

22 al 26 de OCTUBRE DE 2012

COMPLEJO FIERAL CÓRDOBA - CIUDAD DE CÓRDOBA . ARGENTINA



**DESAFÍOS DEL TRANSPORTE FRENTE AL CRECIMIENTO**



# Diseño de Mezclas Asfálticas. Requerimientos técnicos de la ruta.

**Yves BROSSEAUD - IFSTTAR**

**Seminario Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente en los Inicios del Siglo XXI**

**Coordinador Ing. Jorge Tosticarelli**

# Contenido

- Evolución de mixturas bituminosas en Francia
- Especificaciones normalizados con las materiales
  - Capas de base
  - Capas de superficie
- Especificaciones de fabricación en Europa por:
  - La formulación
  - Control de calidad
- Especificaciones nacionales por las aplicaciones
  - Control de calidad



# Evolución de las mezclas las 30 anos

Asimilar una novedad, comprender como se concibió

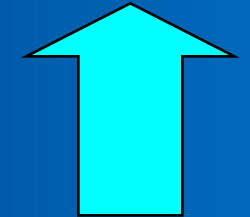
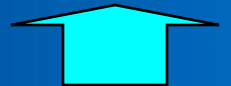
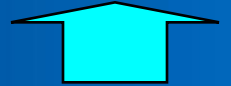
⇒ Conocimiento del contexto de desarrollo

- **Investigación** conjunta entre la Administración y empresas viales para hecer frente al aumento de la demanda:  
⇒ desarrollo de productos, Métodos, medios de ensayos, técnicas
- **Normalización**  
**Francesa** desde 1992 ⇒ 10 normas  
**Europea 2008** tiene en cuenta productos franceses (BBTM)
- **Patrocinio de la DR a la innovación** ⇒ carta
- **Principio de disociación de las funciones de las capas**  
⇒ bases = estructura / rodamiento = C.D.S.

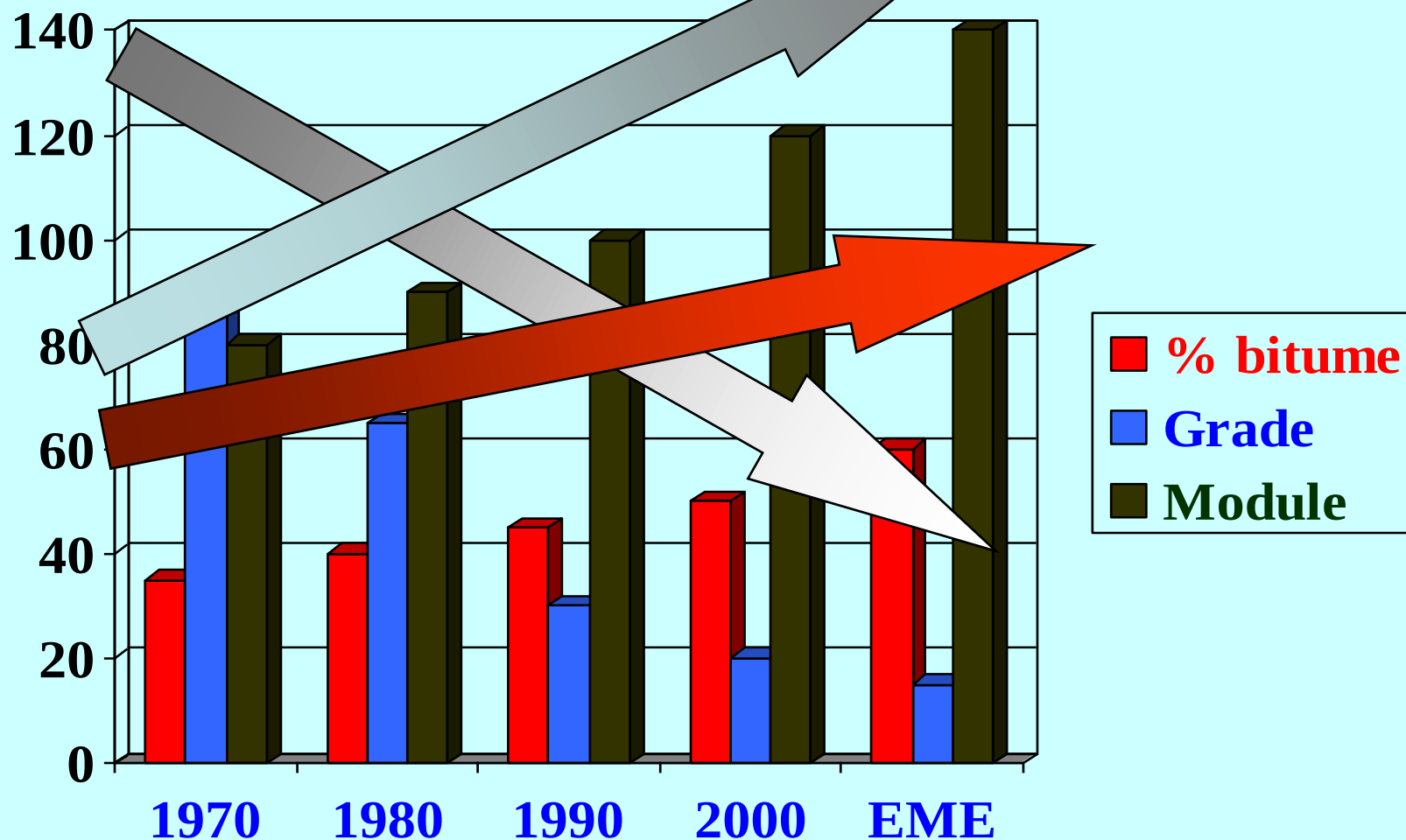


# La evolución de capa asfáltica de base

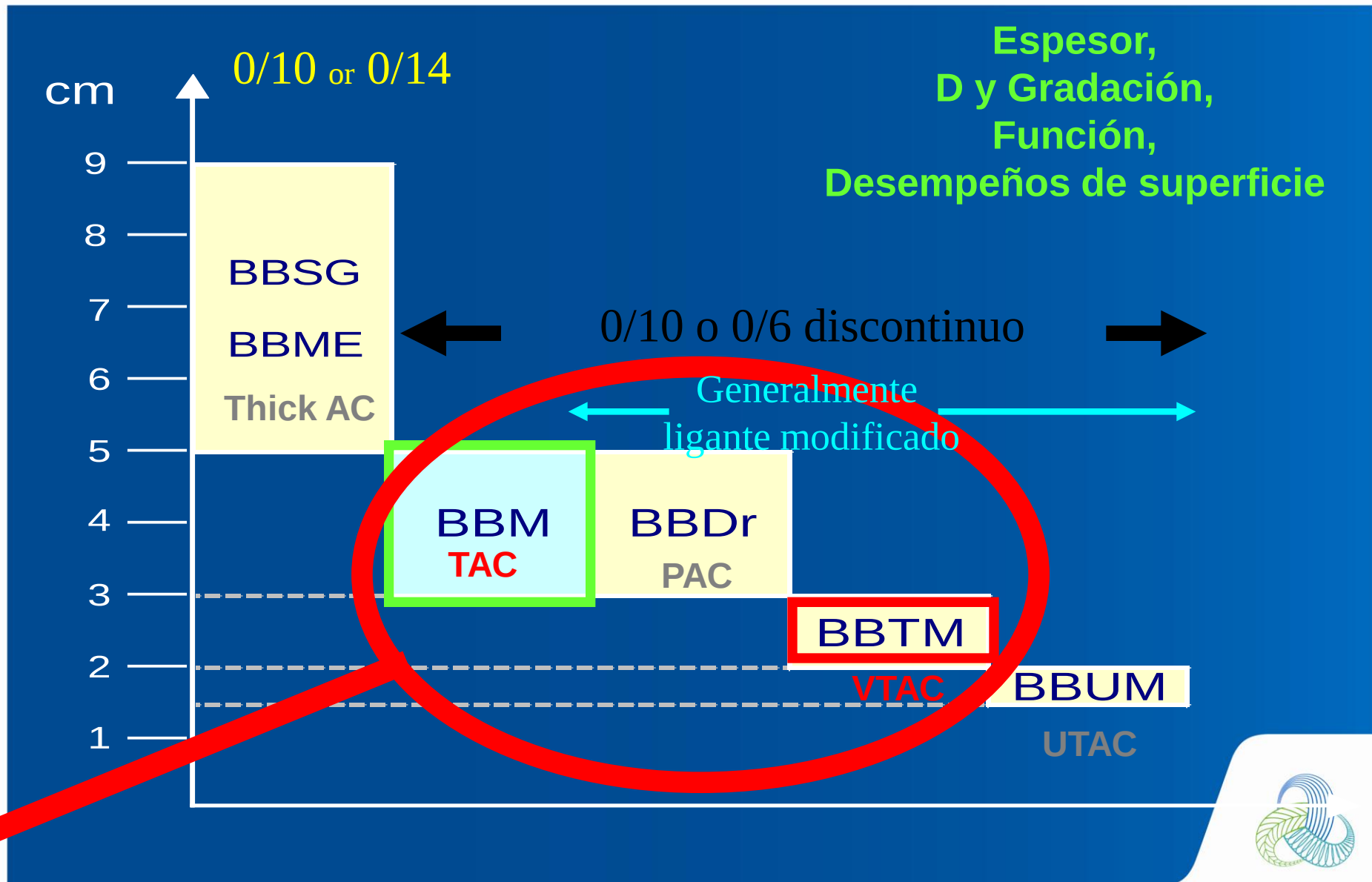
- Contendio de bitumen cada vez mas elevado
- Tamaño máximo en descenso :
  - 31 ➡ 20 ➡ 14 ➡ 10 mm
- Aumento de la consistencia de los bitúmenes:
  - 50 ➡ 35 ➡ 20 ➡ 10 pen
- Aditivos para aumentar la durabilidad
- Mejoramiento de performances (y regularidad)
  - GB 3 luego GB 4
  - EME 2
- Reducción de espesores



# Evolución de mezclas de base



# Clasificación de Concretos Asfálticos en Caliente



# Evolución de la demanda: capas de rodamiento

- **60-75:** Refuerzo estructural ▶▶ MDC grueso (6-10 cm)
- **75-85:** Mantenimiento superficial ▶▶ MDC delgadas (4-5 cm) *sobre soportes de buena calidad (estructural y geométrico)*
- **85-05:** Mantenimiento superficial mas direccionado :
  - Adherencia ▶▶ BBTM (2 a 3 cm)
  - Confort visibilidad ▶▶ BB Drenante (4 cm)
  - Estética ▶▶ BBTM 0/6 discontinuo
  - Reducción de ruido ▶▶ BBTM 0/6
  - Fuerte resistencia al ahuellamiento ▶▶ BB especiales
  - Reducción de daños por fatiga ▶▶ BB de alto módulo



# Superficies de rodamiento : evolucion



Especificación por la espesor de la capa:  
Tolerancias:  $\pm 1$  cm



# Consecuencias sobre la formulación de las mezclas de capas de rodamiento

- Espesores cada vez mas delgados ➡ 1 a 2cm
- Formulación ➡ discontinua
- Mezcla cada vez mas granulada (doble en fracción de gravillas)
- Aumento de la porosidad
  - ➡ Riego de liga-impermeabilización
- Empleo mas frecuente de ligantes modificados o especiales
- Productos generalmente en caliente [*salvo ECF*]
- Productos normalizados ➡ Exigencias de comportamiento



# Especificidades de los BBM y BBTM y BBdrenante

- Agregados:
  - Elevada resistencia a la abrasión ( $LA < 15-20$ ,  $PSV > 50$ )
  - Curva granulométrica discontinua de la mezcla
  - Fracciones homogéneas: gradación y filler
- Asfalto:
  - Puro de grado de penetración: 35/50
  - Polímero modificador: SBS, EVA, PiB,...
- Capa de liga = adherente + impermeable
- Composición libre = respeto de desempeños definidos en el estándar
  - Contenido de vacíos
  - Buena o excelente resistencia a las roderas



# Formulación y composición de mezclas



Laboratoire Central  
des Ponts et Chaussées



Réseau  
Scientifique  
et Technique  
de l'Équipement



**Manuel LPC d'aide à la formulation  
des enrobés à chaud**



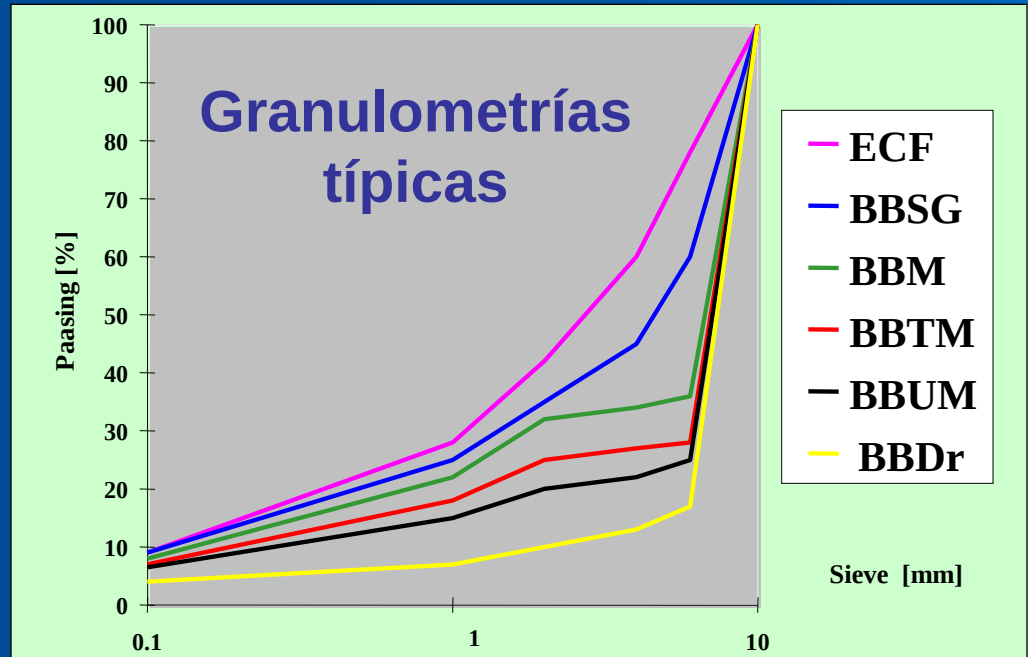
**12 YB - LCPC**

# Diseño y composición de mezclas

Standard → Desempeño  
~~Gradación y contenido de ligante~~

Estudio en Labo.  
→ **elección del diseñador**

Herramienta de  
formulación:  
Compactador Giratorio  
(PCG)



