

# “INFLUENCIA DE LA FRACCION GRUESA DE ARIDOS EN LAS PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS DENSAS EN CALIENTE”

**Becario: Nieto Juan Pablo** <sup>(1)</sup>

Director: Mgr. Botasso Hugo Gerardo <sup>(2)</sup>

Proyecto de I+D+i de pertenencia:

“Estudio de las deformaciones plásticas permanentes en mezclas asfálticas densas con polímeros” Código UTN: UTI-1094 Código de Incentivos 25/I045

---

## 1. Resumen

En el presente trabajo se pretende exponer los efectos producidos en una mezcla asfáltica en caliente densa, cuando se modifican en forma exclusiva las relaciones entre los retenidos en el tamiz de 19mm con la fracción retenida en el tamiz de 12.5mm para una mezcla de tamaño máximo de 1” y tamaño máximo nominal 3/4”.

Para ello se presentan criterios de diseño de la curva granular de la mezcla como ser la metodología SuperPave utilizando la curva de Fuller y la gráfica de la potencia 0.45, y las propuesta por las especificaciones técnicas particulares y generales de la DNV a partir de las curvas limites granulométricas para estas mezclas cumpliendo con los parámetros de continuidad de la curva y las tolerancias en cada fracción.

## 2. Abstract

In the present study presents the effects produced in a dense hot mix asphalt, when modified exclusively relations between retained on 19mm sieve with the fraction retained on the sieve 12.5mm para a mixture of maximum size 1 "nominal maximum size 3/4".

This will present design criteria granular mixture curve such as SuperPave methodology using the Fuller curve and 0.45 power graph, and the proposal for the particular and general technical specifications of the DNV from curves granulometric limits for these blends meeting the parameters of the curve continuity and tolerances for each fraction.

## 3. Fundamentos

El diseño de las mezclas asfálticas para uso en caminos rurales o urbanos requiere de un estudio de las cargas que lo solicitan, esto es de tránsito y climáticas, y es en este aspecto que se han desarrollado metodologías de diseño que modelan dichas condiciones de cargas. Así los diseños actuales fijan una serie de ensayos y parámetros, tanto para cada componente de la mezcla (agregados y ligante asfáltico), como en su integridad (la mezcla asfáltica), para las condiciones de cargas que se consideren. Con este espíritu se ha desarrollado la metodología SHARP - SuperPave (estudio del ligante, agregados y mezcla) que requiere de todo un equipamiento para su aplicación. Esta metodología ha sido validada en varios países como también cuestionada. Uno de los aspectos a discutir son los límites granulométricos (mas precisamente la llamada zona restringida), su cumplimiento brindaría un adecuado empaquetamiento de los agregados asegurando una adecuada resistencia a las deformaciones plásticas permanentes, pero existen mezclas que bajo ciertos rangos volumétricos y no cumpliendo con dicha zona restringida han tenido un adecuado comportamiento resistente a las deformaciones plásticas permanentes. La veracidad de los hechos hizo necesario que hoy día esta metodología este en proceso de estudio. Entre las tipología de falla en los pavimentos flexibles se encuentra el ahuellamiento, generada por la acción combinada de elevadas cargas por eje y elevadas temperaturas en el pavimento, consecuentemente la capa de rodadura pierde su serviciabilidad por la formación de una huella en la zona de contacto neumático pavimento. La huella es consecuencia de la acumulación de las deformaciones plásticas permanentes en la capa de concreto asfáltico, esto se debe

(1) Becario de investigación del Centro del Area Materiales Viales

(2) Director de Beca- Director LEMaC

primordialmente a un desplazamiento con volumen constante (flujo plástico), seguido de una reducción volumétrica del material que compone la mezcla asfáltica y las deformaciones debidas a los esfuerzos cortantes que transmiten las cargas del tránsito. La solución a este problema se ha dado modificando los asfaltos con polímeros creando la gama de asfaltos AM1, AM2, AM3 (según Normas IRAM) entre otros, otra forma es optimizar la estructura granular de los áridos de la mezcla, es decir, obtener un óptimo empaquetamiento y mayor contacto de los mismos, dando origen a la metodología Bailey, que hace necesario una calidad de áridos cada vez más severa. El diseño de una mezcla debe cumplir las especificaciones propias de cada país (generales y particulares), que en muchos casos no solo es la única herramienta diseño si no que además puede llegar a estar desactualizada, en las cuales se fijan límites granulares para cada tipo de mezclas, espesores mínimos de capas asfálticas, un mínimo de estabilidad, etc., tratando de cumplir, por así decirlo, con un mínimo de calidad de la mezcla.

