

.1er CONGRESO PARAGUAYO DE VIALIDAD Y TRANSITO-2.014



ESTUDIO Y DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON RAP

RECAPADO SUPERCARRETERA

PUERTO PRESIDENTE FRANCO – HERNANDARIAS

ALTO PARANA AÑOS

2011-2012

ESTUDIO Y DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON RAP.

OBRA:

Supercarretera- Pte. Franco-Hernandarias (Alto Paraná).M.O.P.C-Itaipu Binacional

En el año 2011 en el marco del contrato del MOPC para la ejecución del recapado asfáltico de la Supercarretera en el tramo comprendido entre Pte. Franco - Hernandarias (Alto Paraná).M.O.P.C - Itaipu Binacional, el proyecto contempló la utilización de mezclas asfálticas con aporte de RAP.

Para tal efecto la empresa contratista compró una usina asfáltica TEREX MAGNUM 80, diseñada para tal efecto y de tecnología de punta en la región ya que ni el RAP ni el CAP virgen, se exponen en forma directa a los gases y a las altas temperaturas durante el secado y mezclado de los materiales.

Con motivo de dirigir todo lo concerniente a este novedoso proyecto, dosificación, producción y controles tecnológicos, fue contratado el Técnico Vial, Rafael Ottaviano, de amplia experiencia en obras viales en Paraguay y en la Argentina.

Para satisfacer los requerimientos de las Especificaciones Técnicas, respecto al uso del RAP se iniciaron los estudios correspondientes basándose en los trabajos realizados por los Ings. José E. Peart y Jorge Panero para el tramo de mantenimiento por concesión de la Ruta Nº 7 en nuestro país, y en otras obras en la provincia de Córdoba (República Argentina), como así también en publicación sobre Diseño de Mezclas Asfálticas del Ing. Dante Nardelli.

Antes de iniciar las experiencias, se remitieron a laboratorios del L.E.M.I.T., La Plata (Provincia de Buenos Aires, Rca. Argentina) muestras del producto de fresado, a fin de determinar % C.A.P. y granulometría por medio de equipo Abson. Como también ensayos de penetración y viscosidad para conocer su estado actual, todo a fin de corroborar lo realizado en laboratorio de obra.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA OBRA PARA LA MEZCLA BITUMINOSA

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA NORMAL

COMPOSICION DE LA MEZCLA TIPO IV B (Gradación densa)

Mezcla para concreto asfáltico
12/08/2011

TAMIZ	ABERT.	4"	5"	6"	Arena de río.	Filler	Mezcla de cinta	F. Inf.	Mezcla	F. Sup.
Pulg.	m.m.	18,0%	35,0%	37,2%	9,0%	0,8%			100,0%	
1"	25,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100	100,0	100
3/4"	19,05	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0		90	98,2	100
3/8"	9,52	3,9	92,3	100,0	100,0	100,0		70	80,0	90
4	4,76	0,8	20,0	96,7	100,0	100,0		50	52,9	70
8	2,38	0,0	4,1	70,1	100,0	100,0		35	37,3	50
30	0,59	0,0	1,0	38,0	99,6	100,0		18	24,3	29
50	0,297	0,0	0,0	28,8	79,0	99,8		13	18,6	23
100	0,149	0,0	0,0	21,9	30,6	97,9		8	11,7	16
200	0,074	0,0	0,0	14,9	4,6	89,8		4	6,7	10
		% agregado grueso		53,0%						
		% agregado fino		47,0%						

**DE LA
DERAP**

**COMPOSICIÓN
MEZCLA AL 10 %**

Mezcla para concreto asfáltico
19/08/2011

TAMIZ	ABERT.	4
Pulg.	m.m.	16
1"	25,4	
3/4"	19,05	
3/8"	9,52	
4	4,76	
8	2,38	
30	0,59	
50	0,297	
100	0,149	
200	0,074	
% agregado grueso		
% agregado fino		

EXIGENCIA PARA LA MEZCLA ASFALTICA

ESTABILIDAD DE 800 A 1.200 KG.

FLUENCIA 2 – 4 MM. VACIOS 3 – 5%. RBV 75 – 82%. RELACION E/F 2.100 – 3.500.