Estimación del contenido de vacíos en el lugar

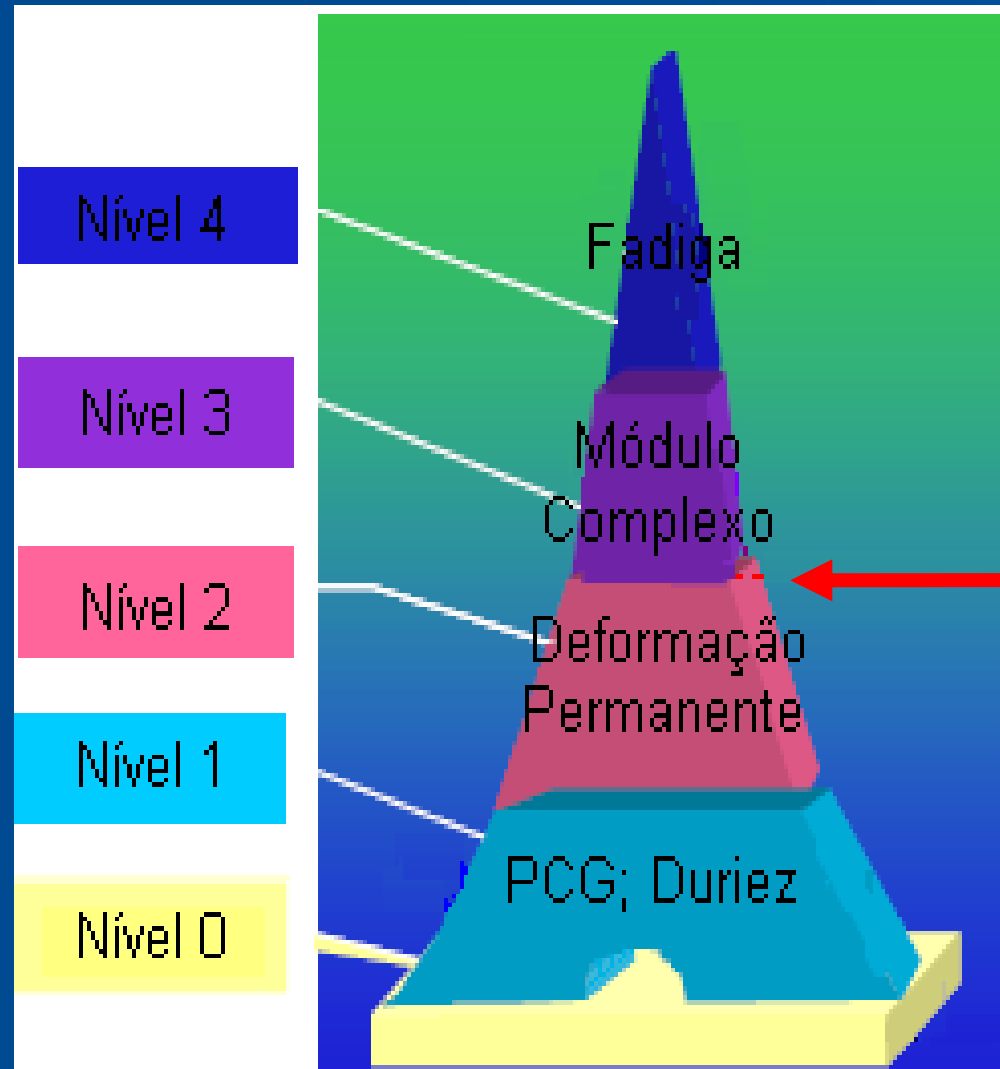
$$V_{lugar} = V(Ne)$$

Ne # de ciclo como espesor [mm]

13



# NIVELES DE FORMULACIÓN



Níveis  
Fundamentais

Níveis  
Empíricos



# Selección de los constituyentes : ligante

## Standard des bitumen en Francia **NF EN 12 591**

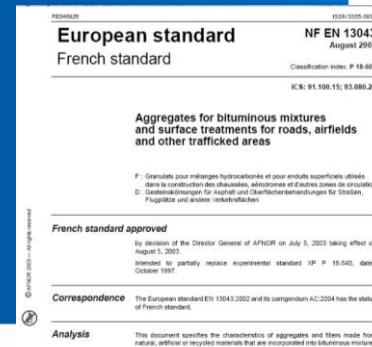
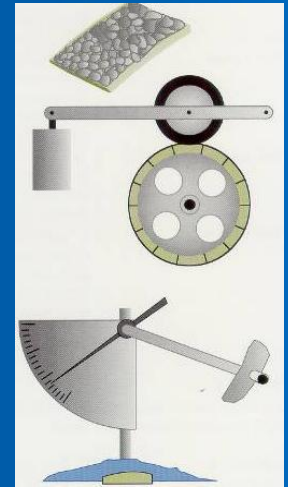
| Characteristics                                                      | Test method   | 160/220    | 70/100    | 50/70    | 35/50    | 20/30    |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|------------|-----------|----------|----------|----------|
| Pen at 25°C, 100 g, 5s (1/10 mm)                                     | NF EN 1426    | 150 to 220 | 70 to 100 | 50 to 70 | 35 to 50 | 20 to 30 |
| R&B softening point, (°C)                                            | NF EN 1427    | 35 to 43   | 43 to 51  | 46 to 54 | 50 to 58 | 55 to 63 |
| RTFOT aging at 163°C, 75 mm:                                         | NF EN 12607-1 |            |           |          |          |          |
| • Mass loss, (%)                                                     |               | ≤ 1        | ≤ 0.8     | ≤ 0.5    | ≤ 0.5    | ≤ 0.5    |
| • Increased softening point, (°C)                                    |               | ≤ 11       | ≤ 9       | ≤ 9      | ≤ 8      | ≤ 8      |
| • Softening point after test, (°C)                                   |               | ≥ 37       | ≥ 45      | ≥ 48     | ≥ 52     | ≥ 57     |
| • Residual penetration, (%)                                          |               | ≥ 37       | ≥ 46      | ≥ 45     | ≥ 53     | ≥ 55     |
| Flash point, Cleveland cup (°C)                                      | NF EN 22592   | ≥ 230      | ≥ 230     | ≥ 230    | ≥ 250    | ≥ 250    |
| Ductility at 25°C, (cm)                                              | NFT 66006     | ≥ 100      | ≥ 100     | ≥ 80     | ≥ 60     | ≥ 25     |
| Solubility in tetrachloroethylene C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> (%) | NF EN 12592   | ≥ 99       | ≥ 99      | ≥ 99     | ≥ 99     | ≥ 99     |
| Wax content                                                          | NF EN 12606-2 | ≤ 4.5      | ≤ 4.5     | ≤ 4.5    | ≤ 4.5    | ≤ 4.5    |



# Selección de los constituyentes : agregados

## NF EN 13043

- Características intrínsecas
  - $LA < 30$
  - $MDE < 25$
  - $PSV > 50$  (superficial)
- Características de fabricación
  - Granulometría ( $D_{max}$  20-14mm base, 14,10, o 6 mm)
  - Angularidad
  - Propreté : azul metileno
  - Forma  $FI < 25$
  - Ecoulement Ecs  $> 38$



# NIVEL 1

- Este puede ser suficiente para un bajo nivel de sollicitación sin ensayos complementarios en el caso que sea aplicado un bajo nivel de sollicitación.
- La preparación (fabricación y compactación) de las probetas es muy importante, para la pertinente de obras (performances comparable con materiales en obras)



NF EN 12697-35  
NF EN 12697-30  
NF EN 12697-27



# Fabricación de mezclas (síntesis)

NIVEL 1



## Objetivos :

- Ensayos Normalizados
- **Representativo del terreno**
- **Repetible** (muestras homogéneas)
- Precisión suficiente para diferenciar las performances



**Buena gestión**  
**Control de los medios**



Compactador de placas:

# Caracterización de la compactibilidad PCG

NIVEL 1

NF EN 12697-31



**Prensa de cizallamiento  
giratorio**

- Prensa de Cizallamiento Giratorio
- Normalizado ej. NFP 98-252
- Caracteriza la reducción del % de vacíos bajo fuerza axial + cizallamiento giratorio
- Optimización de la composición por ajuste del contenido de vacíos, conforme a normas de productos
- Predicción del % vacíos de campo  
 $C_c = C \cdot 10^e$

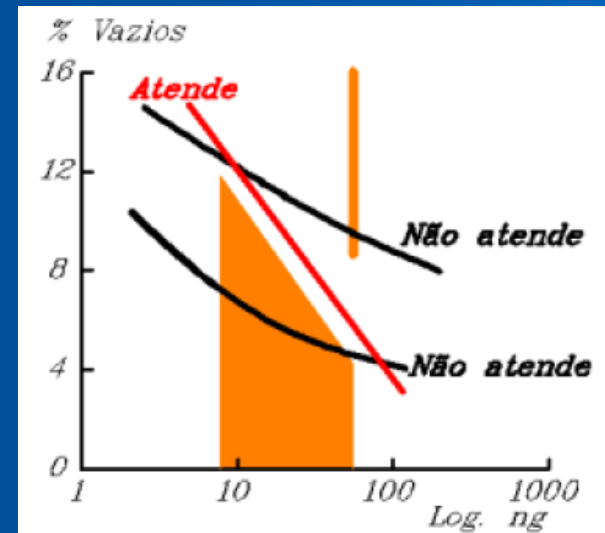
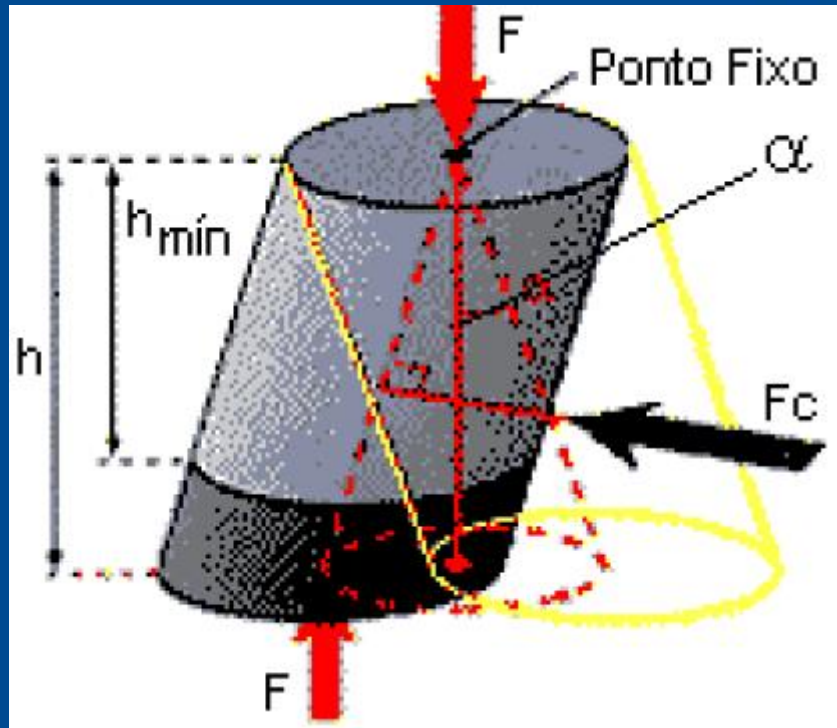
**Muy buena repetibilidad 1%,  
buena pertinencia del ensayo**



19 - YB-LCPC

# Interpretación de la PCG

NIVEL 1



|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| $h_{\min}$ | Altura mínima para 0% de vacíos |
| $h$        | Altura aparente para N giros    |
| $F$        | Fuerza axial                    |
| $F_c$      | Fuerza de cizallamiento         |
| $\alpha$   | ángulo de inclinación           |





Ensayo Duriez



## Ensayo Duriez

NF EN 12697-12

- Compactación de doble efecto:  
D < 14 mm H 190 mm, 60 kN, 5 min  
D > 14 mm H 270 mm, 180 kN, 5 min
- Conservación 18 C, 7 días, en seco 50 % humedad relativa y en inmersión
- Falla vertical (1 mm/s)
- Relación  $R_i / R_s$  (y % vacíos)
- $r = 0,08$        $R = 0,13$  (relación de 0,73)



ITSR

## Ensayo ITSR

- Compactación PCG o obras:
- Conservación 40 C, 1 día, en seco 50 % humedad relativa y en inmersión
- Compresión diametral : ITSR



# Los diferentes ensayos por la mezclas asfálticas:

## resistencia a la deformación permanente

NIVEL 2

- Todos los ensayos creados en Francia están en la norma europea para describir los características de la mezclas asfálticas.
- Pero también con equipos de otros países
- **Ejemplo : parar la determinación de la deformación permanente**
  - Equipo Inglés
  - Equipo Alemán
  - Equipo Francés



Pero cuando se habla de altas cargas la recomendación de la comisión es la utilización del equipo francés, porque es más exigente



# El Ahuellador LPC

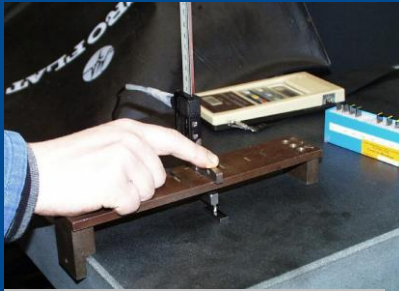
NIVEL 2

## NF EN 12697-22

- Normalizado ej NFP 98-253-1
- Influenciado por tráfico pesado, lento, canalizado, bajo alta temperatura
- Ranking pertinente (terreno), ensayo repetible ( $r = 1,2$  y  $R = 1,3$ )
- límites con ligantes polímeros



Detalle de la llanta



Medida de la huella

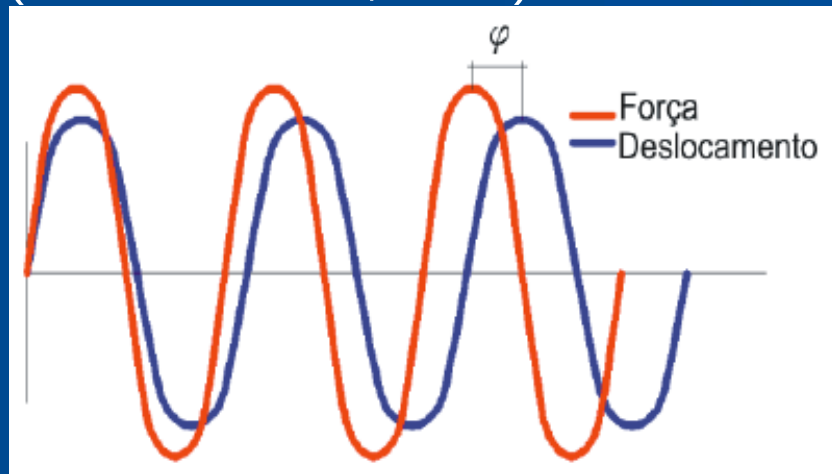
- Condiciones de ensayo:
  - llanta lisa, presión **0,6 MPa**
  - carga 5 kN, veloc. **1 ciclo / s**
  - temperatura controlada **60 °C**