#### 4. Desarrollo experimental

El presente trabajo aborda el estudio de la incidencia en la resistencia a las deformaciones plásticas permanentes en una mezcla asfáltica de características ya conocidas, esto es, se conocen las propiedades de la mezcla asfáltica tanto en su diseño como su desempeño en obra, al variar exclusivamente el tamaño  $\frac{3}{4}$ " del árido grueso. Ya que la metodología de diseño de la mezcla empleada está basada en el uso de las especificaciones técnicas generales de la Dirección Nacional de Vialidad ETGVN se plantea la metodología SuperPave para el diseño de la curva granular para el mismo conjunto de agregados, valorando el desempeño resistente a las deformaciones plásticas permanentes de ambas mezclas por medio del ensayo de rueda cargada. La mezcla original se designa como "M95" (siendo "95" el porcentaje de agregados de la mezcla que pasa el tamiz  $\frac{3}{4}$ "), los agregados componentes de la mezcla se observa en la **tabla-1**, para los mismos se obtuvo un porcentaje óptimo de asfalto de 4.9% por la metodología Marshall, cuyos valores se ven reflejados en las **tablas 7, 8 y 9**. La curva de agregados obtenida por la metodología SuperPave se observa en la **tabla-3**, y sus parámetros Marshall se reflejan en las **tablas 14, 15 y 16**.

GRANULOMETRIA DE LOS ARIDOS "M95"						
Tamiz	Abert.	AG1	AG2	AF1	AF2	FILLER
		06:20	09:22	00:06	A.S.	CAL
3/4	19100	100,0	66,5	100,0	0,0	100,0
1/2	12500	63,0	24,8	100,0	0,0	100,0
3/8	9500	32,0	13,1	100,0	0,0	100,0
4	4750	1,5	0,7	93,9	0,0	100,0
8	2360	0,3	0,1	63,1	0,0	100,0
30	600	0,2	0,0	27,1	0,0	98,4
50	300	0,1	0,0	18,6	0,0	96,7
200	74	0,1	0,0	6,5	0,0	81,8

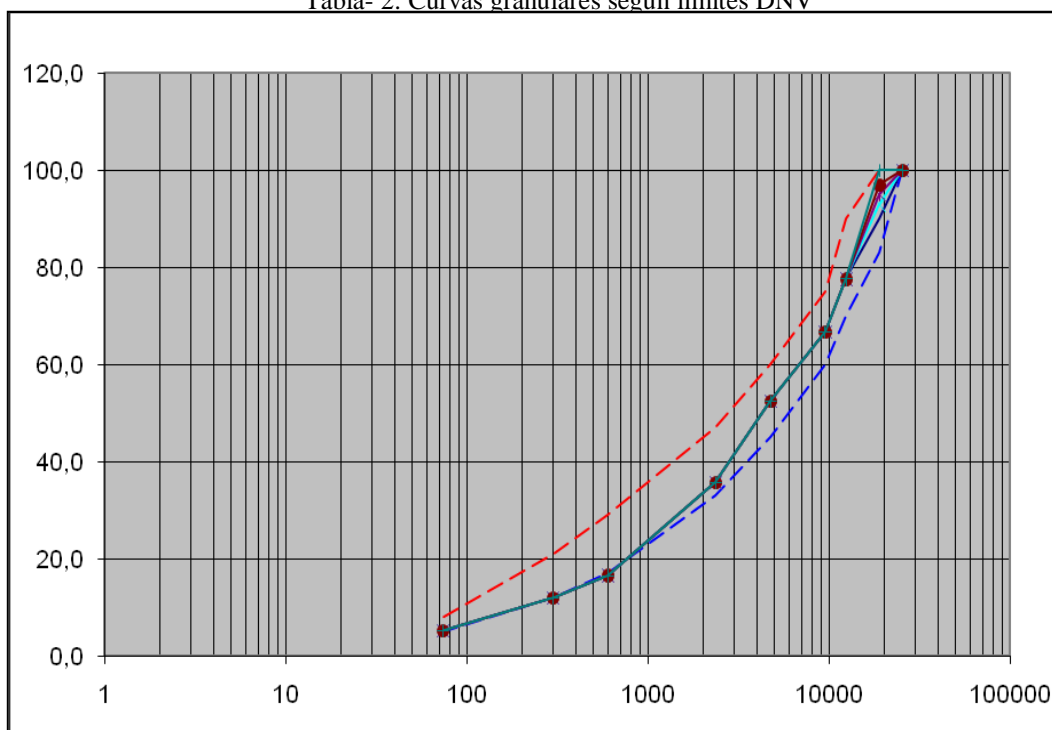
Tabla- 1

#### 4.1. Diseño de las curvas de agregados.

En la **tabla-2** se observa el diseño granular de las mezclas identificadas como “**M**”, mezclas diseñadas según pliego de las ETGVN, seguido del valor “**95**” (o cual corresponda) referido al valor en porcentaje del total de la composición de agregados que pasa el tamiz  $\frac{3}{4}$ ”.

