidad de tráfico
- Algunas metodologías con base analítica:
 - Francia: Guía para el dimensionamiento del SETRA
 - Andalucía: ICAFIR
 - Algunos empíricos permiten variantes analíticas (6.1-IC, p.e.)
- No se emplea AASHTO.
- No hay previsión de emplear MEPDG

Métodos analíticos. ¿qué falla?





Los tipos de mezclas asfálticas en la normativa europea EN-13108

- EN 12108-1: Asphalt Concrete (**AC**) *(incluido Alto Módulo)*
- EN 12108-2: Asphalt Concrete for Very Thin Layers (**BBTM**)
- EN 12108-3: Soft Asphalt (**SA**)
- EN 12108-4: Hot Rolled Asphalt (**HRA**)
- EN 12108-5: Stone Mastic Asphalt (**SMA**)
- EN 12108-6: Mastic Asphalt (**MA**) *(incluido el Gussasphalt)*
- EN 12108-7: Porous Asphalt (**PA**) *(incluido el Double Layered PA (2L PA))*
- EN 12108-8: Reclaimed Asphalt (**RAP**)
- EN 12108-9: Asphalt for Ultra-Thin Layer (**AUTL**)

Dos cualidades:

VERSATILIDAD para cubrir todo tipo de necesidades del pavimento

ADAPTABILIDAD para adecuarse a las condiciones locales



Las normas europeas para mezclas asfálticas

EN-12697-XX

1. Contenido de ligante soluble
 2. Granulometría de las partículas
 3. Recup. ligante-Evapor. rotatorio
 4. Recup. ligante-Columna fracc.
 5. Densidad máxima
 6. Densidad aparente
 7. Densidad por rayos gamma
 8. Contenido de huecos
 9. *Densidad de referencia*
 10. Compactabilidad
 11. Afinidad árido-ligante
 12. Sensibilidad al agua
 13. Medición de temperatura
 14. Contenido de agua
 15. Sensibilidad a la segregación
 16. Abrasión neumáticos de clavos
 17. Pérdida de partículas en PA
 18. Ecurrimiento del ligante
 19. Permeabilidad de las probetas
 20. Indentación en probetas cúbicas o cilíndricas
 21. Indentación en probetas planas
 22. Ensayo de rodadura (WTT)
 23. Ensayo de tracción indirecta
 24. Ensayo de resistencia a la fatiga
 25. Ensayo de compresión cíclico
 26. Rigidez
 27. Toma de muestras-testigos
 28. Preparación de muestras
 29. Dimensiones de las probetas
 30. Compactador de impactos
 31. Compactador giratorio
 32. Compactador vibratorio
 33. Compactador de placa
 34. Ensayo Marshall
 35. Mezclado en laboratorio
 36. Espesor de pavimentos
 37. Adhesividad de gravillas preenvueltas (método arena)
 38. Aparatos de ensayo y calibración
 39. Contenido de ligante por ignición
 40. Drenabilidad in situ
 41. Resistencia a los fluidos de deshielo
 42. Materias extrañas en RAP
 43. Resistencia a combustibles
 44. Propagación de fisuras
 45. Rigidez a tracción tras saturación
 46. Fisuración a baja temperatura
 47. Contenido de cenizas en asfalto natural
 48. ¿?
 49. Rozamiento tras pulido
- Pre 50. Resistencia al desgaste*
Pre 53. Incremento de la cohesión
Pre 54. Curado de muestras para ensayos de mezclas con emulsión
Pre 55. Evaluación organoléptica de compatibilidad de componentes en mezclas con emulsión
Pre 56. Compactación estática

Factores de diseño de M.A.