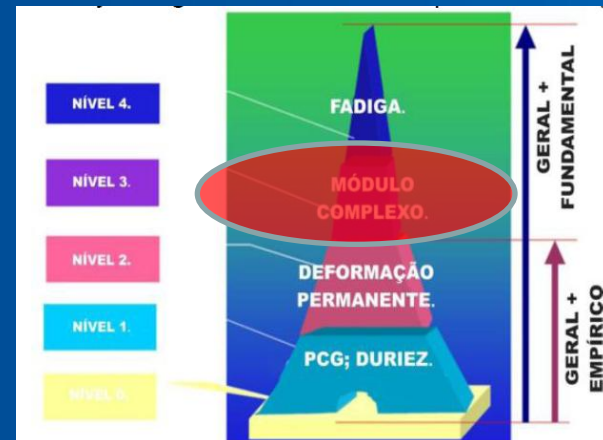
## NIVEL 3

- Especificado para obras importantes y cuando la capa interviene en el funcionamiento estructural del pavimento. Los valores del módulo a 15 C y 10Hz o 0,2 segundos, son utilizados directamente en los modelos de cálculo de dimensionamiento

(MANUAL LPC, 2007)

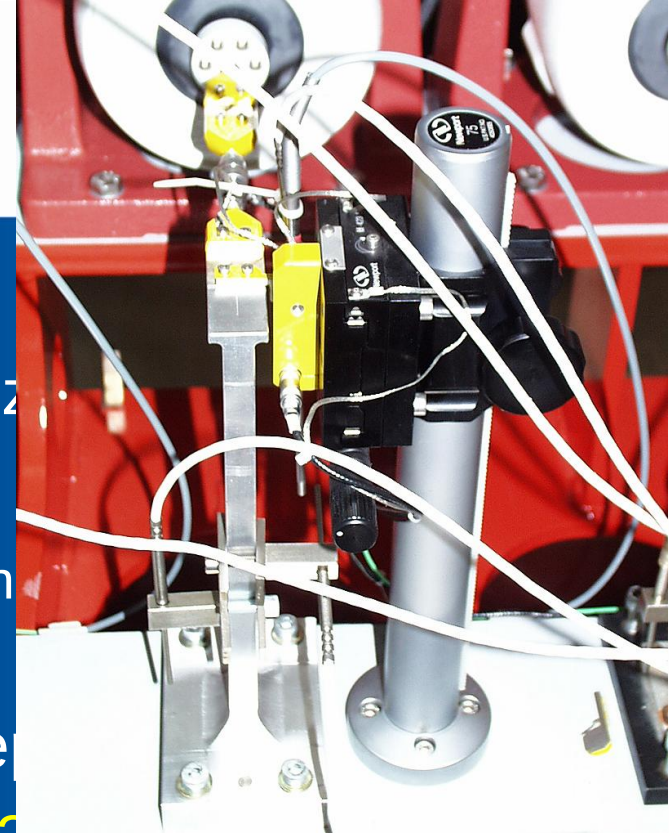


**Gráficos de fuerza e desplazamiento en cuerpos de prueba visco elásticos**



# Ensayo de módulo complejo

NIVEL 3



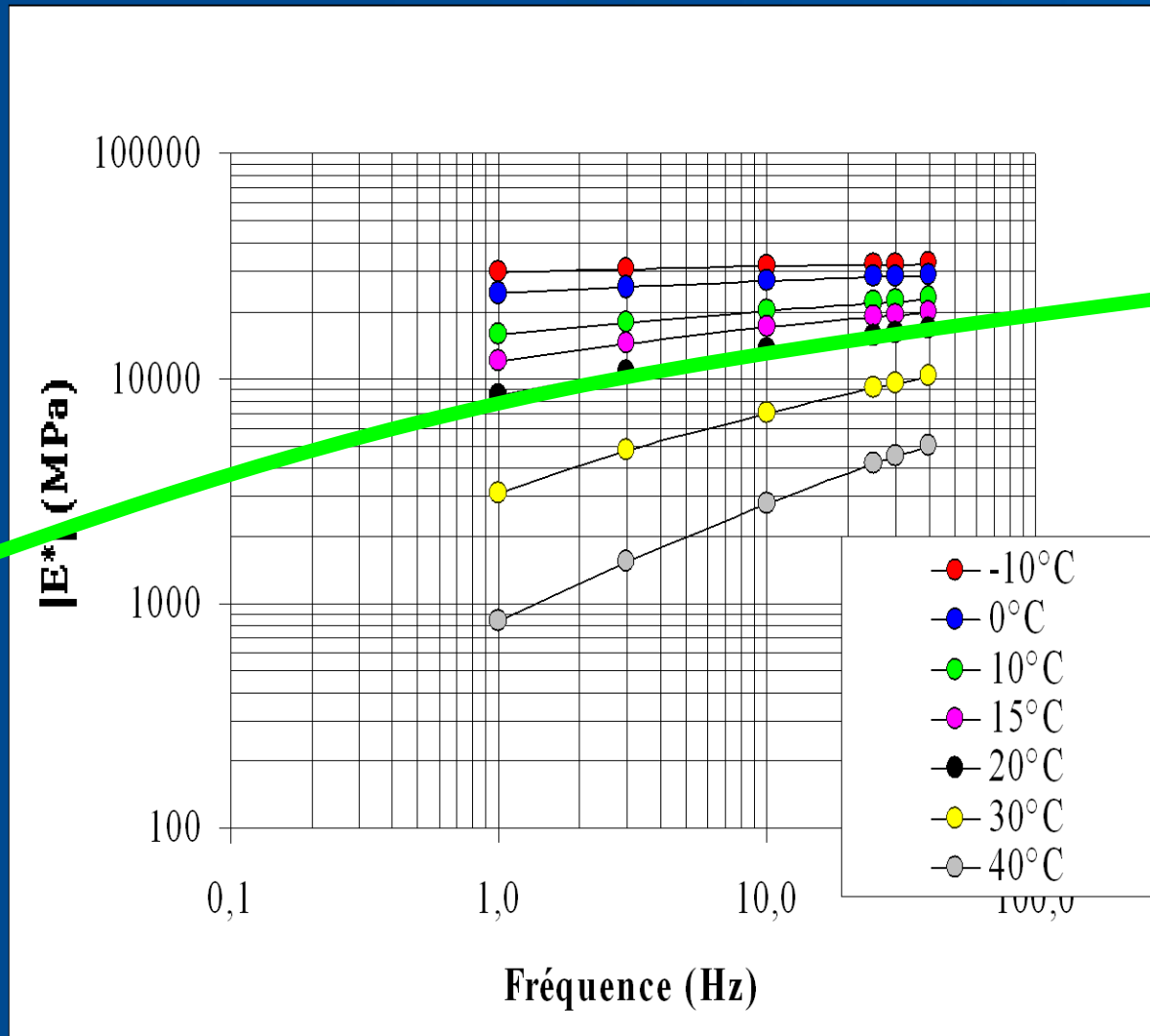
- Probeta trapezoidal
- Dimensiones : E dimension
- Máquina automática 3MC
- Probeta (otras re)

- $r = 385 \text{ MPa}$ ,  $R = 2250 \text{ MPa}$  ( $E = 153000 \text{ MPa}$ )
- $r = 1289 \text{ MPa}$ ,  $R = 7275 \text{ MPa}$  ( $E = 153000 \text{ MPa}$ )
- Vibrador electromagnético



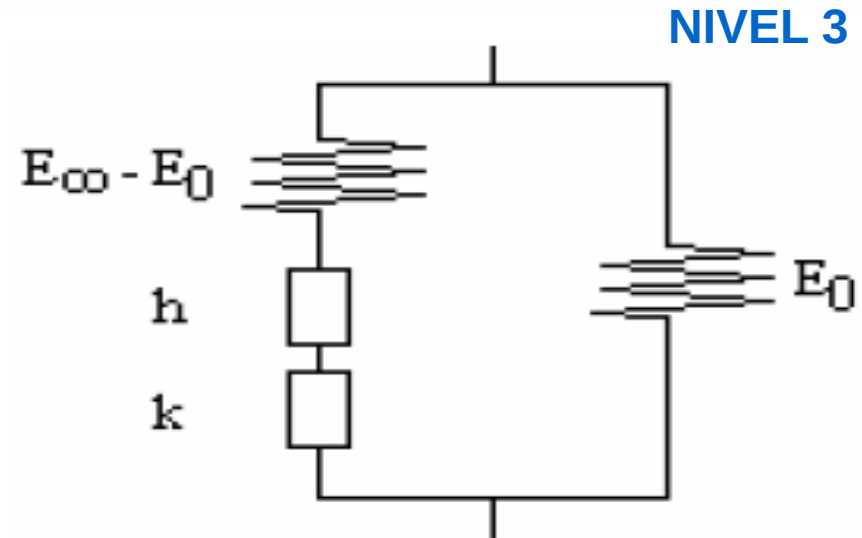
# Iso-temperatura del modulo – master curve

NIVEL 3



# Modelo de Huet Sayegh

$$E^*(\omega) = E_0 + \frac{E_\infty - E_0}{1 + \delta(i\omega\tau)^{-k} + (i\omega\tau)^{-h}}$$

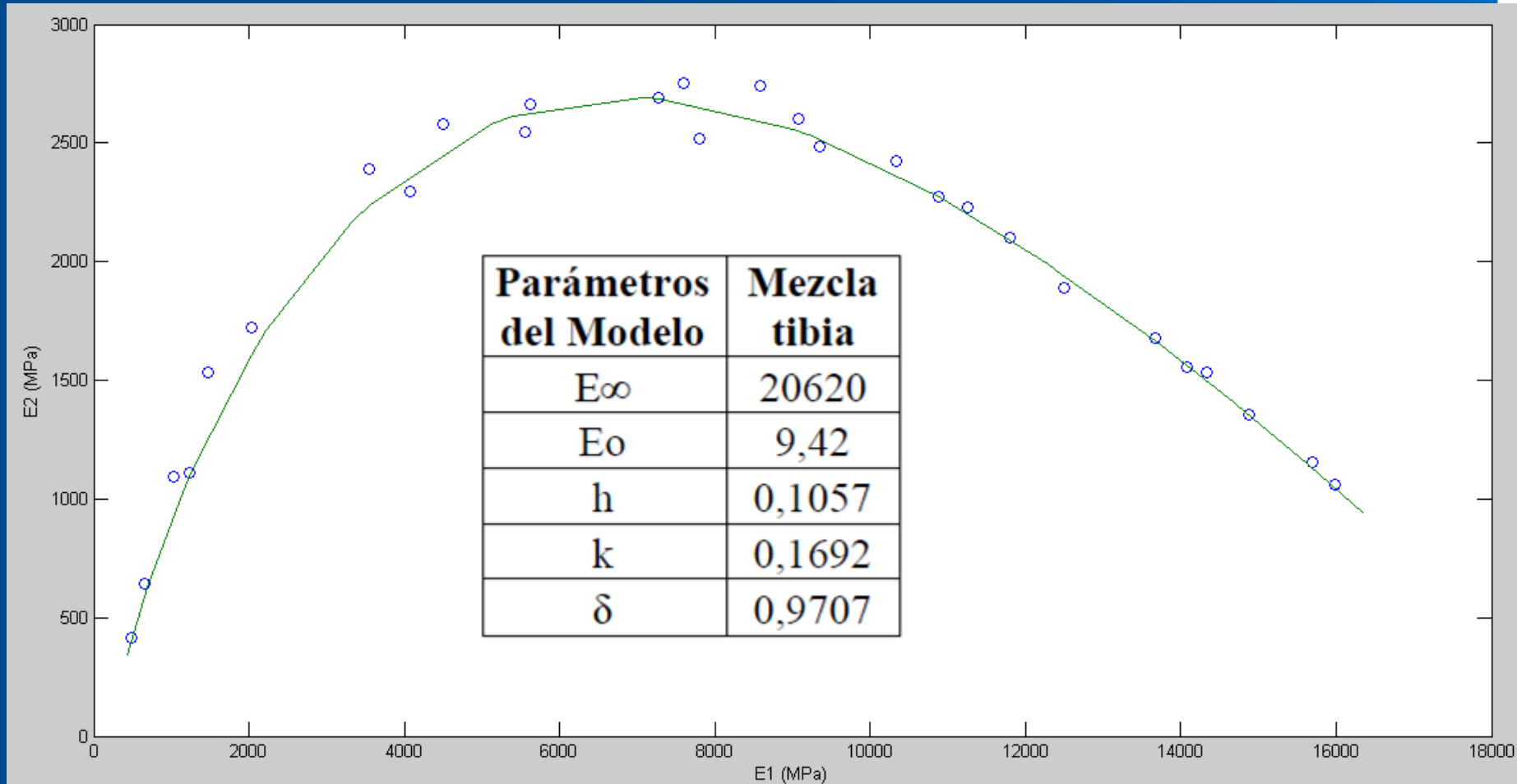


- $i$  Número complejo,  $i^2 = -1$
- $E_\infty$  Módulo inst. para elev. frec. bajas temp.
- $E_0$  Módulo estat. para bajas frec. elev. temp.
- $T$  Tiempo de relajación de los amortiguadores
- $h, k$  Parám. de los elem. parabólicos del modelo
- $\delta$  Constante adimens. (ligante, curva gran.)
- $\omega$   $2\pi f$ ,  $f$ =frecuencia de sol.; (pulsación)