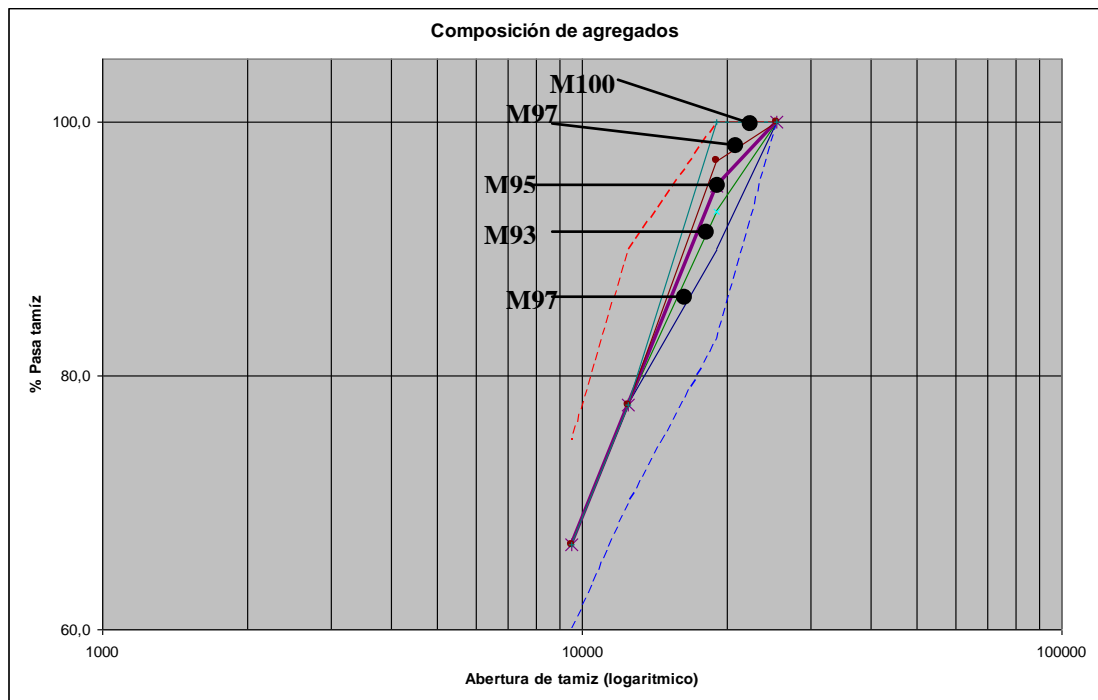
Nº	Tamiz $\mu\text{m}$	Composición						
		C <sub>mín.</sub>	M90	M93	M95	M97	M100	C <sub>máx.</sub>
1	25400	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100
3/4	19100	83	90,0	93,0	95,0	97,0	100,0	100
1/2	12500	70	77,7	77,7	77,7	77,7	77,7	90
3/8	9500	60	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	75
4	4750	45	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	60
8	2360	33	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	47
30	600	17	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	29
50	300	12	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	21
200	74	5	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	8

Tabla- 2: Curvas granulares según límites DNV



Gráfica- 1: Curvas granulares ETGVN. “%PTAc vs log(Tamiz)”

En la **gráfica-2** se aprecia el cambio granular propuesto en el tamiz  $\frac{3}{4}$ ”, dando origen a las mezclas M93, M97, M90, M100.



Grafica-2: Curva granulares ETGVN. “%PTAc vs log(Tamiz)”

Para el estudio de la curva granulométrica “**SP95**” por la metodología SuperPave se deben definir el tamaño máximo nominal (TMN) y tamaño máximo (TM) del conjunto de agregados. Según la granulometría “**M95**” el **TMN (3/4”) = 12.5mm** y **TM (1”) = 19.1mm**, a partir de estos datos se obtiene la **tabla-4** que nos permite construir las curvas límites y puntos de control. En la **tabla-3** se represento la curva granulométrica en los límites dados por las ETGVN cuyos porcentajes cumplen con los límites impuestos por SuperPave, puede observarse que las fracciones por arriba y por debajo del tamiz 30 presentan menores y mayores porcentajes de material pasante acumulado correspondientemente

Tamiz		Composición		
Nº	µm	C <sub>mín.</sub>	95,0%	C <sub>máx.</sub>
1	25400	100	100,0	100
3/4	19100	83	95,0	100
1/2	12500	70	76,8	90
3/8	9500	60	65,1	75
4	4750	45	50,4	60
8	2360	33	34,6	47
30	600	17	16,5	29
50	300	12	12,1	21
200	74	5	5,7	8

