

Dosificación de fórmulas de trabajo y caracterización mecánica

Aurelio Ruiz



Ciesm-Intevia

INGENIERÍA LABORATORIOS INVESTIGACIÓN FORMACIÓN

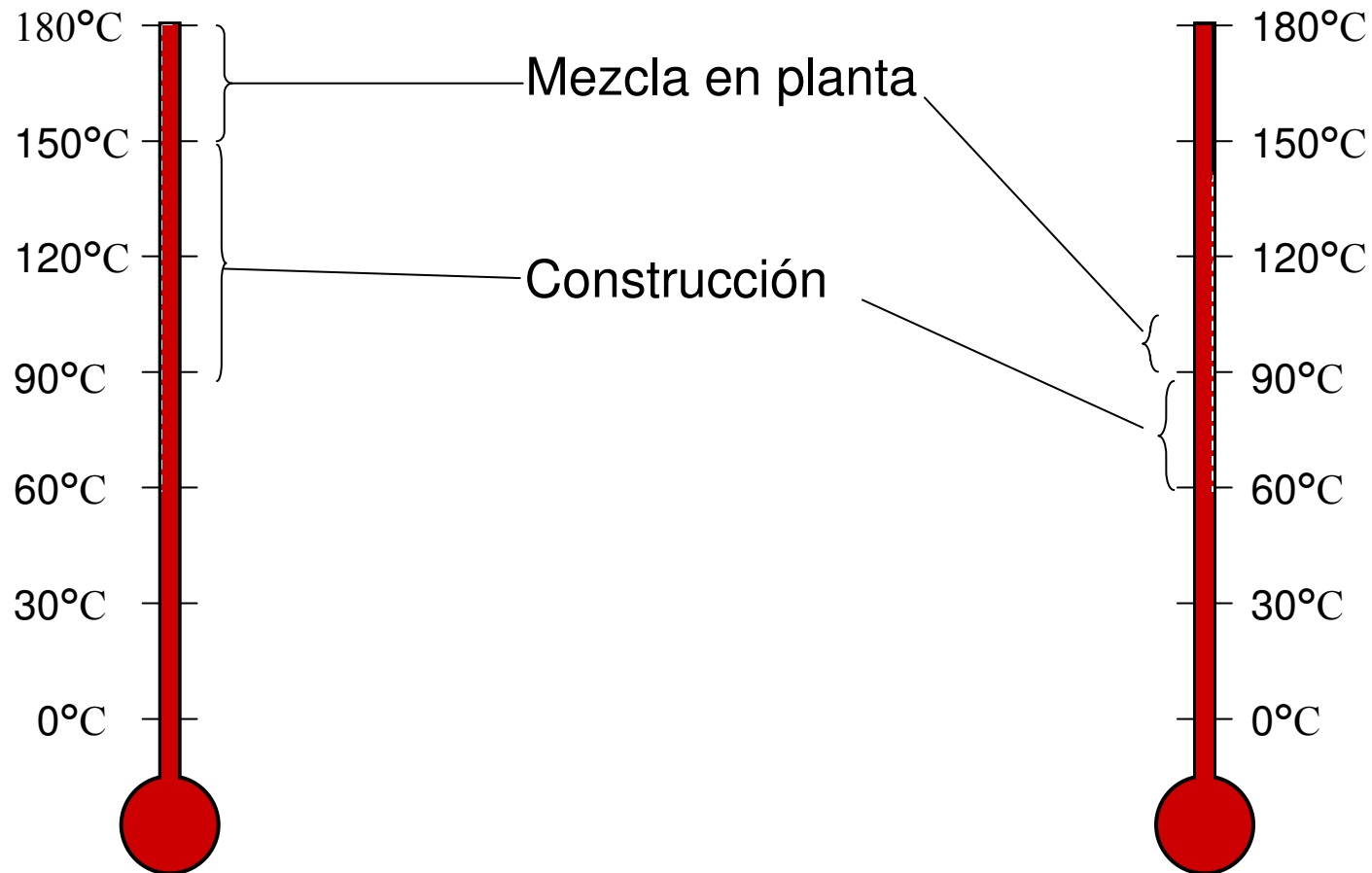
Mezclas a temperatura reducida

- **Aditivos Orgánicos**
 - Ceras (Sasobit, Asphaltan A y B, Romonta N)
 - Amidas ácidas (Licomont BS)
- **Productos químicos**
 - Tensoactivos y otros (Rediset, Revix, Cecabase)
- **Materiales para espumación**
 - Zeolitas (Aspha-min, Advera)
 - Fílleres higroscópicos (LT Asphalt)
- **Espumación en planta**
 - Áridos o arenas húmedas (LEA)
 - Inyección de agua (Double Barrel, Ultrafoam GX, Aquablack, ...)
 - Ligante blando + ligante duro espumado (Wam-Foam)
- **Emulsiones**
 - Evotherm, Ecomac
- **Ligantes vegetales de baja viscosidad**
 - Vegecol, Biophalt, Floraphalt