# Modelo Huet-Sayegh

NIVEL 3



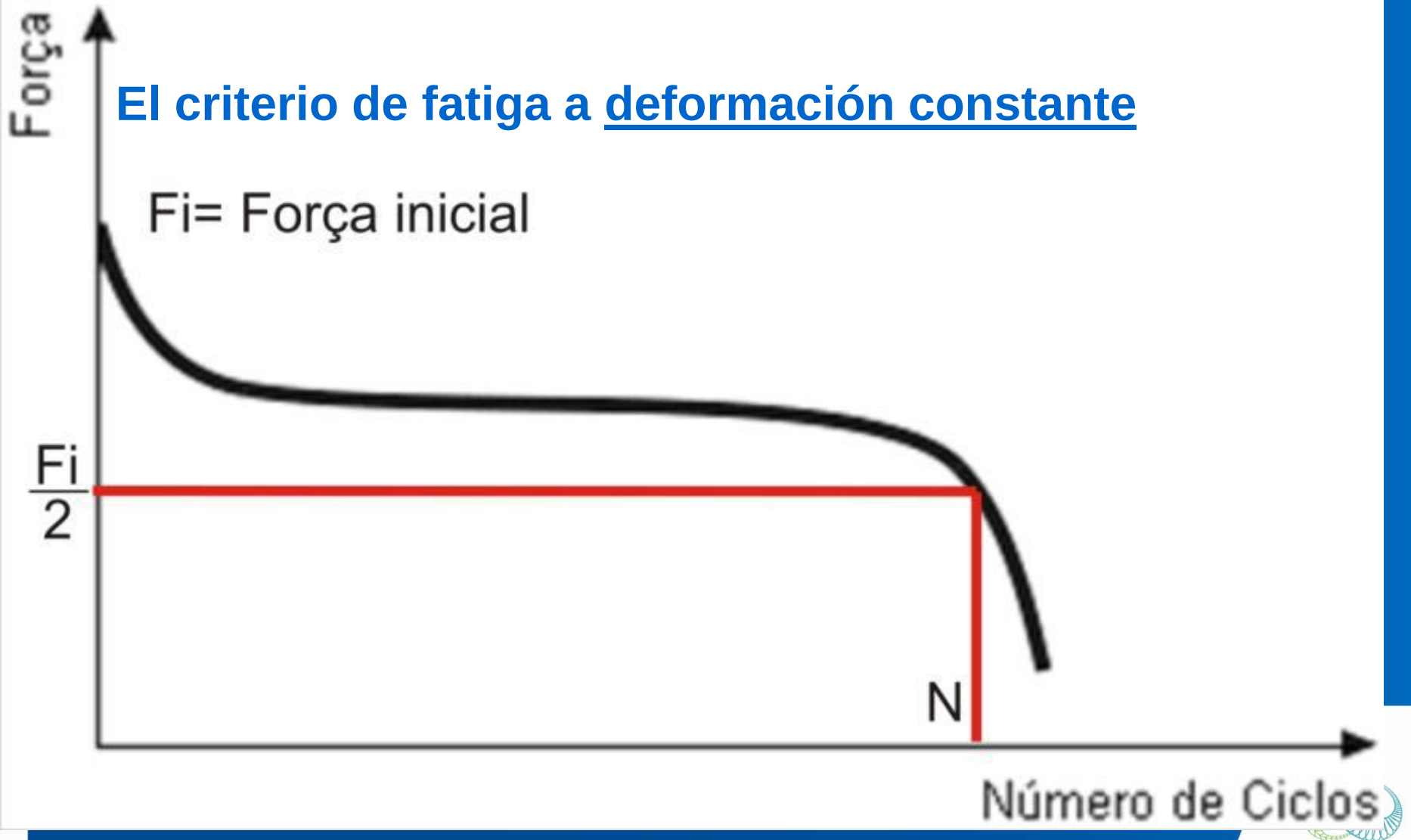
# NIVEL 4

## NIVEL 4

- Este nivel es especificado para el caso de pavimentos muy importantes en que la capa en cuestión trabaje a fatiga.



# Comportamiento durante la fatiga a deformación constante



# Ensayo de fatiga

NIVEL 4

## NF EN 12697-24



Motor y excéntrica  
Ensayo de fatiga

- Normalizado ej NF P 98-261-1
- Flexión 2 puntos, anclado a la base
- Probetas trapezoidales;
  - $B=56$ ,  $b=25$ ,  $e=2$ ,  $h=250$  mm
- 3 niveles de 6 probetas, 10 C y 25 Hz entre  $70$  y  $300 \cdot 10^{-6}$
- Cálculo de deformación a 1 millón de ciclos  $\varepsilon_6$
- $r = 4,2$  microdef  $R = 8,3$  microdef



# Otros equipados para determinar la fatiga

Módulos en flexión 4 puntos



Módulos resiliante  
compresión brésilian



# Prueba de Fatiga

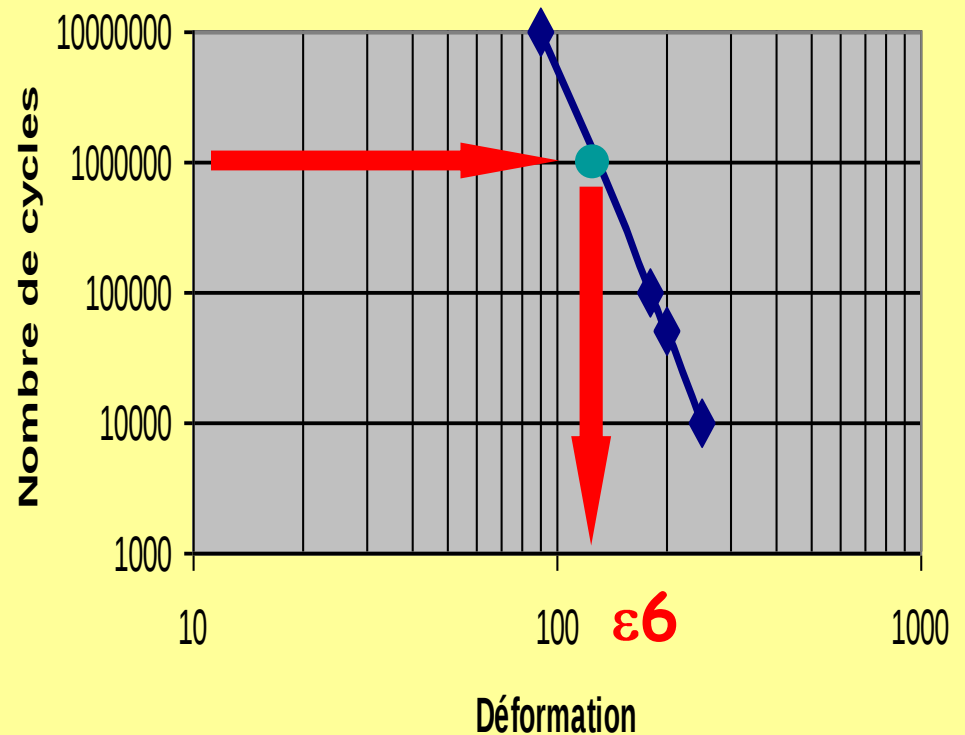


**Aparato M 2 F**

**Resultados (dimensionamiento):**

- Epsilon 6
- Dispersión (regresión)
- Cuesta de la recta de fatiga

**Leí de fatiga**



| Article   | Standard EN 13108-20<br>Paragraph title                                         | French choice | Testing condition                                                                |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 6.2       | Practical application                                                           | Laboratory    |                                                                                  |
| Annex B.1 | Bitumen mixture                                                                 |               |                                                                                  |
|           | Percentage of vacuums in PCG test tubes                                         | Laboratory    | NF EN 12697-31                                                                   |
|           | Sensitivity to water                                                            | Laboratory    | NF EN 12697-12                                                                   |
|           | Mixture resistance to permanent warping formulae for $\geq 13$ T axle loads     | Laboratory    | NF EN 12697-22, big model, In air at a specified temperature                     |
|           | Rigidity modulus                                                                | Laboratory    | NF EN 12697-26                                                                   |
|           | Strain on road dimensions based on two strain points                            | Laboratory    | NF EN 12697-24 — Annex A                                                         |
| Annex B.2 | Very thin bituminous concretes                                                  |               |                                                                                  |
|           | Percentage of vacuums in PCG test tubes                                         | Laboratory    | NF EN 12697-31                                                                   |
|           | Sensitivity to water                                                            | Laboratory    | NF EN 12697-12                                                                   |
| Annex B.6 | Liquid asphalts for road surfaces                                               |               |                                                                                  |
|           | Grading                                                                         | Laboratory    | NF EN 12697-2                                                                    |
|           | Apparent density                                                                | Laboratory    | NF EN 12697-6, method A in air and in water                                      |
|           | Permanent warping for ILD values greater than 2,5 mm                            | Laboratory    | NF EN 12697-20, $D \leq 11,2$ mm<br>NF EN 12697-21, $D > 11,2$ mm                |
| Annex B.7 | Bituminous draining concretes                                                   |               |                                                                                  |
|           | Percentage of vacuums in PCG test tubes                                         | Laboratory    | NF EN 12697-31                                                                   |
|           | Sensitivity to water                                                            | Laboratory    | NF EN 12697-12                                                                   |
| Annex C.5 | Void ratio                                                                      |               |                                                                                  |
|           | Rolling compaction energy at 40 gyrations (table C.1 — reference C.1.6)         | Laboratory    | NF EN 12697-31                                                                   |
|           | Vacuum percentage using PCG (table C.1 — reference C.1.23)                      | Laboratory    | NF EN 12697-31                                                                   |
|           | Proof body vacuum percentage on compactor plates (table C.1 — reference C.1.25) | Laboratory    | NF EN 12697-33                                                                   |
| Annex D.6 | Resistance to permanent warping through the use of rutting tests                |               | NF EN 12697-22                                                                   |
|           | Big model (table D.1 — reference D.1.8)                                         | Laboratory    | 60 °C and 3 000 cycles                                                           |
|           | Big model (table D.1 — reference D.1.9)                                         | Laboratory    | 60 °C and 10 000 cycles                                                          |
|           | Big model (table D.1 — reference D.1.10)                                        | Laboratory    | 60 °C and 30 000 cycles                                                          |
| Annex D.8 | Rigidity modulus                                                                |               | NF EN 12697-26                                                                   |
|           | 2 PB TR (table D.3 — reference D.3.1)                                           | Laboratory    | 15 °C and 10 Hz<br>(bending test on 2 points in trapezoid test tubes)            |
|           | DT CY (table D.3 — reference D.3.6)                                             | Laboratory    | 15 °C and 0,02 s<br>(single axle direct traction test on cylindrical test tubes) |
| Annex D.9 | Fatigue                                                                         |               | NF EN 12697-24                                                                   |
|           | A/2 PB TZ (table D.4 — reference D.4.1)                                         | Laboratory    | 10 °C and 25 Hz                                                                  |

|                                                                                                                                                                                      |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NF EN 13108-20                                                                                                                                                                       |  | EN 13108-20:2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| European standard                                                                                                                                                                    |  | NF EN 13108-20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| French standard                                                                                                                                                                      |  | June 2006                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                      |  | Classification code: F 90.619.01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                      |  | ICS: 75.140.50.603.01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Bituminous mixtures                                                                                                                                                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Material specifications                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Part 20: Type testing                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| F: Intégration technique — Constitution des matériaux — Partie 20: Essais de laboratoire                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D: Asphaltbeton — Materialanforderungen — Teil 20: Versuchsbedingungen                                                                                                               |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| French standard approved                                                                                                                                                             |  | On request of the Director General of AFNOR on May 23, 2006, under AFNOR logo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Correspondence                                                                                                                                                                       |  | The European standard EN 13108-20:2011 has the status of French standard.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Analysis                                                                                                                                                                             |  | This document describes the performance requirements included within the scope of the project to ensure the delivery of technical products. This document is an integral part of the project and must be read in conjunction with the other documents of the project. It is the responsibility of the project manager to ensure that the project is completed in accordance with the requirements of the project. |
| Description                                                                                                                                                                          |  | Technical information: Temperature, humidity, pressure, material, test, method, equipment, location, duration, results, interpretation, analysis, characteristics, testing, data, results.                                                                                                                                                                                                                        |
| Modifications                                                                                                                                                                        |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Corrections                                                                                                                                                                          |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Publication information: European Standard EN 13108-20:2011 is a European Standard. It is the property of AFNOR and is not to be reproduced without the written permission of AFNOR. |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| © AFNOR 2006                                                                                                                                                                         |  | AFNOR 2006                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                      |  | 17 pages 2006-07-01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



# Principales performances normalizadas en las normas de productos



# Type – frequency test control for components

(CC)

Table A.1 — Type and number of tests for constituent materials

| Constituent                                                                                        | Property                          | Test method                                  | Number of results |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------|
| Aggregate<br>(EN 13043)                                                                            | Grading                           | EN 933-1                                     | 1 by size         |
|                                                                                                    | Density                           | EN 1097-6                                    | 1 by size         |
| Binder, hard paving grade<br>bitumen and modified binder<br>(EN 12591, prEN 13924 and<br>EN 14023) | Penetration or softening<br>point | EN 1426 or 1427                              | 1                 |
|                                                                                                    | Viscosity <sup>a</sup>            | EN 12595 or 12596                            | 1                 |
| Filler<br>(EN 13043)                                                                               | Grading                           | EN 933-10                                    | 1                 |
|                                                                                                    | Density                           | EN 1097-7                                    | 1                 |
| Additives                                                                                          | Type                              |                                              |                   |
| Granulated reclaimed asphalt <sup>b</sup><br>EN 13108-8)                                           | Grading                           | EN 12697-2                                   | 1                 |
|                                                                                                    | Binder content                    | EN 12697-1                                   | 1                 |
|                                                                                                    | Recovered penetration             | EN 12697-3 or<br>EN 12697-4; plus<br>EN 1426 | 1                 |
|                                                                                                    | or<br>recovered softening point   | EN 12697-3 or<br>EN 12697-4; plus<br>EN 1427 | 1                 |
|                                                                                                    | Density                           | EN 12697-5                                   | 1                 |



# Type – frequency test control for asphalt concrete NF EN 13108-1 (QC)

| Property                                                                                                                                                | Test method                                                                                                                                                           | Number of tests                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Binder content (prescriptive)                                                                                                                           | EN 12697-1 and -39                                                                                                                                                    | 1 for production validation<br>0 for laboratory validation |
| Grading (prescriptive)                                                                                                                                  | EN 12697-2                                                                                                                                                            | 1 for production validation<br>0 for laboratory validation |
| Void content including VFB and VMA for required void content $V_{\max} \leq 7\%$ (prescriptive)                                                         | EN 12697-8<br>Using bulk density to EN 12697-6, procedure B, in a saturated surface dry condition.<br>Using maximum density to EN 12697-5 using procedure A in water. | 1                                                          |
| Void content including VFB and VMA for required void content $7 < V_{\max} < 10\%$ (prescriptive)                                                       | EN 12697-8<br>Using bulk density to EN 12697-6, procedure C, sealed with wax, shall be used.<br>Using maximum density to EN 12697-5 using procedure A in water.       | 1                                                          |
| Void content including VFB and VMA for required void content $V_{\max} \geq 10\%$ (prescriptive)                                                        | EN 12697-8<br>Using bulk density to EN 12697-6, procedure D, by dimensions.<br>Using maximum density to EN 12697-5 using procedure A in water.                        | 1                                                          |
| Void content of gyratory compacted specimens (prescriptive)                                                                                             | EN 12697-31                                                                                                                                                           | 1                                                          |
| Water sensitivity (performance related)                                                                                                                 | EN 12697-12                                                                                                                                                           | 1                                                          |
| Resistance to abrasion by studded tyres (performance related)                                                                                           | EN 12697-16, method A                                                                                                                                                 | 1                                                          |
| Resistance to permanent deformation (performance related — roads <sup>a</sup> )<br>For Asphalt Concrete designed for maximum axle loads less than 13 t. | EN 12697-22, small device, method B in air at prescribed temperature.                                                                                                 | 1                                                          |
| Resistance to permanent deformation (performance related — roads <sup>a</sup> )<br>For asphalt concrete designed for                                    | EN 12697-22, large device, in air at a prescribed temperature.                                                                                                        | 1                                                          |