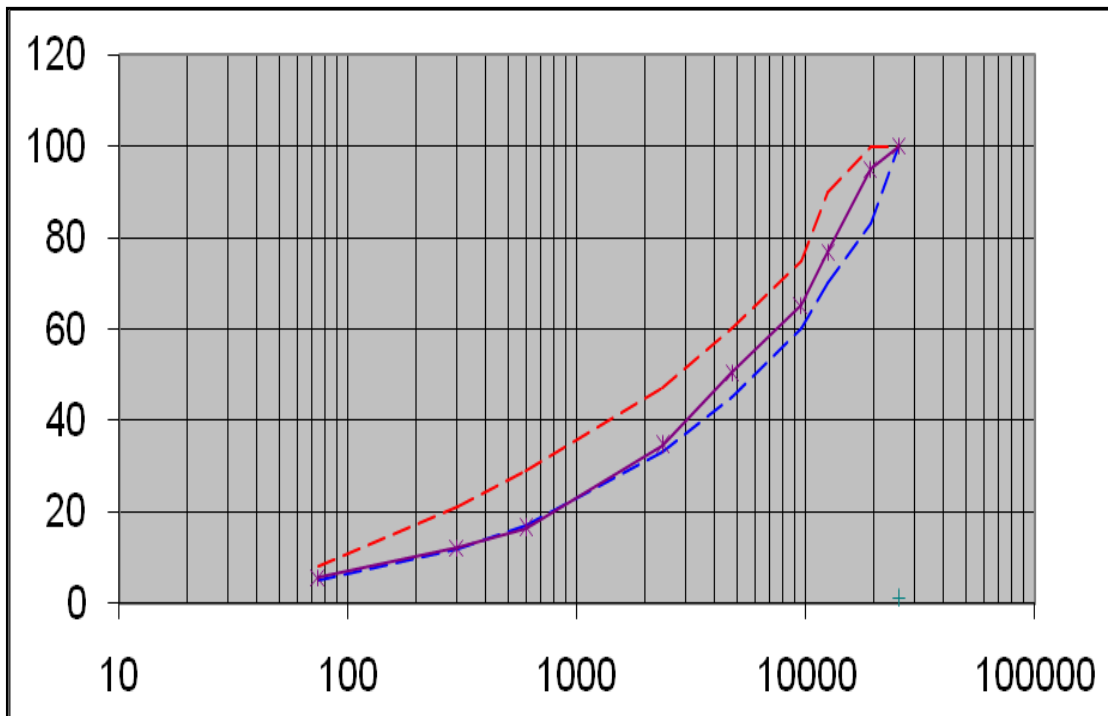
Tabla- 3: Composición de agregados (cumpliendo SuperPave).

En la **grafica-3** se muestran las curvas límites correspondiente a la **tabla-3**.

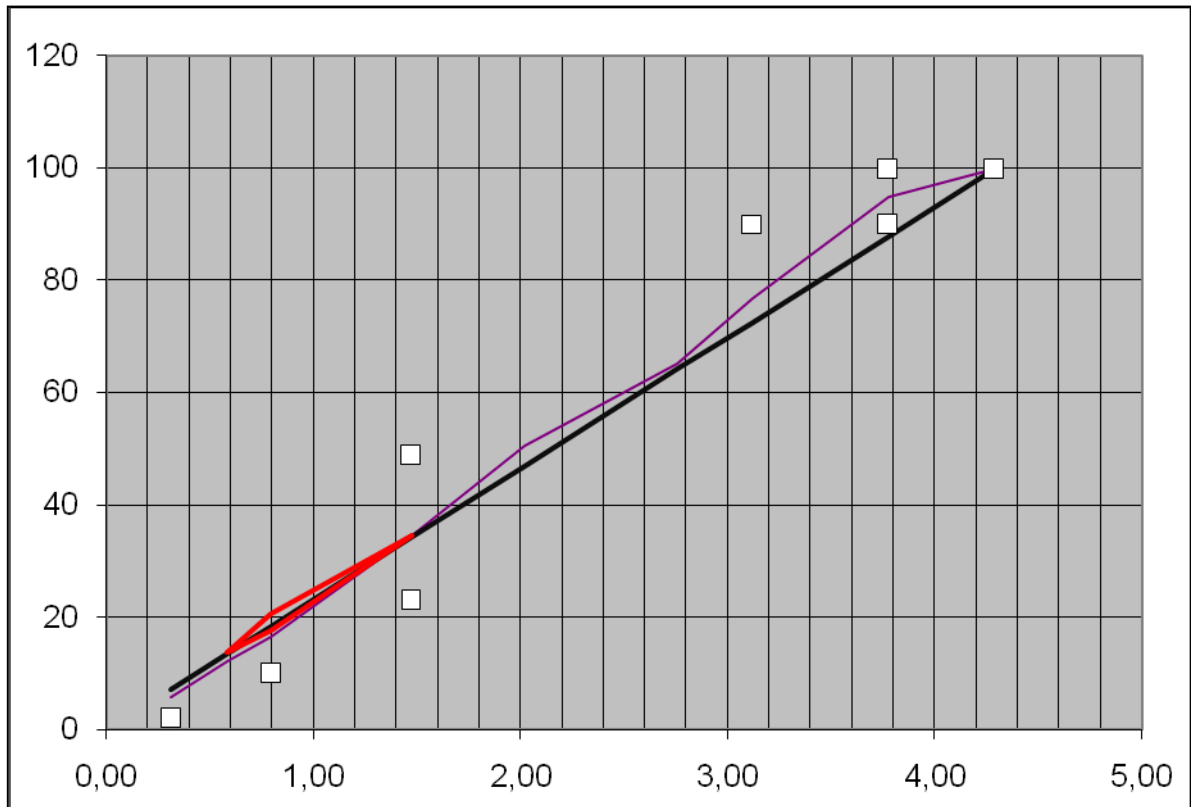
Tamiz		Expo. 0,45	Máx. Densidad	Puntos de Control (TMN 19,1)		Zona Restringida (TMN 19,1)	
Nº	µm			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
3/4	19100	3,77	100,0	90	100		
1/2	12500	3,12	82,6				
3/8	9500	2,75	73,0				
4	4750	2,02	53,5				
8	2360	1,47	39,0	23	49	34,6	34,6
30	600	0,79	21,1			17,7	20,7
50	300	0,58	15,4			13,7	13,7
200	74	0,31	8,2	2	10		