Mezclas templadas con emulsión

Mezclas en caliente

MBT con emulsión



Dosificación de mezclas templadas con emulsión

Selección y caracterización de componentes



Selección de granulometría y contenido inicial de ligante



Huecos



Acción del agua



Deformaciones plásticas



Selección formula trabajo



Selección y caracterización de componentes

ÁRIDO	Resultado	
	Interm. y Base	Rodadura
Índice de lajas, %	4,5/9,0	3,5/6,0
Caras fractura, %,	100	65/90
Desgaste Los Angeles, %	22	19
Densidad partículas, g/cm ³	2710	2689
Absorción, %	0,5/0,9	0,6/0,9
Coefficiente pulido acelerado	-	52,5
Equivalente arena	56	58
Azul de metileno	1	0,8
Densidad aparente filler	0,74	0,77

EMULSIÓN	ECOTEMP		
	Base	Intermedia	Rodadura
Contenido de agua, %	38,2	35,7	32,5
Índice de rotura, g	221	221	181
Penetración, 10 ⁻¹ mm	66	66	49
Anillo y bola, °C	49,3	50,2	53,1



Granulometría y contenido inicial de betún

TIPO DE MEZCLA	MAT 16 G Base	MAT 16 S Bin	MAT 16 S Surf
ESPESOR (cm)	6	6	5
Tamices UNE	% que pasa, acumulado		
22	100	100	100
16	96	96	92
8	63	65	63
4	33	40	46
2	25	30	32
0,5	12	14	14
0,25	8	9	10
0,063	4	4,5	5,6

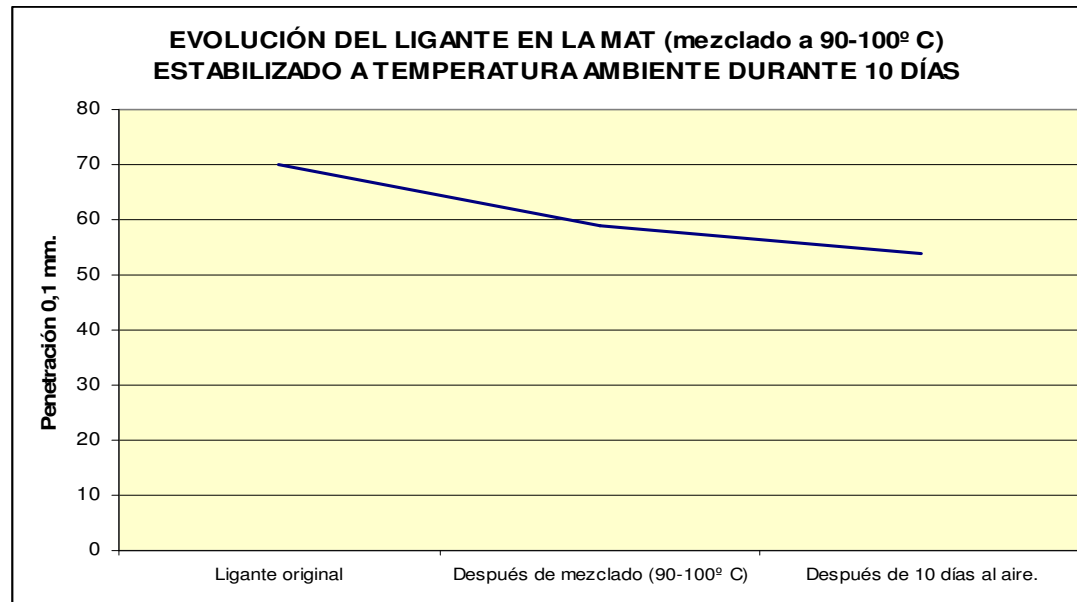
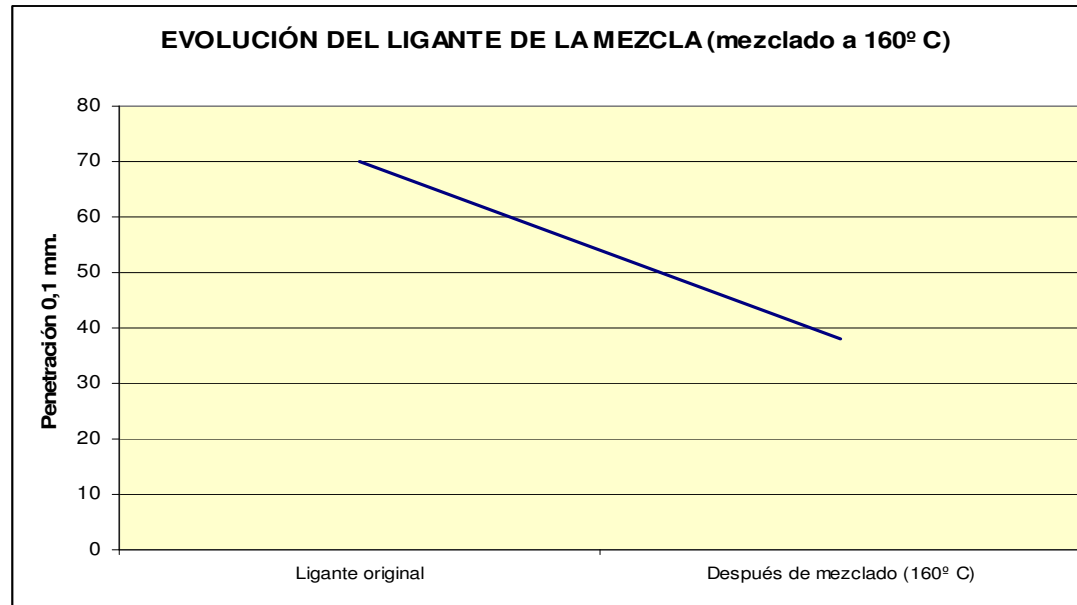
TIPO DE MEZCLA	MAT 16 G Base	MAT 16 S Bin	MAT 16 S Surf
TIPO DE CAPA	BASE	INTERMEDIA	RODADURA
Ligante s/m, %	3,67	4,01	4,42
Ligante s/a, %	3,81	4,18	4,63