# Empíricos metodología : ex EB10-BBSG

## Capa de superficie

|                       |             |                    | Caractéristiques générales |               |                                                                |                            |              |                        |                                                                                | Caractéristiques empiriques            |       |      |      |       |                             |
|-----------------------|-------------|--------------------|----------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------|------|------|-------|-----------------------------|
| Désignation           | Destination | NF EN de référence | Liant<br>Grade             | D (max) en mm | Sensibilité à l'eau<br>ITSR (I/C)<br>méthode B par compression | Pourcentage de vide<br>PCG |              |                        | Essai d'orniérage<br>À 60°C<br><br>Nb cycles<br>{% vides plaque}<br><br>Classe | Étendue (%)<br>/Tamis caractéristiques |       |      |      |       | Teneur en liant<br>minimale |
|                       |             |                    |                            |               |                                                                | Classe                     | Nb girations | à 10 girations         |                                                                                | 0,063                                  | 0,250 | 2,00 | 6,3  | D     |                             |
|                       |             |                    |                            |               |                                                                |                            |              |                        |                                                                                | %                                      | %     | %    | %    | %     |                             |
| EB10-BBSG<br>classe 0 | Roulement   | NF EN<br>13108-1   | *                          | 10            | ITSR <sub>70</sub>                                             | V <sub>min 5</sub>         | 60           | V <sub>10G min11</sub> | -                                                                              | 5                                      | 10    | 28   | 50   | 90    | TL <sub>min5,2</sub>        |
|                       | Liaison     |                    |                            |               |                                                                | V <sub>max 10</sub>        |              |                        |                                                                                | à 8                                    | à 25  | à 38 | à 65 | à 100 |                             |
| EB10-BBSG<br>classe 1 | Roulement   | NF EN<br>13108-1   | *                          | 10            | ITSR <sub>70</sub>                                             | V <sub>min 5</sub>         | 60           | -                      | 30 000 cycles<br>(Vi= 5% Vs = 8%)<br>P <sub>10</sub>                           | 5                                      | 10    | 28   | 50   | 90    | TL <sub>min5,2</sub>        |
|                       | Liaison     |                    |                            |               |                                                                | V <sub>max 10</sub>        |              |                        |                                                                                | à 8                                    | à 25  | à 38 | à 65 | à 100 |                             |
| EB10-BBSG<br>classe 2 | Roulement   | NF EN<br>13108-1   | *                          | 10            | ITSR <sub>70</sub>                                             | V <sub>min 5</sub>         | 60           | -                      | 30 000 cycles<br>(Vi= 5% Vs = 8%)<br>P <sub>7,5</sub>                          | 5                                      | 10    | 28   | 50   | 90    | TL <sub>min5,2</sub>        |
|                       | Liaison     |                    |                            |               |                                                                | V <sub>max 10</sub>        |              |                        |                                                                                | à 8                                    | à 25  | à 38 | à 65 | à 100 |                             |
| EB10-BBSG<br>classe 3 | Roulement   | NF EN<br>13108-1   | *                          | 10            | ITSR <sub>70</sub>                                             | V <sub>min 5</sub>         | 60           | -                      | 30 000 cycles<br>(Vi= 5% Vs = 8%)<br>P <sub>5</sub>                            | 5                                      | 10    | 28   | 50   | 90    | TL <sub>min5,2</sub>        |
|                       | Liaison     |                    |                            |               |                                                                | V <sub>max 10</sub>        |              |                        |                                                                                | à 8                                    | à 25  | à 38 | à 65 | à 100 |                             |

# Fundamentales metodología : ex EB10-BBSG

## Capa de superficie

|                    |             |                          | Caractéristiques générales |               |                                                          |                                           |              | Caractéristiques fondamentales                                           |                                                                              |                                                                             |
|--------------------|-------------|--------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Désignation        | Destination | Norme NF EN de référence | Liant Grade                | D (max) en mm | Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression | Pourcentage de vide PCG                   |              | Essai d'orniérage À 60°C<br><br>Nb cycles (% vides plaque)<br><br>Classe | Essai de module 15°C<br>0,02s ou 10 Hz<br><br>(% vides plaque)<br><br>Classe | Essai de fatigue 10°C<br>25 Hz flex.2<br><br>(% vides plaque)<br><br>Classe |
|                    |             |                          |                            |               |                                                          | Classe                                    | Nb girations |                                                                          |                                                                              |                                                                             |
| EB10-BBSG classe 1 | Roulement   | NF EN 13108-1            | *                          | 10            | ITSR <sub>70</sub>                                       | V <sub>min 5</sub><br>V <sub>max 10</sub> | 60           | 30 000 cycles<br>(Vi= 5% Vs = 8%)<br>P <sub>10</sub>                     | (Vi= 5% Vs = 8%)<br>S <sub>min5500</sub>                                     | (Vi= 5% Vs = 8%)<br>E <sub>6-100</sub>                                      |
|                    | Liaison     |                          |                            |               |                                                          |                                           |              |                                                                          |                                                                              |                                                                             |
| EB10-BBSG classe 2 | Roulement   | NF EN 13108-1            | *                          | 10            | ITSR <sub>70</sub>                                       | V <sub>min 5</sub><br>V <sub>max 10</sub> | 60           | 30 000 cycles<br>(Vi= 5% Vs = 8%)<br>P <sub>7,5</sub>                    | (Vi= 5% Vs = 8%)<br>S <sub>min7000</sub>                                     | (Vi= 5% Vs = 8%)<br>E <sub>6-100</sub>                                      |
|                    | Liaison     |                          |                            |               |                                                          |                                           |              |                                                                          |                                                                              |                                                                             |
| EB10-BBSG classe 3 | Roulement   | NF EN 13108-1            | *                          | 10            | ITSR <sub>70</sub>                                       | V <sub>min 5</sub><br>V <sub>max 10</sub> | 60           | 30 000 cycles<br>(Vi= 5% Vs = 8%)<br>P <sub>5</sub>                      | (Vi= 5% Vs = 8%)<br>S <sub>min7000</sub>                                     | (Vi= 5% Vs = 8%)<br>E <sub>6-100</sub>                                      |
|                    | Liaison     |                          |                            |               |                                                          |                                           |              |                                                                          |                                                                              |                                                                             |

# Fundamentales metodología : ex EB14-GB

## Capa de Base

|                     |             |                          | Caractéristiques générales |               |                                                                |                            |              | Caractéristiques fondamentales                                                 |                                                                                 |                                                                                |
|---------------------|-------------|--------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Désignation         | Destination | Norme NF EN de référence | Liant<br>Grade             | D (max) en mm | Sensibilité à l'eau<br>ITSR (I/C)<br>méthode B par compression | Pourcentage<br>de vide PCG |              | Essai d'orniérage<br>À 60°C<br><br>Nb cycles<br>(% vides plaque)<br><br>Classe | Essai de module<br>15°C<br>0,02s ou 10 Hz<br><br>(% vides plaque)<br><br>Classe | Essai de fatigue<br>10°C<br>25 Hz flex.2<br><br>(% vides plaque)<br><br>Classe |
|                     |             |                          |                            |               |                                                                | Classe                     | Nb girations |                                                                                |                                                                                 |                                                                                |
| EB14-GB<br>classe 2 | Assise      | NF EN<br>13108-1         | *                          | 14            | ITSR <sub>70</sub>                                             | V <sub>min 11</sub>        | 100          | 10 000 cycles<br>(Vi= 8% Vs = 11%)<br>P <sub>10</sub>                          | (Vi= 7% Vs = 10%)<br>S <sub>min9000</sub>                                       | (Vi= 7% Vs = 10%)<br>E <sub>6-80</sub>                                         |
| EB14-GB<br>classe 3 | Assise      | NF EN<br>13108-1         | *                          | 14            | ITSR <sub>70</sub>                                             | V <sub>min 10</sub>        | 100          | 10 000 cycles<br>(Vi= 7% Vs = 10%)<br>P <sub>10</sub>                          | (Vi= 7% Vs = 7%)<br>S <sub>min9000</sub>                                        | (Vi= 7% Vs = 10%)<br>E <sub>6-90</sub>                                         |
| EB14-GB<br>classe 4 | Assise      | NF EN<br>13108-1         | *                          | 14            | ITSR <sub>70</sub>                                             | V <sub>min 9</sub>         | 100          | 30 000 cycles<br>(Vi= 5% Vs = 8%)<br>P <sub>10</sub>                           | (Vi=5% Vs = 8%)<br>S <sub>min11000</sub>                                        | (Vi= 5% Vs = 8%)<br>E <sub>6-100</sub>                                         |

# Principales propiedades de bases

| type de mélange        | P.C.G. (teneur envides %)<br>C80 (D 10mm)<br>C100 (D 14mm)<br>C120 (D 20 mm) | Rapport r/R - Tenue à l'eau | Profondeur d'ornièrè<br>(60°C-100 mm)<br>* 10.000 cycles (%)<br>** 30.000 cycles (%) | Module de rigidité<br>(15°C-10Hz) en MPa | Déformation admissible<br>En fatigue (à 1 million de cycles) |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>G.B</b><br>classe 2 | $\leq 11$                                                                    | $\geq 0.65$                 | $\leq 10^*$                                                                          | $\geq 9,000$                             | $\geq 80.10^{-6}$                                            |
| <b>GB</b><br>classe 3  | $\leq 10$                                                                    | $\geq 0.7$                  | $\leq 10^*$                                                                          | $\geq 9,000$                             | $\geq 90.10^{-6}$                                            |
| <b>GB</b><br>classe 4  | $\leq 9$                                                                     | $\geq 0.7$                  | $\leq 10^{**}$                                                                       | $\geq 11,000$                            | $\geq 100.10^{-6}$                                           |
| <b>EME</b><br>classe 1 | $\leq 10$                                                                    | $\geq 0.7$                  | $\leq 7.5^{**}$                                                                      | $\geq 14,000$                            | $\geq 100.10^{-6}$                                           |
| <b>EME</b><br>classe 2 | $\leq 6$                                                                     | $\geq 0.75$                 | $\leq 7.5^{**}$                                                                      | $\geq 14,000$                            | $\geq 130.10^{-6}$                                           |

# Principales propiedades de mezclas de espesor para capas de superficie

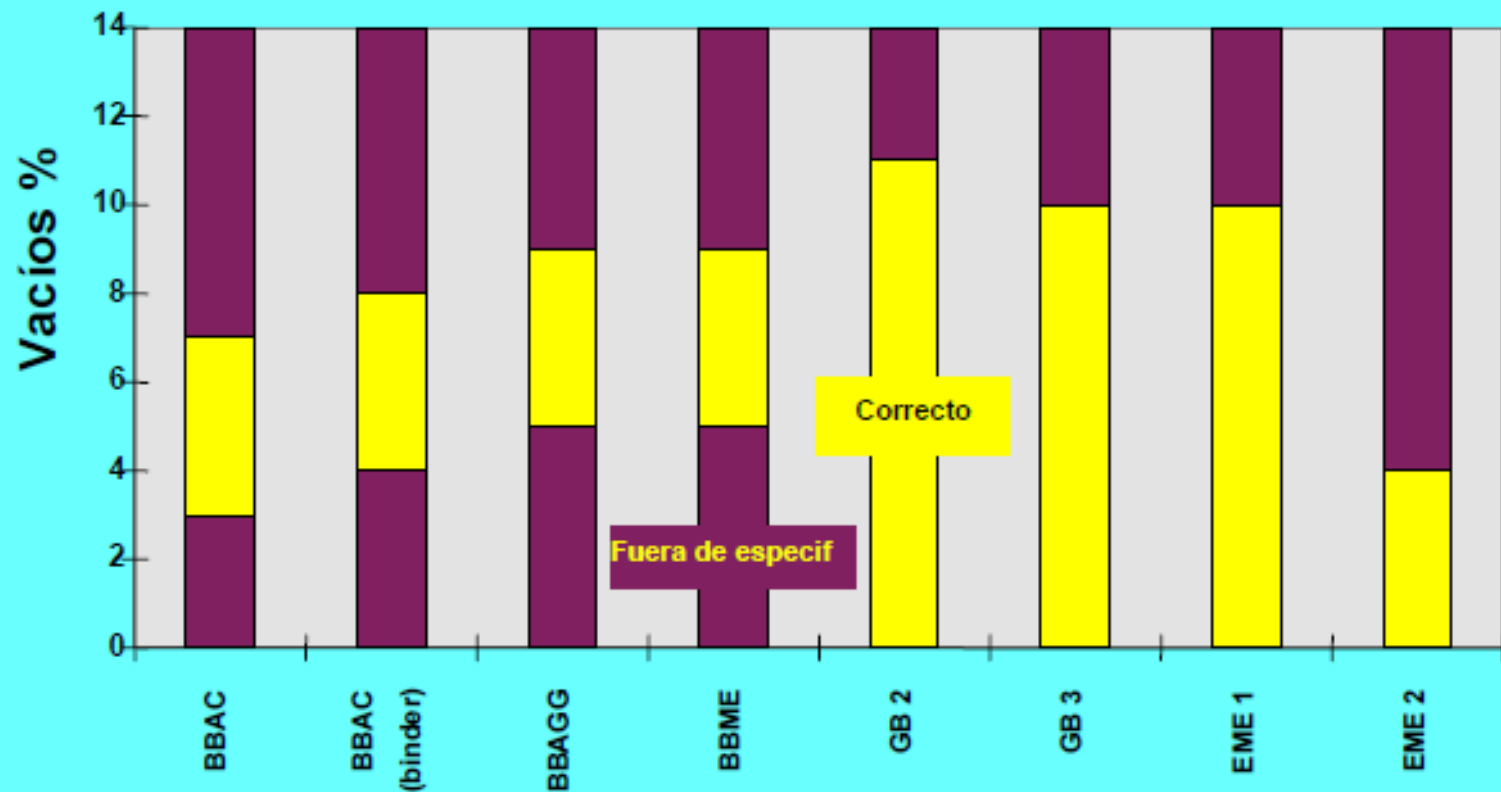
| type de mélange         | P.C.G. (teneur en vides<br>%)<br>C60 (D 10 mm)<br>C80 (D 14 mm) | Rapport r/R - Tenue à<br>l'eau | Profondeur d'ornièrè<br>30.000 cycles (%) | Module de rigidité<br>(15°C-10Hz) en MPa | Déformation admissible<br>En fatigue<br>(à 1 million de cycles) |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>BBSG</b><br>Classe 1 | 5 - 10<br>4 - 9                                                 | $\geq 0.75$                    | $\leq 10$                                 | $\geq 5\ 500$                            | $\geq 100.10^{-6}$                                              |
| <b>BBSG</b><br>Classe 2 | 5 - 10<br>4 - 9                                                 | $\geq 0.75$                    | $\leq 7.5$                                | $\geq 7\ 000$                            | $\geq 100.10^{-6}$                                              |
| <b>BBSG</b><br>Classe 3 | 5 - 10<br>4 - 9                                                 | $\geq 0.75$                    | $\leq 5$                                  | $\geq 7\ 000$                            | $\geq 100.10^{-6}$                                              |
| <b>BBME</b><br>Classe 1 | 5 - 10<br>4 - 9                                                 | $\geq 0.8$                     | $\leq 10$                                 | $\geq 9\ 000$                            | $\geq 110.10^{-6}$                                              |
| <b>BBME</b><br>Classe 2 | 5 - 10<br>4 - 9                                                 | $\geq 0.8$                     | $\leq 7.5$                                | $\geq 12\ 000$                           | $\geq 100.10^{-6}$                                              |
| <b>BBME</b><br>Classe 3 | 5 - 10<br>4 - 9                                                 | $\geq 0.8$                     | $\leq 5$                                  | $\geq 12\ 000$                           | $\geq 100.10^{-6}$                                              |