Tabla- 4: Límites granulares SuperPave.

La representación de las curvas planteadas por SuperPave (**tabla-4**) se observa en el **gráfico-4**.



Grafica-3: Curva granulares **SP95**, curvas ETDVN. “%PTAc vs log(Tamiz)”



Grafica-4: Curva granulares SuperPave "SP95". "%PTAc vs Exp. 045"

#### 4.2. Diseño de las mezclas (M90-93-95-97-100) usando las ETGVN.

Con el objeto de agilizar el análisis realizado, se construyo la **tabla-5** que detalla tanto los retenidos parciales en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " (R<sub>Pc</sub>) y acumulado  $\frac{1}{2}$ " (R<sub>Ac</sub>) a partir del análisis granulométrico de la **tabla-2**.

	<b>M90</b>	<b>M93</b>	<b>M95</b>	<b>M97</b>	<b>M100</b>
<b>R.Pc.<math>\frac{3}{4}</math>" (%)</b>	10	7	5	3	0
<b>R.Pc.<math>\frac{1}{2}</math>" (%)</b>	12.3	15.3	17.3	19.3	22.3
<b>R.Ac<math>\frac{1}{2}</math>" (%)</b>	22.3				

Tabla- 5: Análisis granular (%)

	<b>M90</b>	<b>M93</b>	<b>M95</b>	<b>M97</b>	<b>M100</b>
<b>R.Pc.<math>\frac{3}{4}</math>" vs RAc <math>\frac{1}{2}</math>"</b>	44.8%	31.4%	22.4%	13.4%	0%
<b>R.Pc <math>\frac{1}{2}</math>" vs RAc <math>\frac{1}{2}</math>"</b>	55.2%	68.6%	77.6%	86.6	100
<b>Relacion "<math>\frac{3}{4}</math>" / <math>\frac{1}{2}</math>"</b>	45/55	30/70	25/75	15/85	0/100

Tabla-6: Relación proporcional  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ "

Los valores del diseño Marshall de las mezclas en estudio, como así también los valores Marshall se indican en las **tablas 7, 8 y 9.**

En la **tabla 10** se tienen los valores del Ensayo de rueda cargada WTT.

Dosificación	Mezcla	Aridos
9:22	14.27	15
6:20	28.34	29.8
0.60	50.40	53
Filler	2.09	2.2
Asfalto	4.9	

Tabla- 7: Dosificación Marshall

	M90	M93	M95	M97	M100
<b>DMarshall</b>	2.336	2.332	2.308	2.316	2.320
<b>DRice</b>	2.443	2.440	2.430	2.433	2.430
<b>V</b>	4.4	4.4	5	4.8	4.7
<b>VAM</b>	15.9	15.8	16.3	16.1	16.1
<b>RBV</b>	72.2	72.3	69.4	70.5	70.6