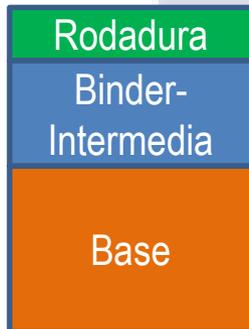
➤ **Tráfico:**



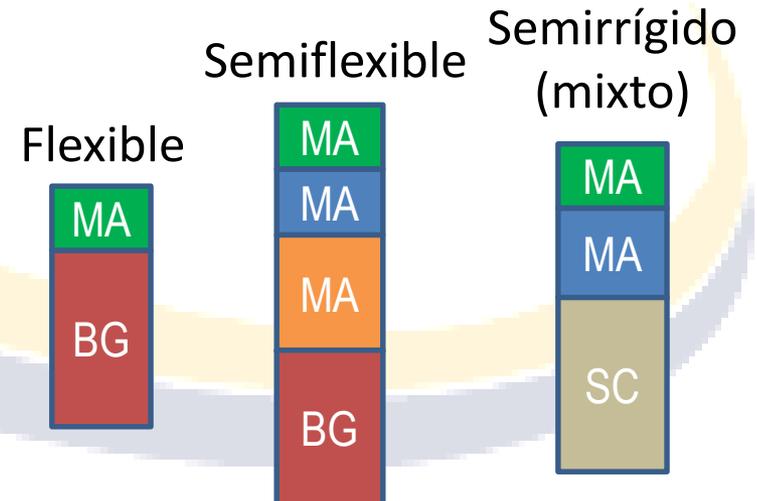
➤ **Clima:**



➤ **Posición de la M.A. en el pavimento**



➤ **Tipo de firme:**



Factores de diseño → Propiedades relevantes de la M.A.

	TIPOS DE FIRME - TRÁFICO - POSICIÓN EN EL FIRME																				
	FLEXIBLE (<15 cm)					SEMIFLEXIBLE (>15 cm)						SEMIRRÍGIDO									
	LIGERO		MEDIO			MEDIO			PESADO			LIGERO		MEDIO			PESADO				
PROPIEDADES DE LA MEZCLA	Rodadura	Intermedia	Rodadura	Intermedia	Base	Rodadura	Intermedia	Base	Rodadura	Intermedia	Base	Rodadura	Intermedia	Base (1)	Rodadura	Intermedia	Base (1)				
Módulo de rigidez	1	2	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	2	2	2	N.A.	2	2	N.A.		
Adaptabilidad al soporte	2	4	2	3	3	1	2	3	1	2	2	0	0	0	0	N.A.	0	0	N.A.		
Resistencia a fatiga	1	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	N.A.	0	0	N.A.		
Resistencia a deformaciones plásticas (2)	1	1	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	4	4	N.A.	4	4	N.A.		
Resistencia a la acción de agua (3)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	N.A.	4	4	N.A.		
Resistencia a esfuerzos tangenciales	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	N.A.	4	0	N.A.
Resistencia a la desintegración	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	N.A.	4	0	N.A.
Resistencia a fisuración a bajas temperaturas	2	1	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	2	1	N.A.	2	1	N.A.		
Resistencia a la fisuración por envejecimiento	3	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	N.A.	3	0	N.A.
Resistencia a fisuración mecánica (top-down)	0	0	1	1	0	2	2	1	3	3	2	0	0	1	1	N.A.	1	1	N.A.		
Resistencia a la fisuración por reflexión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	N.A.	4	4	N.A.		
Resistencia al escurrimiento (sólo con BBTM-P)	2	N.A.	2	N.A.	N.A.	2	N.A.	N.A.	2	N.A.	N.A.	2	N.A.	2	N.A.	N.A.	2	N.A.	N.A.		
Impermeabilidad (5)	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	N.A.	3	2	N.A.		
Drenabilidad superficial	3	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	N.A.	3	0	N.A.
Trabajabilidad	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	N.A.	2	2	N.A.		
Macrorrugosidad (rodadura)	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	N.A.	4	0	N.A.
Microrrugosidad (rodadura)	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	N.A.	4	0	N.A.
Propiedades acústicas	3	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	N.A.	3	0	N.A.
Propiedades ópticas	3	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	N.A.	3	0	N.A.

Valoración de relevancia

Indiferente	0
Marginal	1
A considerar	2
Importante	3
Fundamental	4
No aplica	N.A.

Tipo de Tráfico	Nº de VP por día y carril (13t)	W18 (20 años, I-3%)
LIGERO: T4	<50	< 3 Mill
MEDIO: T3-T2	50-800	3 Mill -50 Mill
PESADO: T1 o sup	>800	> 50 Mill