# Principales propriétés de las mezclas delgadas y drenantes

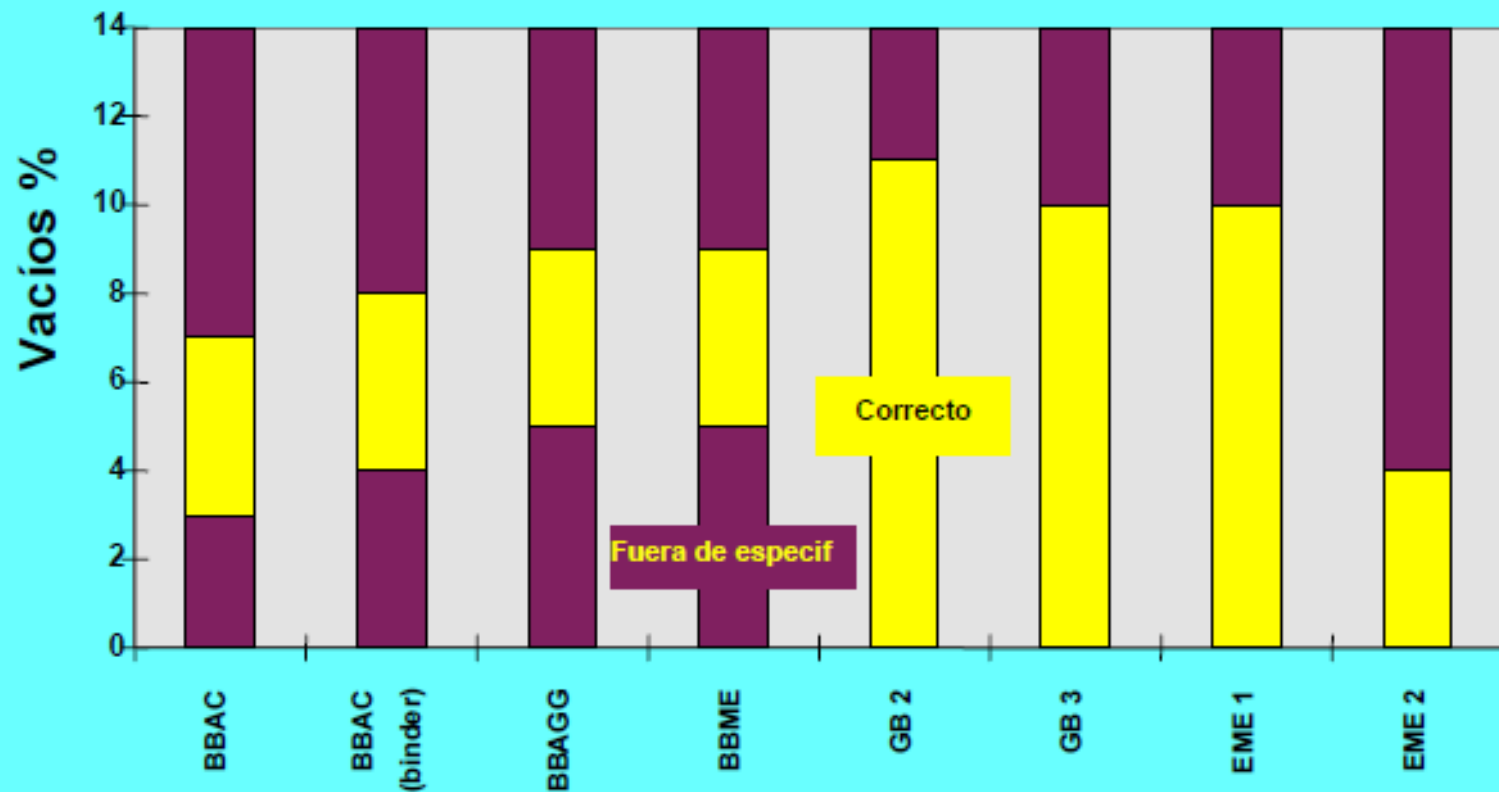
| type de mélange | P.C.G. (teneur en vides %) V40 | Rapport r/R - Tenue à l'eau | Profondeur d'ornièrè (60°C-50 mm) |                             |                             |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| BBMa            | 6 - 11                         | $\geq 0.75$                 | $\leq 15$<br>à 3 000 cycles       | $\leq 15$<br>à 10000 cycles | $\leq 10$<br>à 30000 cycles |
| BBMb            | 7 - 12                         | $\geq 0.75$                 | $\leq 15$<br>à 3 000 cycles       | $\leq 15$<br>à 3000 cycles  | $\leq 10$<br>à 30000 cycles |
| BBMc            | 8 - 13                         | $\geq 0.75$                 | $\leq 15$<br>à 3 000 cycles       | $\leq 15$<br>à 3000 cycles  | $\leq 10$<br>à 30000 cycles |

|                |                                    |             | Vitesse minimale de percolation<br>au drainomètre NFP 98-254-3 |
|----------------|------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------|
| BB<br>Drainant | V40 :<br>20 - 28<br>V200 :<br>> 15 | $\geq 0.80$ | 0.4 cm/s                                                       |

# Ensayo de compactación (PCG) : especificaciones

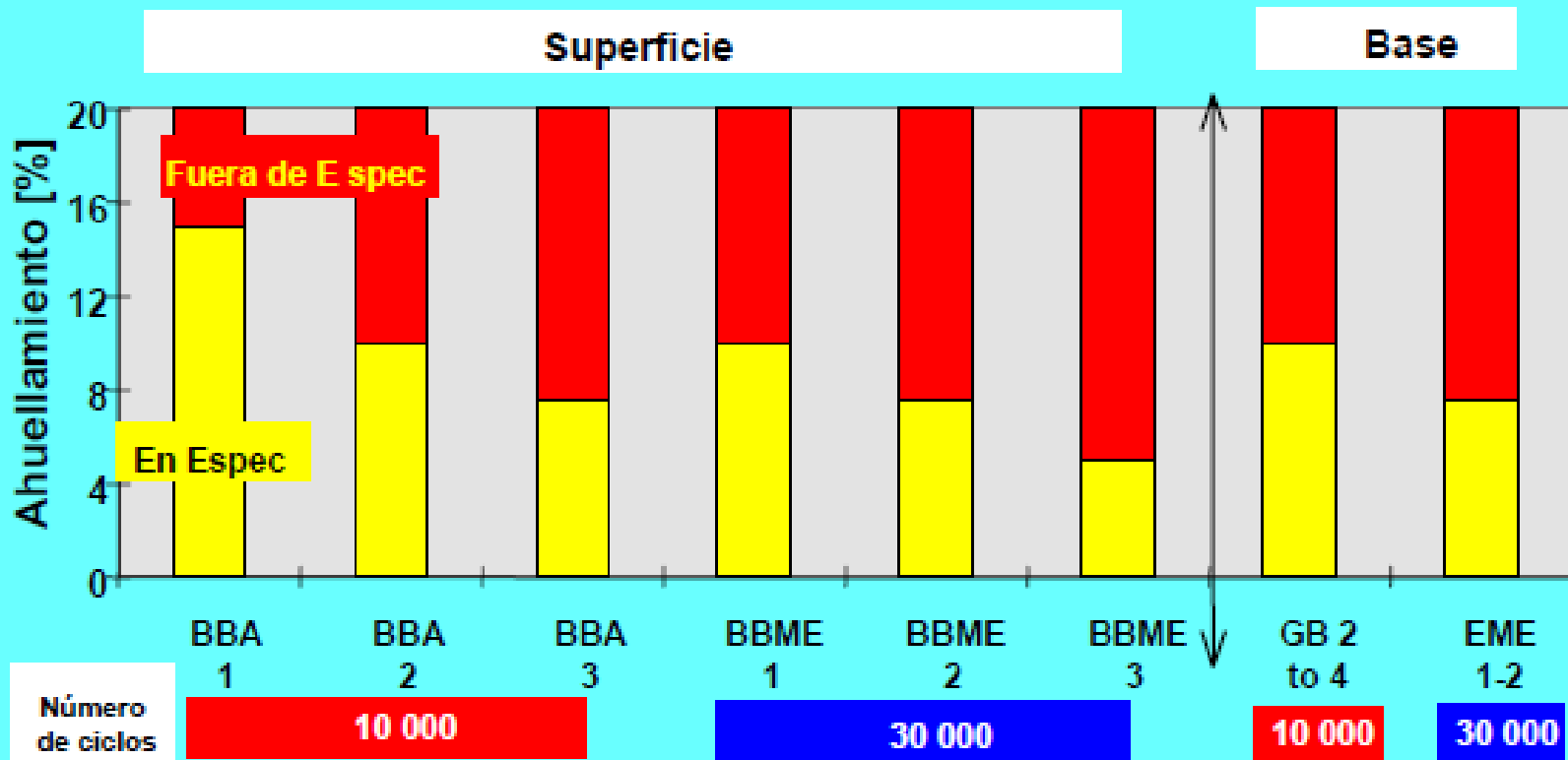


# Ensayo de compactación (PCG) : especificaciones



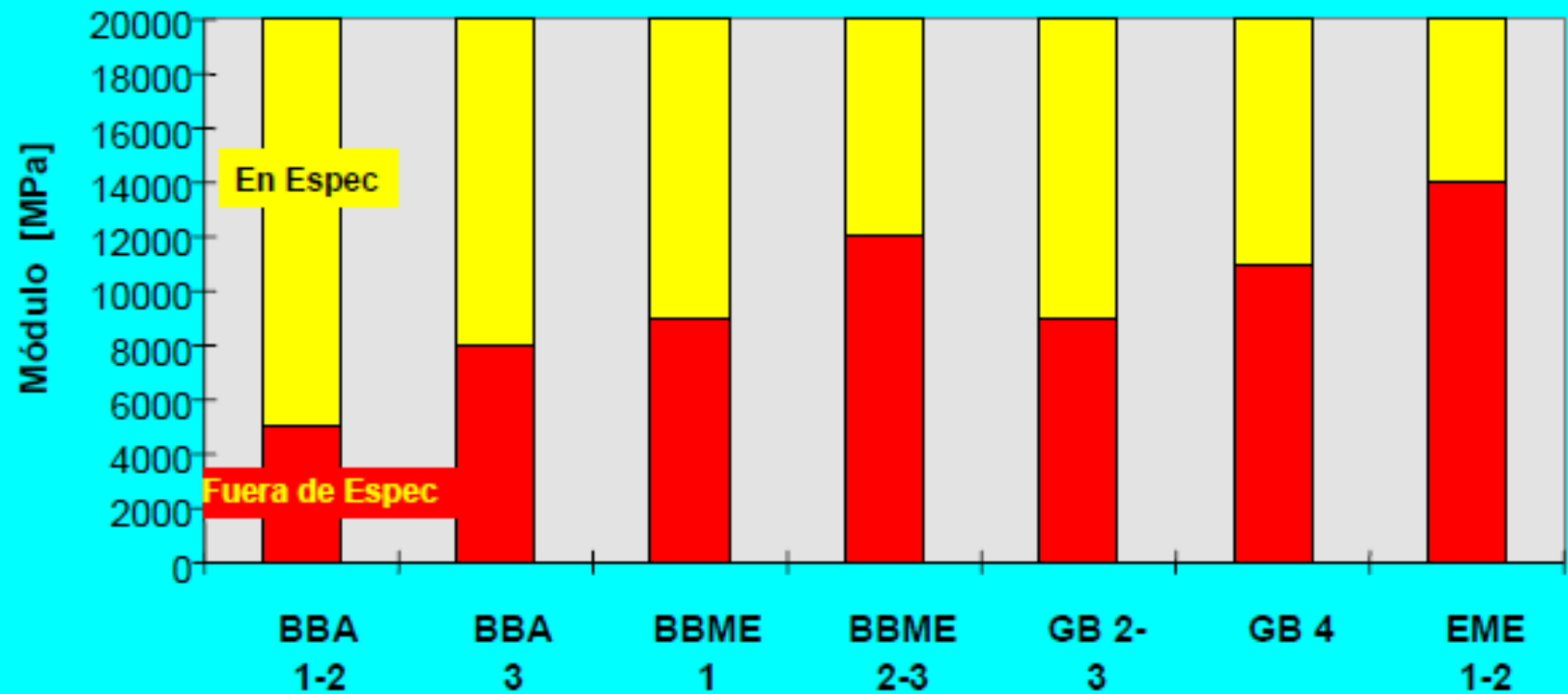
# Resistencia al ahuellameinto : especificaciones