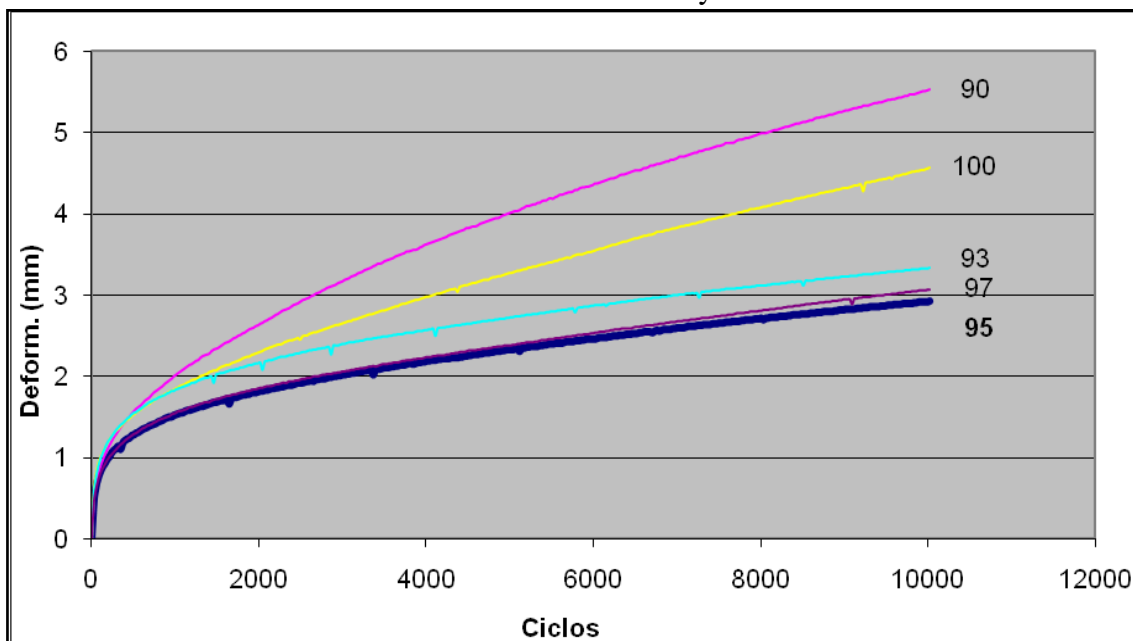
Tabla- 8: Parámetros volumétricos Marshall

	M90	M93	M95	M97	M100
<b>Estabilida</b>	1139	1010	1016	1050	1185
<b>Fluencia</b>	4.8	4.6	4.1	3.9	3.4
<b>E/F</b>					

Tabla- 9: Parámetros mecánicos Marshall

	M90	M93	M95	M97	M100
<b>WTS</b>	0.304	0.122	0.120	0.138	0.260
<b>PD</b>	5.54	3.34	2.93	3.07	4.57

Tabla- 10: Parámetros del ensayo de WTT.

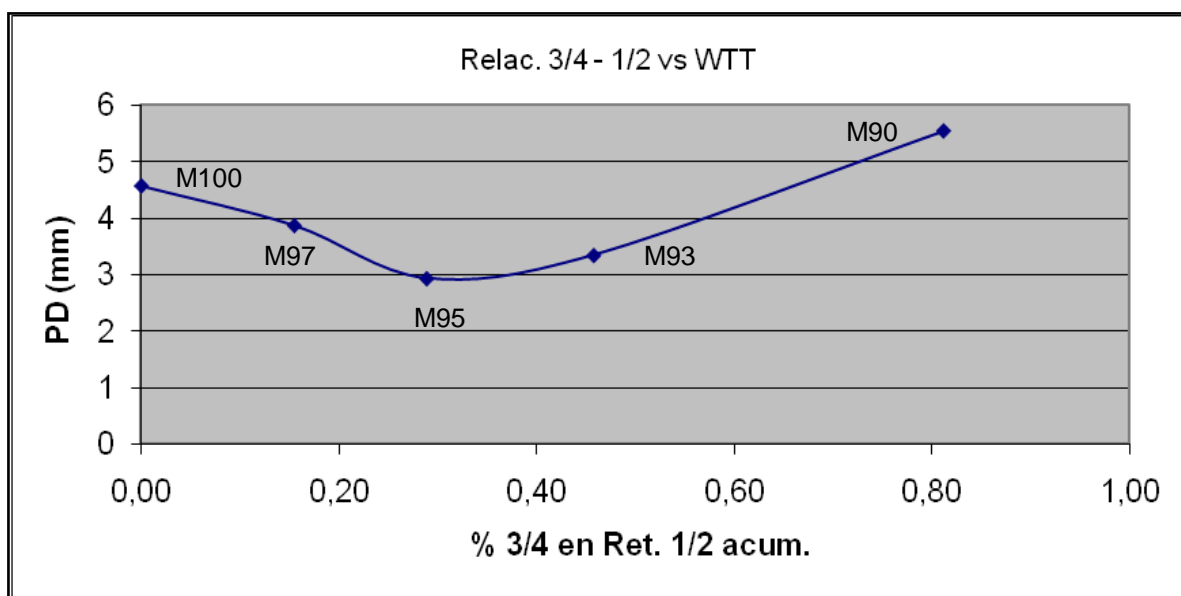


Gráfica- 5: Curvas ensayos WTT. Mezclas M90, M93, M95, M97, M100.