Fabricación y acondicionamiento de las probetas

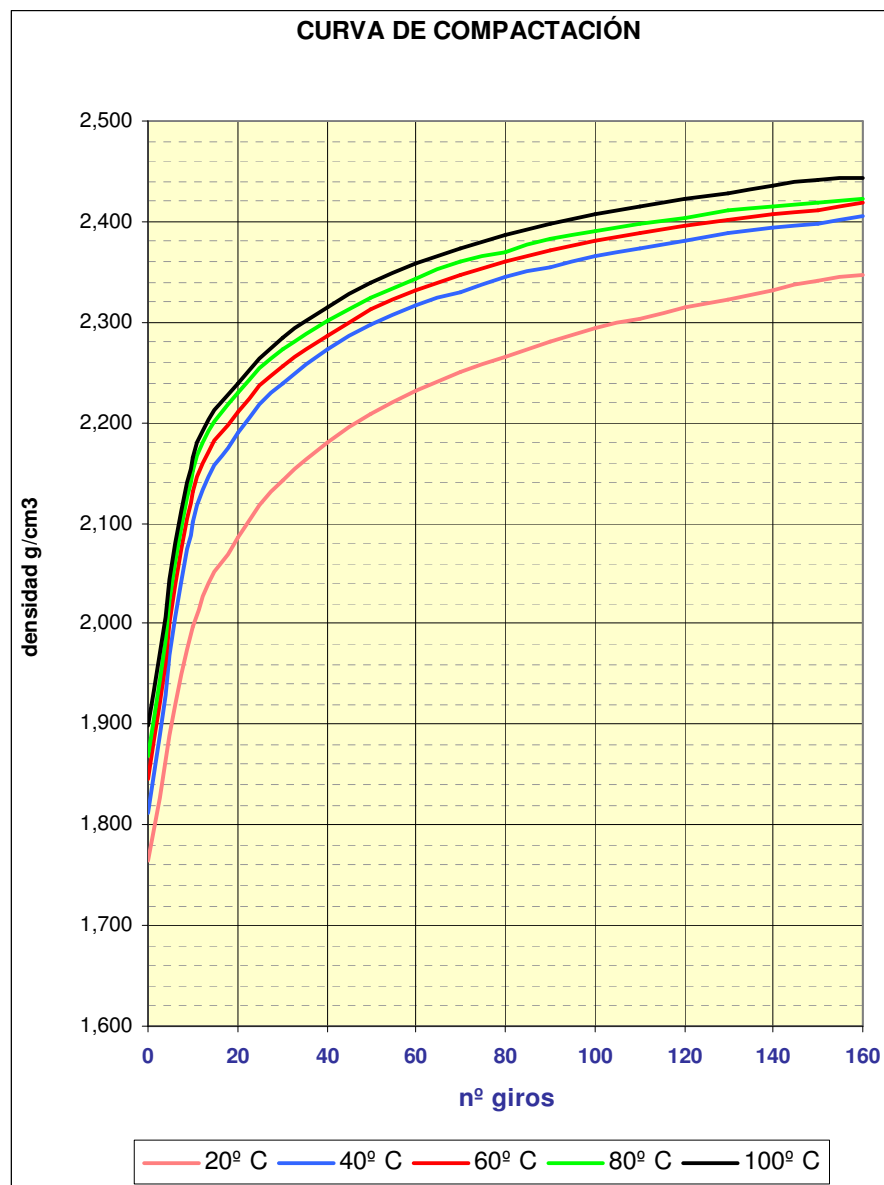
- En laboratorio: áridos 110 °C y emulsión 60 °C
- Mezcla: 3 min.
- Se introduce en botes cerrados hasta que $T = 60$ °C.
- Probetas para huecos se compactan con giratoria, 80 - 120 giros y 600kPa.
- Se acondicionan en estufa de aire forzado a 50 °C durante 3 días (masa constante).
- Contenidos de agua: 2,5% en la fabricación; 0,5-1% en la compactación.