## ■ Test @ 60 °C



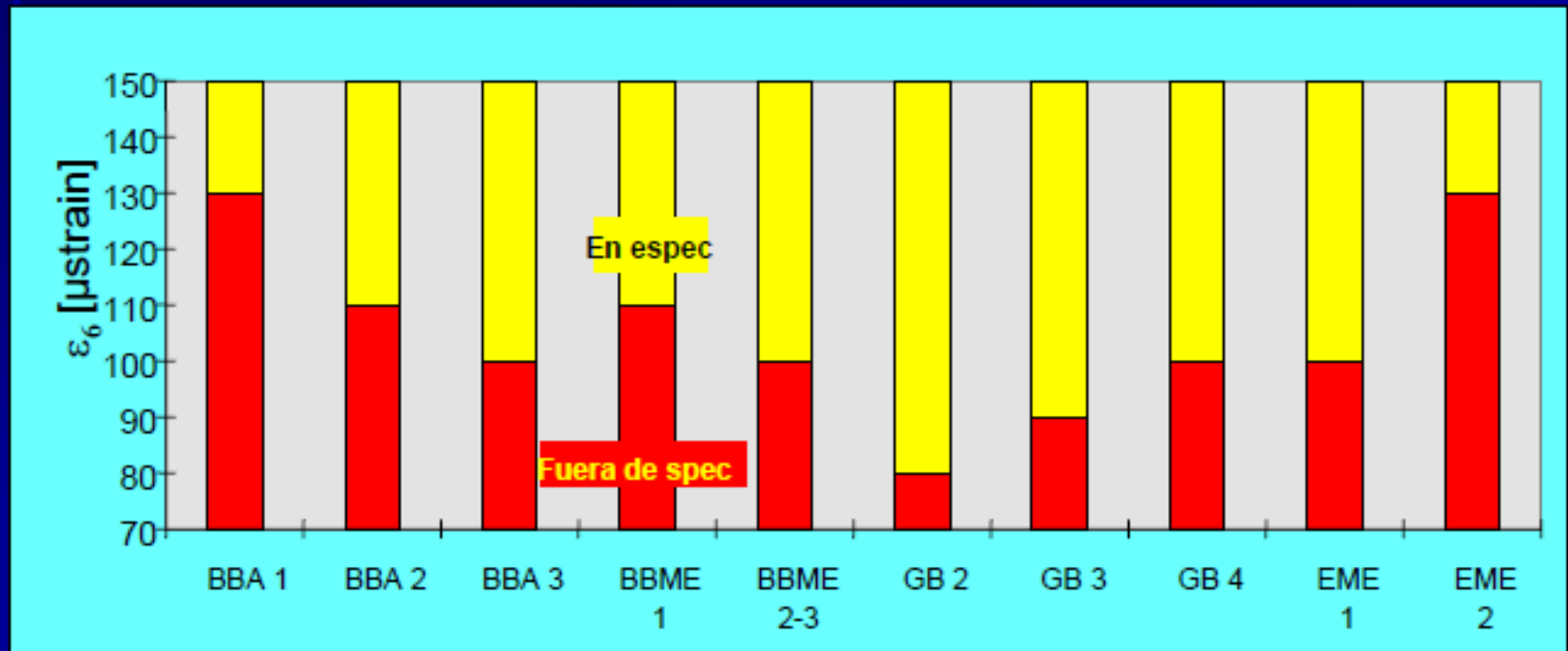
# Rigidez de mixturas : especificaciones

## Módulo complejo @ 15°C: (10 Hz)



# Resistencia al fatiga : especificaciones

## Deformación Admisible @ 10 °C y 25 Hz [ $\mu\text{strain}$ ]

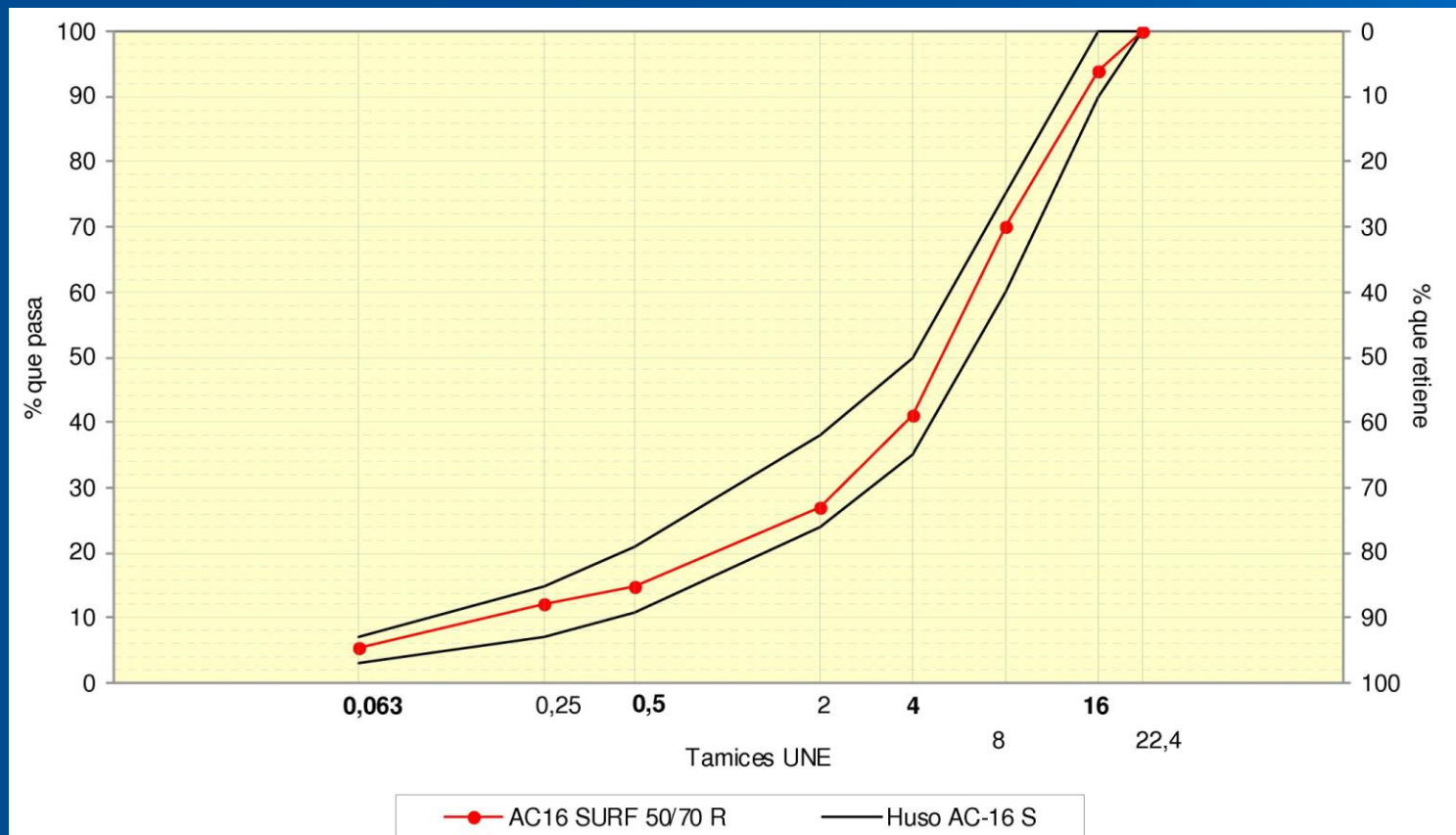


# Método español de formulación de mezclas asfálticas (deriva del Marshall)

Método español

## El tipo de mezcla impone el huso granular

- Ejemplo para una mezcla AC16

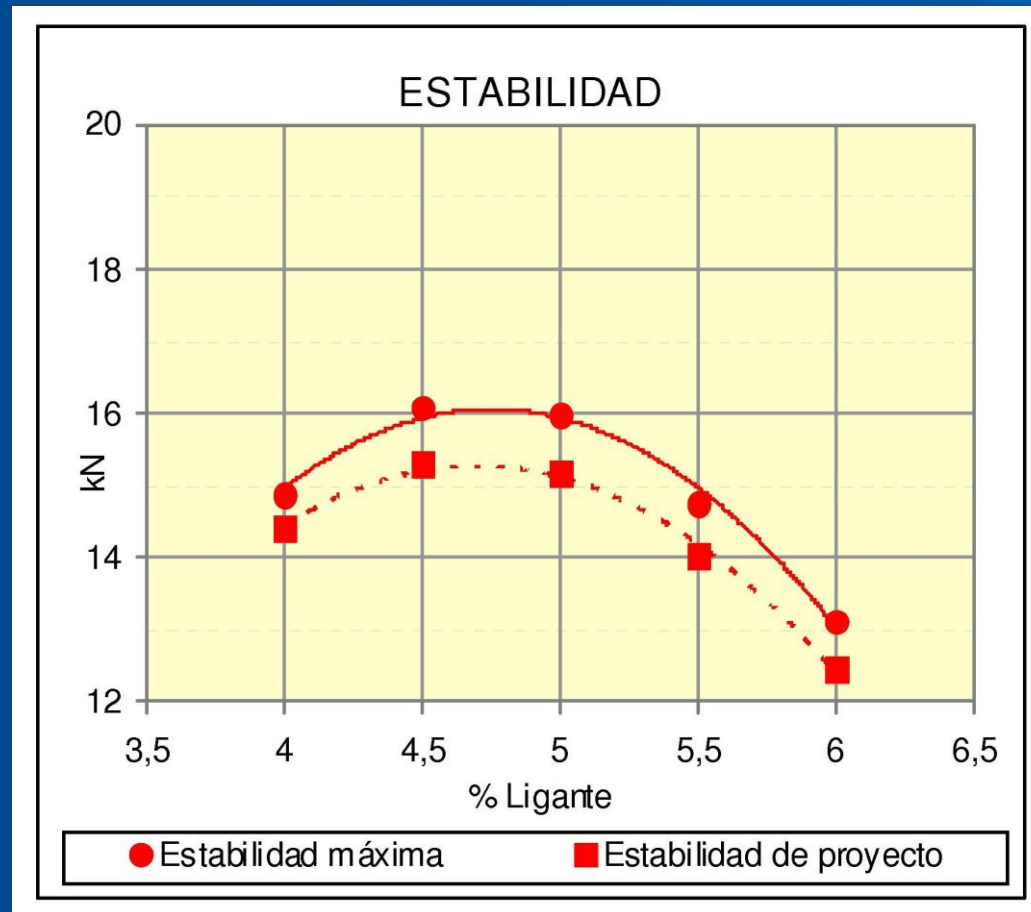


from CIESM, 2009



# El contenido de ligante se determina por el ensayo Marshall...

Método español



from CIESM, 2009



... pero hay requisitos = prescripciones

Método español

**TABLA 542.11 - DOTACIÓN MÍNIMA (\*) DE LIGANTE HIDROCARBONADO**  
(% en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral)

| TIPO DE CAPA | TIPO DE MEZCLA     | DOTACIÓN MÍNIMA (%) |
|--------------|--------------------|---------------------|
| RODADURA     | DENSA y SEMIDENSA  | 4,50                |
| INTERMEDIA   | DENSA y SEMIDENSA  | 4,00                |
|              | ALTO MÓDULO        | 4,60                |
| BASE         | SEMIDENSA y GRUESA | 3,65                |
|              | ALTO MÓDULO        | 4,75                |

(\*) Incluidas las tolerancias especificadas en el apartado 542.9.3.1. Se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos, si son necesarias.

**TABLA 542.13 – CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA (UNE-EN 12697-8) EN PROBETAS**  
**UNE-EN 12697-30 (75 golpes por cara)(\*\*\*)**

| CARACTERÍSTICA       |                  | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |           |              |           |
|----------------------|------------------|-----------------------------|-----------|--------------|-----------|
|                      |                  | T00 y T0                    | T1 y T2   | T3 y arcenes | T4        |
| HUECOS EN MEZCLA (%) | Capa de rodadura | 4 – 6                       |           | 3 – 5        |           |
|                      | Capa intermedia  | 4 – 6                       | 5 – 8 (*) | 4 – 8        | 4 – 8(**) |
|                      | Capa de base     | 5 – 8 (*)                   | 6 – 9 (*) | 5 – 9        |           |

(\*) En las mezclas bituminosas de alto módulo: 4-6.

(\*\*) En vías de servicio.

(\*\*\*) Excepto en mezclas con D>22mm, en las que las probetas se compactarán según la UNE-EN 12697-32 (120 segundos por cara).



# Mezclas tipo AC

Método español

- Art. 542 del PG3
  - [http://www.carreteros.org/normativa/pg3/pdf/oc24\\_08/542.pdf](http://www.carreteros.org/normativa/pg3/pdf/oc24_08/542.pdf)
  - **Densidad:** 75 golpes/cara **Marshall**  $D \leq 22$  / **vibratoria**  $D > 22$
  - Resistencia al agua (ITSR)
    - $> 80\%$  (media, base) o  $85\%$  (rodadura)
  - Ensayo de pista (**pequeño equipado**)
    - Pendiente entre 5.000 y  $10.000 < 0,07$  o  $0,1 \text{ mm}/1.000$  ciclos según trafico y posición (rodadura, media, base)
  - IRI (según tipo de vía)
  - Rodadura
    - macrotextura  $> 0,7 \text{ mm}$
    - CRT  $> 65\%$



# Selección del tipo de mezcla: Espesor del paquete bituminoso

Método español

- Catalogo de estructuras nacional (Norma 6.1-IC)
  - [http://www.carreteros.org/normativa/firmes/6\\_1ic/indice.htm](http://www.carreteros.org/normativa/firmes/6_1ic/indice.htm)
  - Temperatura de referencia 20 C
  - Modulo de una mezcla = 6 000 MPa
  - Coeficiente de Poisson : 0,33
  - Ley de fatiga (20 C – 30 Hz):
    - $\epsilon_6 = 161 \mu\text{def}$
    - pendiente -1/3,67 (-0,27)
  - Mezclas de Alto Modulo existen pero no se usan
    - ✓ 11 000 MPa /  $\epsilon_6 = 153 \mu\text{def}$
    - ✓ Catalogo sin firmes totalmente bituminosos



# Método Alemana o Inglesa de formulación de mezclas asfálticas (deriva también del Marshall)

- Marshall ensayo :
  - huevo max 4%, VFA, VMA
- Verificación de Ahuellamiento
  - **Pequeño equipado (Inglesa)**
  - **Grande equipado sin o con agua (Alemana)**
- Mezclas producir a la planta
- No hay ensayos mecánicos (o poco, y no especificación)
- Retraía empecé (inverno temperaturas) (poco Alemana)
- Formulación continua mejoramente
- Excepción : SMA (grande parte de mastica)



# Ensayos practicar en la formulación en Europa



**Deformación permanente  
pequeño equipado (UK)**

**Módulos en flexión 4 puntos**



**Módulos résiliente  
compresión brésilian**

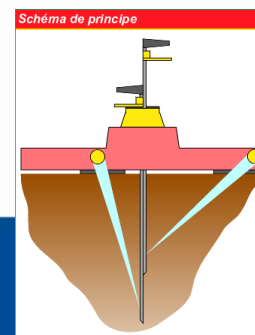


# Control de calidad

- *Control del proyecto : dimensionamiento*
- *Control de los productos : diseño en laboratorio*
  - ***Empírico : desarrollo con la densificación, resistencia de agua, et de los deformaciones permanentes***
  - ***Fundamentales : propiedades mecánico***
- Especificaciones en obras
  - Espesores
  - Densificación
  - Pega de las capas
  - Propiedades en superficie :
    - **Rugosidad**
    - **Fricción**
    - **Uniformidad longitudinal (Envenness)**



# Densificación en obras



| Mixturas     | % vacios en obras      |
|--------------|------------------------|
| BBSG         | 4 à 8 %                |
| BBME         | 4 à 8 %                |
| GB 2 _ 3 _ 4 | < 11 % _ < 9 % _ < 8 % |
| EME 1 _ 2    | < 10% _ < 6 %          |
| BBS 3 _ 4    | 4 à 9 %                |
| BBA          | 3 à 6 % [joint < 9%]   |