En la **tabla 11** se relacionan las profundidades de huella “PD” versus la relación de fracción  $\frac{3}{4}$ ” retenida en el total del retenido acumulado en el tamiz  $\frac{1}{2}$ ”, dicho valor expresado en “%”.

	M90	M93	M95	M97	M100
<b>R.Pc. <math>\frac{3}{4}</math>” vs RAc <math>\frac{1}{2}</math>”</b>	<b>44.8%</b>	<b>31.4%</b>	<b>22.4%</b>	<b>13.4%</b>	<b>0%</b>
Relacion “ $\frac{3}{4}$ / $\frac{1}{2}$ ”	45/55	30/70	25/75	15/85	0/100
<b>PD (mm)</b>	<b>5.54</b>	<b>3.34</b>	<b>2.93</b>	<b>3.87</b>	<b>4.57</b>

Tabla- 11: Tabla comparativa de mezclas “M” con profundidad de huella PD.



Grafica- 6: Curva de tendencia polinómica (valores tabla 11)

#### 4.3. Diseño de la mezcla (SP95) por metodología SuperPave.

Con el mismo objeto planteado en “4.2” se construyo para la mezcla **SP95** la **tabla-12**, detallando los retenidos parciales en el tamiz  $\frac{3}{4}$ ” y  $\frac{1}{2}$ ” (R<sub>Pc</sub>) y acumulado  $\frac{1}{2}$ ” (R<sub>Ac</sub>) a partir del análisis granulométrico de la **tabla-3**.

Como se verá en los valores obtenidos a partir de los ensayos propuestos la mezcla **SP95** es comparada con la patrón “M95” con el fin de obtener conclusiones entre las metodologías de diseño del esqueleto granular.

	SP95	M95
<b>R.Pc. <math>\frac{3}{4}</math>” (%)</b>	10	5
<b>R.Pc. <math>\frac{1}{2}</math>” (%)</b>	12.3	17.3
<b>R.Ac <math>\frac{1}{2}</math>” (%)</b>	22.3	

Tabla- 12: Análisis granular (%)

Dosificación	Mezcla	Aridos
<b>9:22</b>	14.27	15
<b>6:20</b>	30.53	32.10
<b>0.60</b>	47.55	50
<b>Filler</b>	2.76	2.9
<b>Asfalto</b>	4.9	

Tabla- 13: Dosificación Marshall

Los valores de diseño como parámetros Marshall de la mezcla en estudio se indican en las **tablas- 13, 14 y 15**. En la **tabla 16** se tienen los valores del ensayo de rueda cargada WTT.

Como puede observarse el esqueleto granular obtenido por la metodología SuperPave no resulto como se esperaba, un aumento en la resistencia a las deformaciones plásticas permanentes al cumplir con los límites impuestos tanto por



las dos métodos. En la mezcla M95 se realizaron cambios en los porcentajes de áridos totales, tabla-13, que permitieron diseñar SP95

	SP95
DMarshall	2.346
DRice	2.415
V	7
VAM	18.5
RBV	62.1

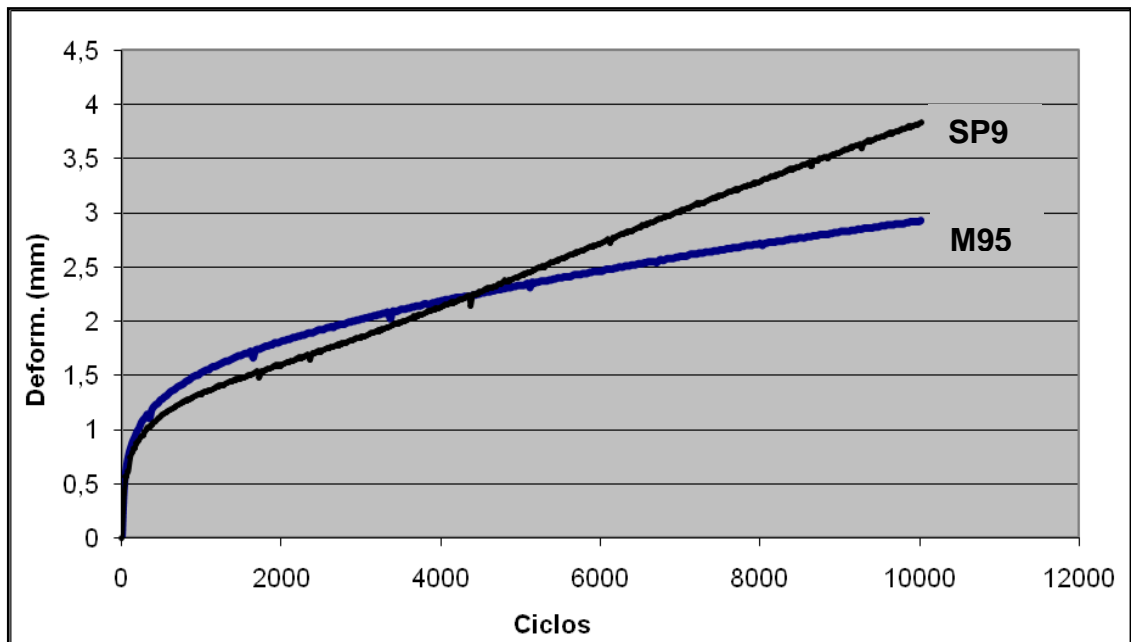
Tabla- 14: Parámetros volumétricos Marshall