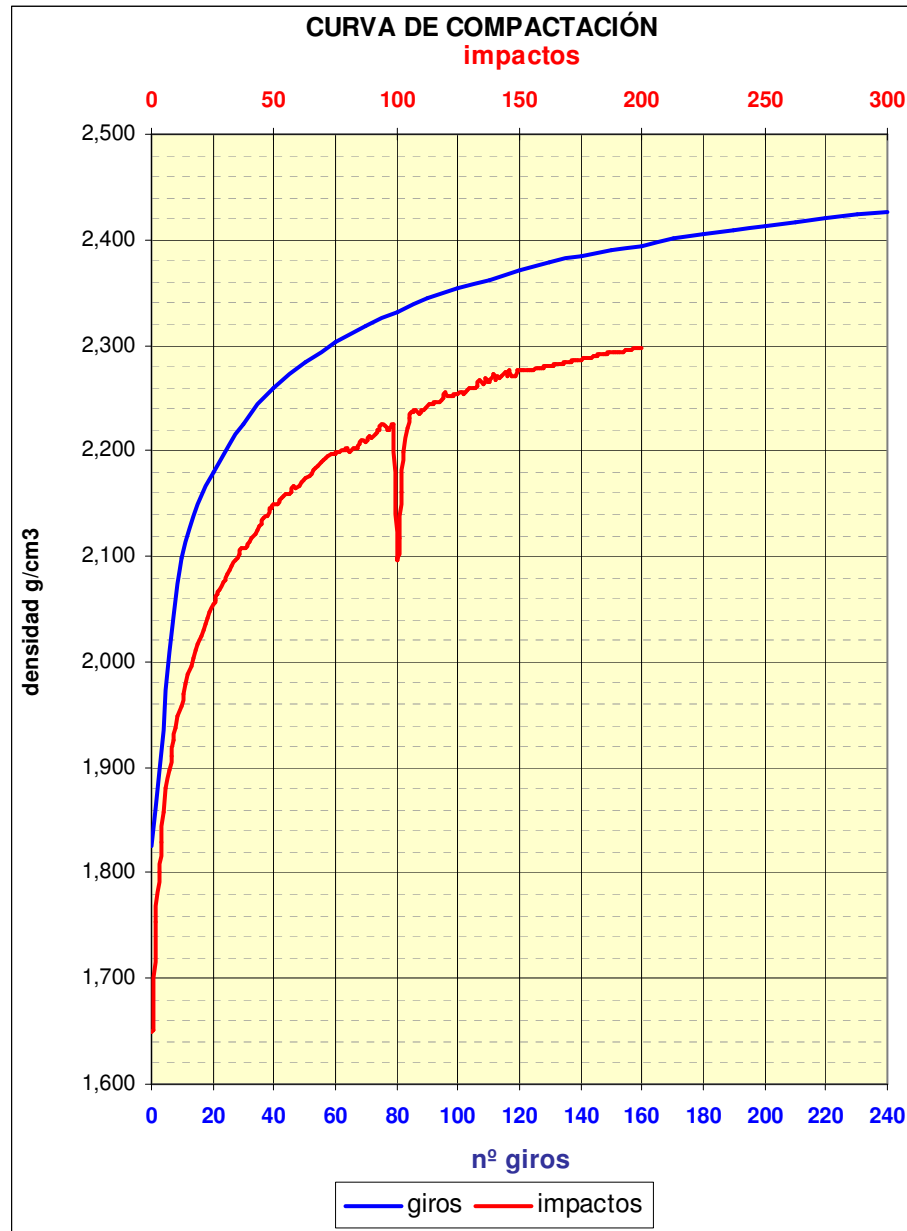
Envejecimiento del ligante durante la fabricación