**especificaciones**



# Texturas : aspecto de diferentes rodamientos

## Corte de mezclas



**BB Grueso**



**BB delgado**



**BBT Muy delgado**

## Textura de superficie sobre la calzada

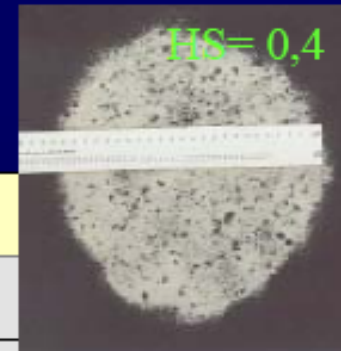
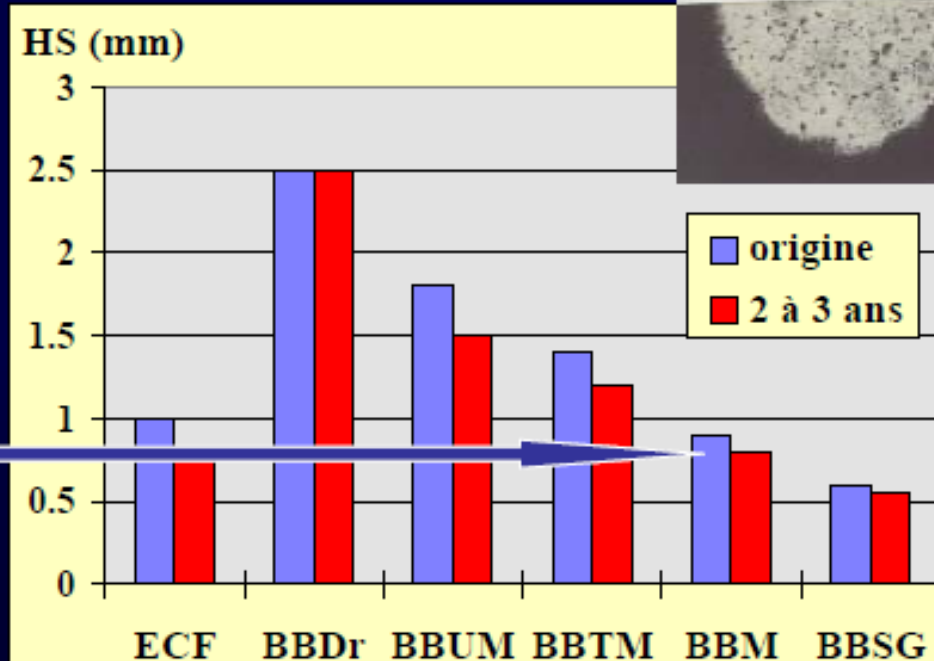


# Propiedades de superficie : textura

## ■ Nivel elevado y durable de la textura



Valor necesario  $>0,7\text{mm}$   
Para buena drenabilidad  
Y alta adherencia



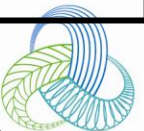
# Especificaciones de rugosidad en obras : normas francesa

## Norme NF EN 13036-1

| Mixturas                                                                    | Norma<br>HS ou PMT (mm) Mini*       | Résultats medios                       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| BBSG (0/10 et 0/14) [130]                                                   | 0,4 et 0,5                          | 0,5 et 0,6                             |
| BBME (0/10 et 0/14) [141]                                                   | 0,4 et 0,5                          | 0,5 et 0,6                             |
| BBM type A (forte disc.)<br>type B (faible disc.)<br>type C (continu) [132] | 0,7<br>0,7 (0/14) 0,5 (0/10)<br>0,5 | 0,8<br>0,7 et 0,6<br>0,5 - 0,6         |
| BBTM classe 1 et 2 [137]                                                    | 0,6 et 0,8                          | 0/6    0/10<br>0,8 et 1,1 - 1,2 et 1,4 |
| BBA route et piste [131]                                                    | 0,4 et 0,6                          | 0,5 et 0,7                             |

\* *por 90% de medidas*

Note : no especificación por BBDr  
y no normas por BBUM, ECF

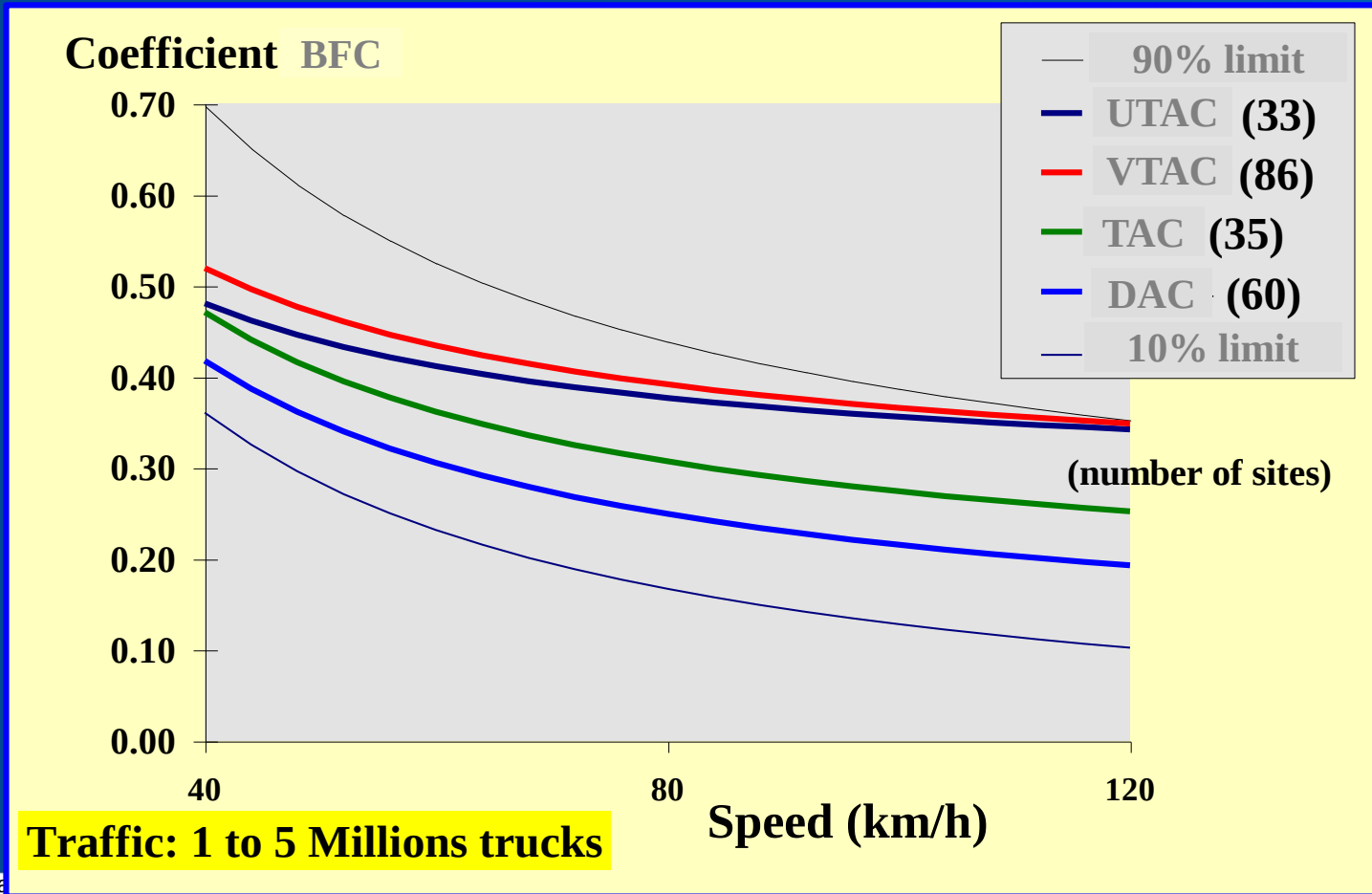


# Propiedades de superficie : Adherencia a largo plazo



No hay especificaciones en Francia con la fricción  
Tráfico acumulado entre 1 a 5 millones de camiones

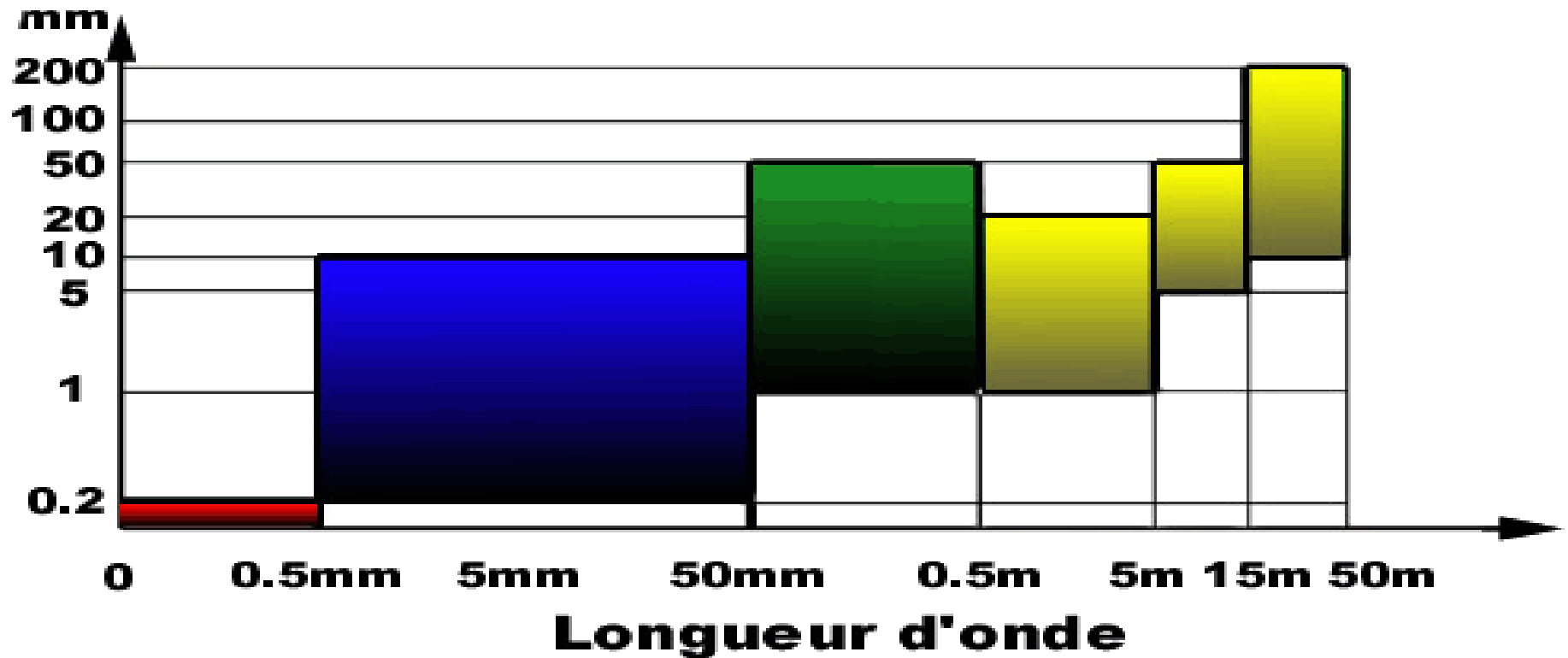
Tamaño máximo de las mezclas D = 10 mm



# Irrégularités de surface



UNI



Micro textures

Macro-textures

Mega Textures

UNI

Source AIPCR



Comfort

bruit

adhérence

Champ d'action:

# Mesures d'uni

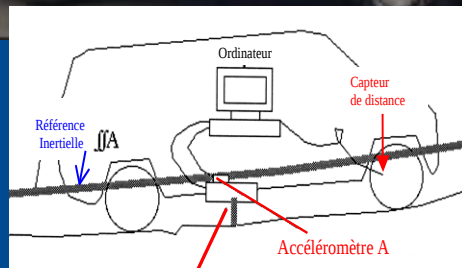
Pista de aeronáutico



Couplage de APL avec d'autres appareils  
le véhicule POMMAR



Multi prolifometro con láser (MLPL),



Intervenant – Manifestator

AMAC\* Vehículo de reconomiento multifunción:



# Especificaciones en el profilométrico longitudinal

## Dispositions de la circulaire:

**chantier de  
construction**

**chantier de  
réhabilitation**

**chantier  
d'entretien**

Nature travaux

Réseaux  
130 km/h

Réseaux  
110 km/h

Réseaux  
90 km/h

Vitesse

**Petites  
Ondes (PO)**

**Moyennes  
Ondes (MO)**

**Grandes  
Ondes (MO)**

Longueur ondes

Les spécifications s'appliquent  
sur la couche de roulement

Réception

Les spécifications s'appliquent  
sur des lots de 1000 m (cas général)  
4000 m pour les grands chantiers

Lotissement



YD 2006

# Profilometrico longitudinal NBO: obras nuevas

## Especificaciones

| Valores  | 130 km/h       | 110 km/h       | 90 km/h        |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| PO       | 100 % $\geq 6$ | 100 % $\geq 6$ | 100 % $\geq 6$ |
| 50 notes | 90 % $\geq 7$  | 90 % $\geq 7$  | 90 % $\geq 7$  |
| MO       | 100 % $\geq 7$ | 100 % $\geq 7$ | 100 % $\geq 6$ |
| 10 notes | 90 % $\geq 8$  | 90 % $\geq 8$  | 90 % $\geq 7$  |
| GO       | 100 % $\geq 8$ | 100 % $\geq 7$ | 100 % $\geq 5$ |
| 5 notes  | 80 % $\geq 9$  | 80 % $\geq 8$  | 80 % $\geq 6$  |

Notación NBO es mas mejor que le indicador IRI,  
cuanto la cualidad se mejorar  
IRI esta por los país en desarrollo, pero no suficiente por la calidad



# Principios por la grande durabilidad de las carreteras

**Tríptico:**  
**suelos + drenaje + pavimento** (base y superficie)

**Alta calidad de materiales**  
**+ diseño de pavimentos**  
**+ control de calidad**

**=**

**durabilidad**  
**+ seguridad y confort para los conductores**  
**+ desarrollo sostenible**





## Conclusiones

- Metodología de fundamento racional
- Comprobada y estrecha relación campo/laboratorio: única no mundo
- Validación de las técnicas adoptadas
- Ensayos con elevada reproductibilidad
- Modelos matemáticos describen el comportamiento de los materiales
- Parámetros a ser adaptados dependen únicamente de estudios locales
- Perfecta adaptación de la metodología a los países de Sur-América





**Victor Hugo a écrit «La rue est le cordon ombilical qui relie l'individu à la société.»**

**et si l'on se permettait de reprendre plus largement cette image, on pourrait dire que la route a, est, et sera, un moyen de communication et d'échanges entre les peuples, et un outil de partage.**





Muchas gracias por su atención