	SP95
Estabilidad	749
Fluencia	3.5
E/F	

Tabla- 15: Parámetros mecánicos Marshall

	SP95	M95
WTS	0.304	0.120
PD	5.54	2.93

Tabla- 16: Parámetros del ensayo de WTT.



Grafica- 7: Curvas de ensayo WTT.

## 5. Análisis de Resultados

De los ensayos de Wheel tracking test (WTT), valorado a partir de los parámetros de profundidad de huella "PD (mm)" y pendiente de huella "WTS ( $10^{-3}$ mm/ciclos)", se deduce que la mezcla **M95** con un retenido parcial  $\frac{3}{4}$ " del orden del 25% del total acumulado de retenido  $\frac{1}{2}$ ", el mecanismo de acomodamiento de las partículas parece ser el óptimo para esta curva granulométrica, ya que en el entorno de esta (mezcla **M95**) al variar el porcentaje de retenido  $\frac{3}{4}$ " la fracción retenida parcial en el tamiz  $\frac{1}{2}$ " no permite un adecuado acomodamiento de los agregados del tamaño  $\frac{3}{4}$ ", véase **tabla-11** y **grafica-6**.

La curva granulométrica obtenida con la metodología SuperPave no logro optimizar la mezcla desde el punto de vista de los parámetros volumétricos y mecánicos analizados por la metodología Marshall como también su resistencia a las deformaciones plásticas permanentes, ver **tablas14, 15, 16** y **grafica-7**. Sin embargo es llamativo que la mezcla **SP95** presente menores deformaciones iniciales y elevada profundidad de huella respecto a **M95**. Este hecho de debe a una alta tasa de ahuellamiento "WTD", hecho atribuible en gran medida a la inestabilidad granular obtenida por la mezcla, causada por el agruesamiento de las fracciones por encima del tamiz 30 y finesa de las fracciones por debajo del mismo tamiz, **tablas - 2 y 3**.

## 6. Conclusiones

**6.1** La mezcla identificada como **M95** presenta la mejor alternativa al valorar la resistencia a las deformaciones plásticas permanentes, reflejado a partir de la profundidad de huella **PD**.

**6.2** Tanto la profundidad "**PD**" como la pendiente "**WTS**" de huella, aumentan considerablemente para los puntos estudiados.

**6.3** En las mezclas **M93**, **M95**, **M97**, **M100** se producen mayores deformaciones iniciales y finales respecto a la mezcla **M95**, siendo mayores cuanto mas no alejemos de este (**grafica-5**).

**6.4** La mezcla **SP95** presenta una menor deformación inicial pero alta tasa de ahuellamiento, obteniéndose una gran profundidad de huella comparada con la mezcla **M95** (**grafica-7**), esto se debe a que la curva granular presenta un mayor y menor porcentaje de aporte en las fracciones por encima y debajo del tamiz 30 haciendo la mezcla inestable granularmente.

## 7. Bibliografía

- Comisión Permanente del Asfalto. "Especificaciones de mezclas asfálticas en caliente de bajo espesor para carpetas de rodamiento". (2005)
- Transportation Research Board. "Bailey Method for Gradation Selection in Hot-Mix Asphalt Mixture Design". Circular. (2002)
- Botasso H.G. "Inclusión de Caucho Reciclado en Mezclas Asfálticas". (2007)
- Nieto J. P. "Estudio del Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas Densas en Caliente para Capas de Rodadura variando la Temperatura de Compactación". (2009)
- Norma española UNE-EN 12687-22: Mezclas Bituminosas. Métodos de Ensayo para Mezclas Bituminosas en Caliente. Parte 22: Ensayo de Rodadura. (2008)
- Norma VN-E9-86. "Ensayo de Estabilidad y Fluencia por el Método Marshall".
- IRAM 1533: "Método de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua".
- Autor: Nieto; Estudio comparativo de diseño de mezclas asfálticas por el método tradicional y el método Bailey Ahuellamiento; Tesis de becario 2011