Evolución densidad con Tª Compactación



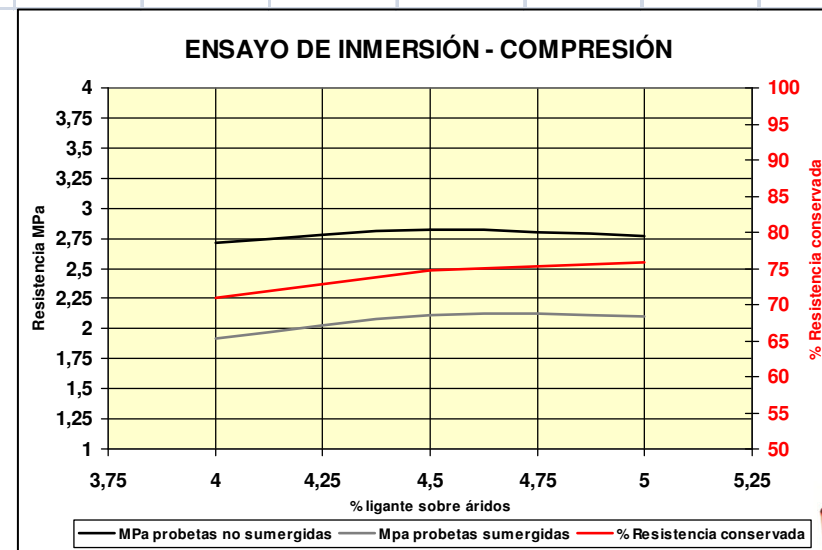
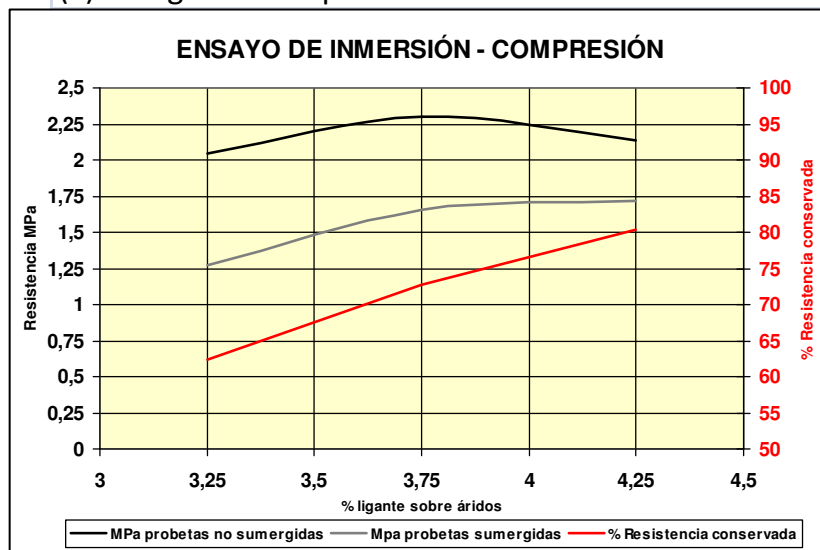
Comparación Giratoria – Maza Marshall



Ensayos mecánicos: susceptibilidad al agua

CONTENIDO MÍNIMO DE LIGANTE POR INMERSIÓN/COMPRESIÓN

TIPO DE MEZCLA		MAT 16 G Base			MAT 16 S Bin			MAT 16 S Surf (*)		
TIPO DE CAPA		BASE			INTERMEDIA			RODADURA		
Ligante % s/áridos										
Descripción	Ud.	3,25	3,75	4,25	3,75	4,25	4,75	4	4,5	5
Densidad media	g/cm ³	2,35	2,367	2,38	2,374	2,393	2,387	2,28	2,3	2,31
Resistencia en seco		2,047	2,303	2,137	2,532	2,716	2,386	2713	2819	2763
Resistencia tras agua	MPa	1,277	1,653	1,715	1,881	2,106	1,953	1915	2109	2097
Resistencia conservada	%	62,4	72,8	80,3	74,3	77,5	81,9	70,3	74,8	75,9
Mínimo de ligante s/áridos	%		3,9			4			4,7	