Propiedades de la M.A. vs Composición y propiedades de los componentes

↓ PROPIEDADES DE LA MEZCLA	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES																														
	Árido														Ligante										Otros						
	Gruoso					Fino			P.M.	Conjunto					Consistencia				Otros												
	Angularidad	Coefficiente de forma	Resistencia a la fragmentación	Resistencia al pulimento	Limpieza	Angularidad	Resistencia a la fragmentación	Actividad-Plasticidad	Forma-Angularidad	Actividad-Plasticidad	Alterabilidad fisicoquímica	Absorción	Granulometría. Tipo más adecuado.	Fuso granulométrico. Tolerancia	Tamaño máximo del árido	Temp. media de servicio	Temp. alta de servicio	Temp. baja de servicio	Temp. máx. de aplicación	Susceptibilidad térmica	Ductilidad	Envejecimiento a corto plazo	Envejecimiento a largo plazo	Recuperación elástica.	Cohesión interna	Adhesividad árido-ligante	Contenido de ligante en mezcla	Relación ponderal filler/betún	Huecos en mezcla	Huecos en áridos	Huecos rellenos
Módulo de rigidez	3	2	2	0	3	3	1	2	2	2	3	2	3	2	1	4	2	0	0	1	0	3	2	0	1	2	2	3	3	2	3
Adaptabilidad al soporte	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
Resistencia a fatiga	1	1	3	0	3	2	1	3	2	2	2	3	3	2	1	2	1	1	0	2	3	2	3	3	3	3	4	2	3	1	3
Resistencia a deformaciones plásticas	3	2	2	0	2	3	1	2	2	3	1	3	3	2	2	2	4	0	0	2	0	3	1	3	2	2	3	3	4	3	3
Resistencia a la acción de agua	1	2	2	0	3	1	1	3	1	3	3	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	4	2	1	3	1	2
Resistencia a esfuerzos tangenciales	3	3	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	0	2	0	3	2	3	2	3	3	2	3	1	2
Resistencia a la desintegración	2	1	2	0	4	1	0	4	1	3	3	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	2	0	2	4	3	1	3	1	2
Resistencia a fisuración a bajas temperaturas	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	3	1	2	0	0	0	0	4	0	2	3	2	3	2	2	1	3	3	1	1	2
Resistencia a la fisuración por envejecimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	2	3	4	1	2	2	3	2	2	1	2
Resistencia a fisuración mecánica (top-down)	1	1	1	0	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	2	2	3	4	2	2	2	3	3	3	1	2
Resistencia a la fisuración por reflexión	1	1	1	0	1	2	0	2	2	0	2	2	2	0	1	2	0	1	0	1	3	3	4	3	3	2	4	2	2	1	2
Resistencia al escurrimiento	2	1	0	0	0	2	0	1	2	1	0	2	3	0	0	0	0	0	4	3	0	2	0	0	0	1	3	2	4	2	1
Permeabilidad-Impermeabilidad	1	2	2	0	0	0	1	1	0	1	1	1	4	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	3	3
Drenabilidad superficial	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	2	2
Trabajabilidad	3	1	0	0	0	3	0	0	2	0	0	1	2	0	2	0	0	0	4	2	0	1	0	2	1	0	3	2	0	0	2
Macrorrugosidad (rodadura)	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	2	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	2	2
Microrrugosidad (rodadura)	3	1	0	4	1	2	0	0	2	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	1
Propiedades acústicas	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	0	4	2	2	
Propiedades ópticas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	

Valoración de la relevancia

Indiferente	0
Marginal	1
A considerar	2
Importante	3
Fundamental	4

TIPOS DE ENSAYOS MECÁNICOS

- **Fundamentales** : Determinan los parámetros que se usan en reología para modelizar el comportamiento de los materiales bajo carga.
 - **Ensayo triaxial dinámico** → módulo tensión-compresión
 - **Ensayo DSR** → módulo de corte
 - **Ensayo fatiga 4 puntos** → evolución módulo complejo
- **Simulación**: Analizar la respuesta del material en un estado tensional similar al que se produce in situ.
 - **Ensayo máquina de pista** → resist. deformaciones
- **Experimentales**: No miden directamente las propiedades mecánicas, pero existe una relación entre el parámetro y la propiedad considerada
 - **Ensayo Marshall** → resist. deformación.

¿Para cuándo el cambio metodológico?

Métodos de diseño empíricos tradicionales
(ensayos experimentales y/o simulación)

Métodos prestacionales
(ensayos fundamentales)

➤ Razones:

- Reducción de inversiones en grandes obras
- Pérdida de conocimiento en las AA.PP..
- Coste de la implementación de los ensayos fundamentales
- Desvío del interés hacia otras áreas (sostenibilidad)

Si pueden, no se los pierdan...



CONECTANDO CULTURAS
FORTALECIENDO ECONOMÍAS

6 - 10 Octubre 2019



7th E&E CONGRESS
EURASPHALT & EUROBITUME

ASPHALT 4.0 FOR FUTURE MOBILITY

#eecongress2020

MADRID 12-14 May 2020
Palacio Municipal de Congresos de Madrid

Muchas gracias por su atención