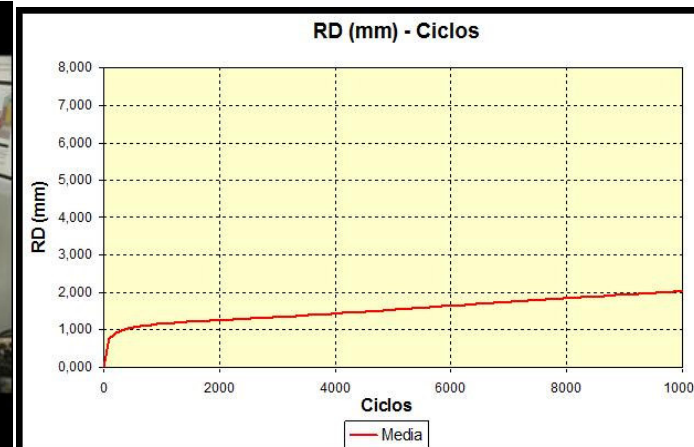
Ensayos mecánicos: susceptibilidad al agua

TIPO DE MEZCLA		MAT 16 G Base	MAT 16 S Bin	MAT 16 S Surf
% LIGANTE s/a		3,9	4	4,7
TIPO DE CAPA		BASE	INTERMEDIA	RODADURA
Sensibilidad al agua				
Densidad media de probetas		2373	2405	2350
Resistencia a Tracción indirecta probetas secas:		884	1152	982
Resistencia a Tracción indirecta probetas húmedas:		KPa 699	942	663
Relación de resistencia a tracción indirecta (<i>ITSR</i>) :		% 79.0	81,8	67,5

TIPO DE MEZCLA		MAT 16 G Base	MAT 16 S Bin	MAT 16 S Surf
% LIGANTE s/a		3,9	4	4,7
TIPO DE CAPA		BASE	INTERMEDIA	RODADURA
<i>Densidad y huecos</i> (120 giros)	Ud.			
Densidad aparente media (<i>SSD</i>)	Kg/m ³	2387	2414	2355
Densidad máxima :	Kg/m ³	2564	2542	2490
Huecos de aire :	%	6.9	5	5,4
Huecos árido :	%	15,6	14,7	15,7

Ensayos mecánicos: resistencia a las roderas

TIPO DE MEZCLA		MAT 16 G Base	MAT 16 S Bin	MAT 16 S Surf
% LIGANTE s/a		3,9	4	4,7
TIPO DE CAPA		BASE	INTERMEDIA	RODADURA
ENSAYO RODADURA	Ud.			
Densidad media de probetas :	kg/m ³	2376	2386	2324
Inclinación media de la rodada para 10 ³ ciclos de carga, WTS_{AIRE} :	mm.	0,098	0,128	0,088
Profundidad media del surco a los 10 ⁴ ciclos de carga, RD_{AIRE} :	mm.	2,053	2,843	1,5



Ensayos fundamentales: Rigidez y fatiga

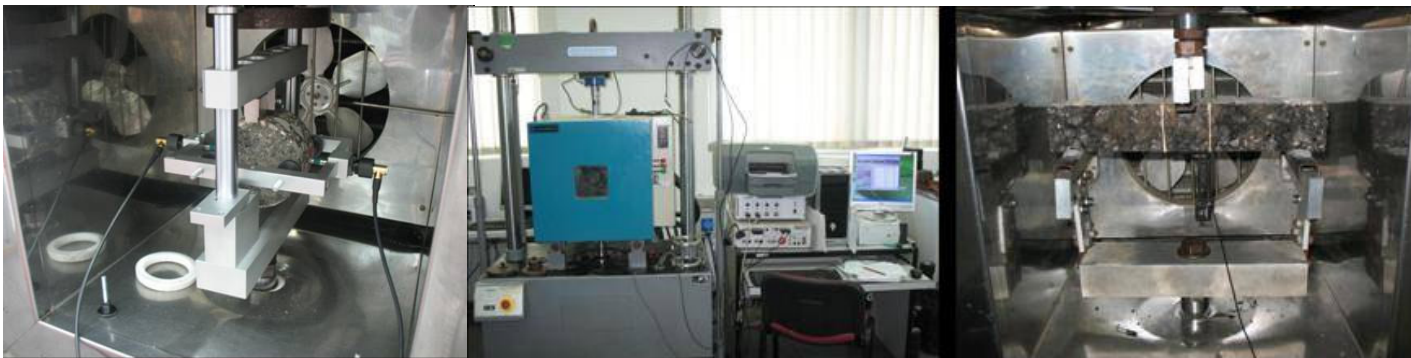
TIPO DE MEZCLA		MAT 16 G Base	MAT 16 S Bin	MAT 16 S Surf
% LIGANTE s/a		3,9	4	4,7
TIPO DE CAPA		BASE	INTERMEDIA	RODADURA
<i>ENSAYO RODADURA</i>	Ud.			

ENSAYO DE RIGIDEZ A TRACCIÓN INDIRECTA (120 giros)

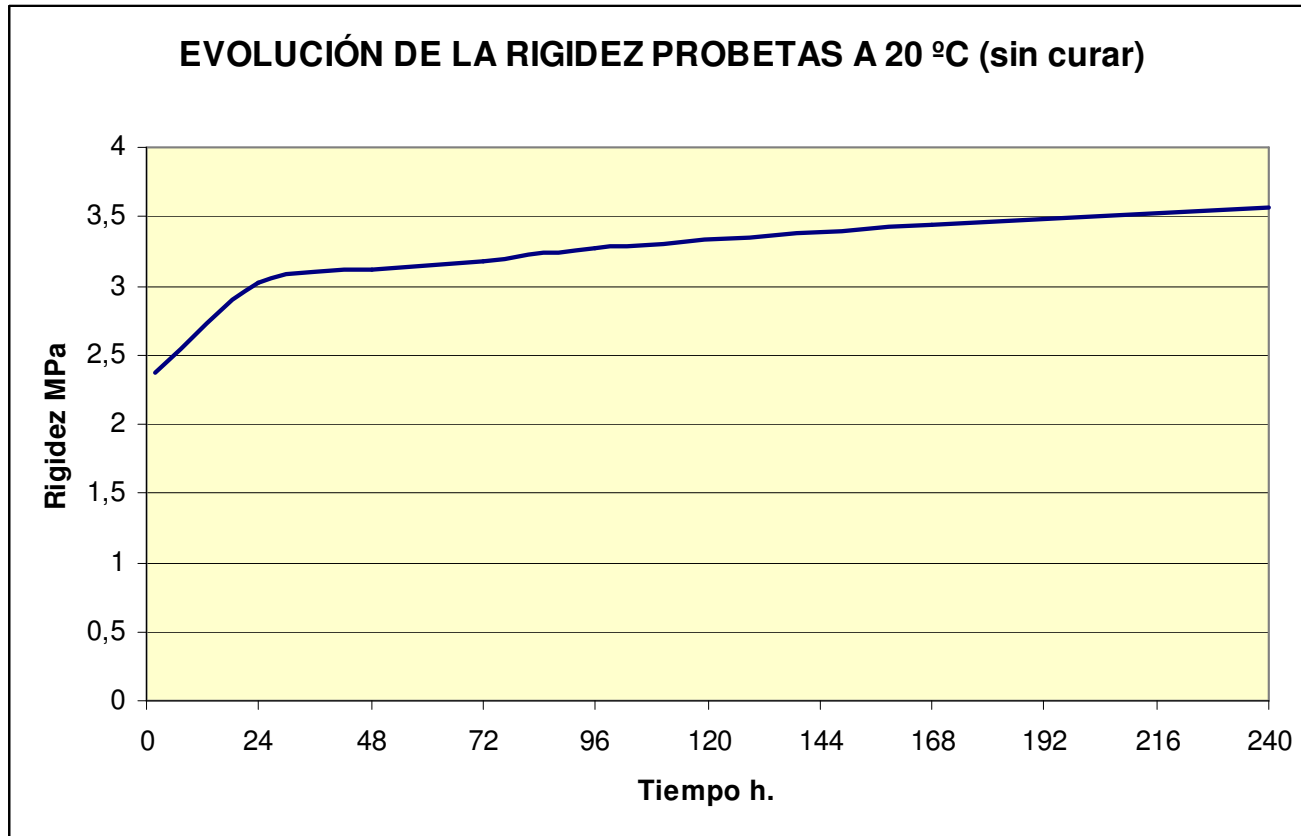
Densidad media de probetas :	kg/m ³	2387	2405	2350
Módulo de Rigidez corregido :	MPa	3950	3300	3240

ENSAYO DE FATIGA A FLEXOTRACCIÓN DINÁMICA

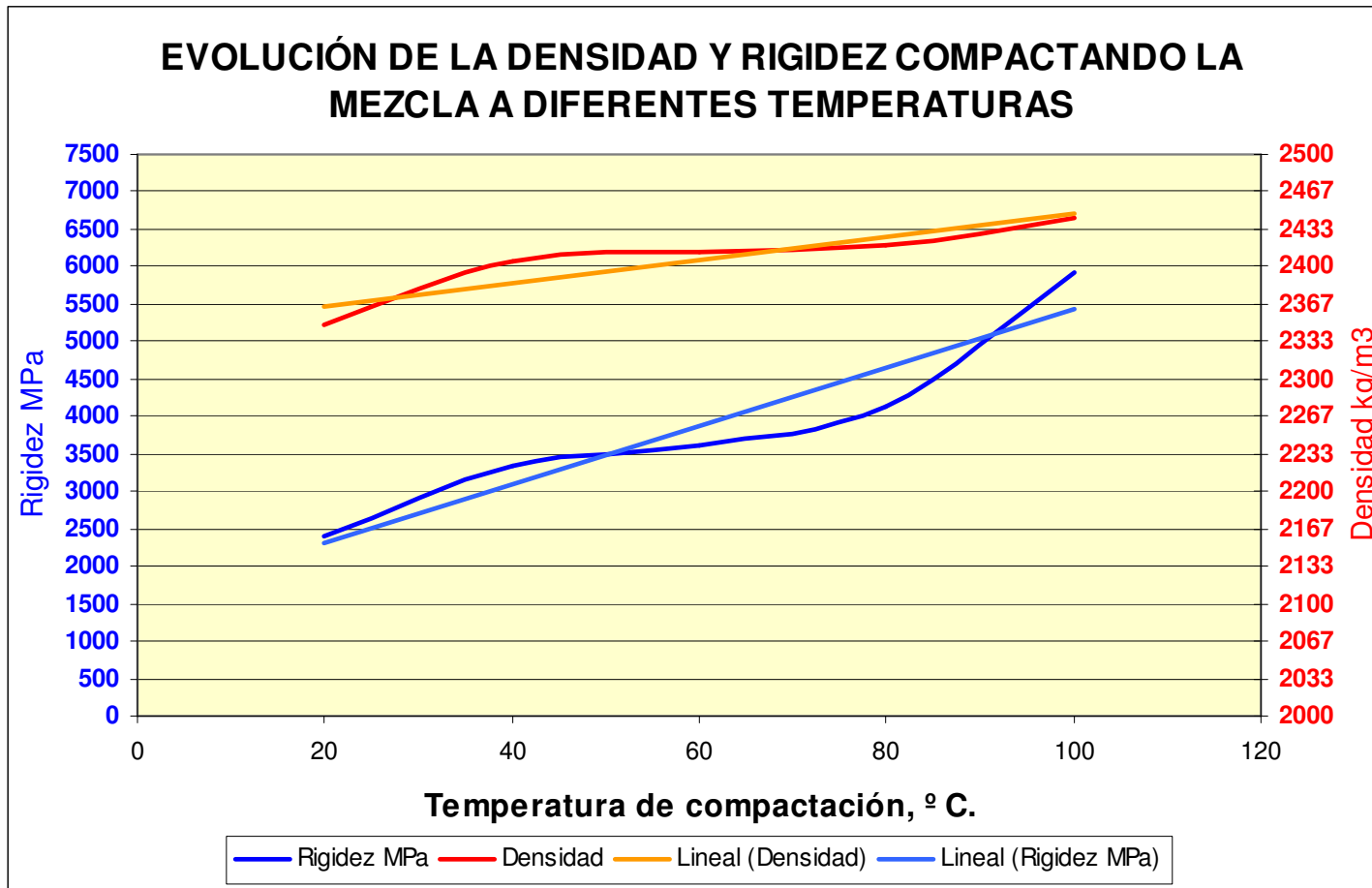
Densidad media de probetas :	kg/m ³	2360	2370	2380
a		3,469	3,338	3,519
b		-0,231	-0,21	-0,218
R ²	----	0,87	0,87	0,93
Microdeformaciones a un millón de ciclos (ε ₆):	----	121	119	163



Ganancia de cohesión



Relación Rigidez/Densidad – Tª Compactación



Conclusiones

- Las MBT pueden cumplir las especificaciones de las mezclas en caliente y se han puesto en obra con éxito.
- Ventajas principales, en cuanto a características mecánicas:
 - no envejece el betún,
 - y puede haber más ligante efectivo→ buen comportamiento en fatiga.
- Debe vigilarse la susceptibilidad a las roderas y la sensibilidad al agua (usar activantes).
- El módulo de rigidez puede ser ligeramente menor.
- Se trata de una mezcla de gran potencial que enriquece las posibilidades de la técnica.