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA AL 20 % DE RAP

COMPOSICION DE LA MEZCLA TIPO IV B (Gradación densa)

Mezcla para concreto asfáltico
20/08/2011

TAMIZ	ABERT.	4 ^a	5 ^a	6 ^a	RAP	Arena	Filler	F. Inf.	Mezcla	F. Sup.
Pulg.	m.m.	16,0%	32,0%	26,2%	20,0%	5,0%	0,3%		100,0%	
1"	25,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100,0	100
3/4"	19,05	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90	98,4	100
3/8"	9,52	3,9	92,3	100,0	91,7	100,0	100,0	70	80,5	90
4	4,76	0,8	20,0	96,7	77,5	100,0	100,0	50	53,2	70
8	2,38	0,0	4,1	70,1	63,7	100,0	100,0	35	38,2	50
30	0,59	0,0	1,0	38,0	43,3	99,6	100,0	18	24,7	29
50	0,297	0,0	0,0	28,8	30,7	79,0	99,8	13	18,4	23
100	0,149	0,0	0,0	21,9	19,3	30,6	97,9	8	11,9	16
200	0,074	0,0	0,0	14,9	10,7	4,6	89,8	4	7,0	10
% agregado grueso		48,0%								
% agregado fino		52,0%								

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA AL 30 % DE RAP

COMPOSICION DE LA MEZCLA TIPO IV B (Gradación densa)

Mezcla para concreto asfáltico
21/08/2011

TAMIZ	ABERT.	4 ^a	5 ^a	6 ^a	RAP	Arena	Filler	F. Inf.	Mezcla	F. Sup.
Pulg.	m.m.	15,5%	30,5%	20,2%	30,0%	3,0%	0,8%		100,0%	
1"	25,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100,0	100
3/4"	19,05	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90	98,5	100
3/8"	9,52	3,9	92,3	100,0	91,7	100,0	100,0	70	80,3	90
4	4,76	0,8	20,0	96,7	77,5	100,0	100,0	50	52,8	70
8	2,38	0,0	4,1	70,1	63,7	100,0	100,0	35	38,3	50
30	0,59	0,0	1,0	38,0	43,3	99,6	100,0	18	24,8	29
50	0,297	0,0	0,0	28,8	30,7	79,0	99,8	13	18,2	23
100	0,149	0,0	0,0	21,9	19,3	30,6	97,9	8	11,9	16
200	0,074	0,0	0,0	14,9	10,7	4,6	89,8	4	7,1	10
% agregado grueso		46,0%								
% agregado fino		54,0%								

EXIGENCIA PARA LA MEZCLA ASFALTICA

Ensayada la mezcla por el método Marshall ASTM D-1559, acusará los siguientes valores:

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	VALORES LÍMITES	
	MÍN.	MÁX.
número de golpes por cara de la probeta: 75		
estabilidad a 60 °C (kg)	800	1200
fluencia (mm)	2,0	4,0
Vacios totales * (%)	3	5
Relación betún-vacios (%)	75	82
Estabilidad remanente después de 24 h. de inmersión en agua a 60 °C, al 99,5 % de la densidad Marshall (%)	85	-
relación estabilidad-fluencia	2100	3500
* calculado en base al peso específico efectivo de la mezcla de áridos (método de Rice) (AASHTO T-209)		

METODOLOGÍA DE TRABAJO

- 1) Recuperación asfáltica del producto del fresado para determinación % de C.A.P. y granulometría, secado previamente a 60 grados en estufa, hasta peso constante. Ensayos realizados en obra con el recuperador normal ROTAREX

La solución de solvente y asfalto de la extracción previa fue destilada mediante el método Abson (ASTM D-1856)

Nº de laboratorio - 2011	1161-63	1164	Normas de ensayo
Material	Mezcla reciclada	RAP	
Ensayos sobre el Cemento Asfáltico Recuperado por destilación			
Penetración (25 °C, 100g, 5s), 0.1 mm	20	17	ASTM D-5
Viscosidad rotacional (60 °C), Poise	25360	35000	ASTM D-4402

- 2) En base a los resultados obtenidos, se incorpora el agregado faltante, grueso y fino incluyendo arena lavada y filler (cal hidratada) para encuadrar dentro de la faja granulométrica del contrato.

- 3) Se plantearon cuatro alternativas a saber: con 10%, 15%, 20% y 30% de fresado.

- 4) Partiendo de la base que la mezcla normal con 1" de tamaño máximo nominal, pedía alrededor de 4,9% de C.A.P. con agregados vírgenes y habiéndose obtenido un porcentaje residual de C.A.P. de 4,5% a 4.7% en el producto del fresado, se completó lo faltante para cada caso, adoptándose una media de aporte de 4.6% por parte del RAP completándose con material virgen, según necesidad y de acuerdo a la proporción del RAP y su contenido.

- 5) Se moldearon tres juegos de probetas p/c % de adición de Rap calentando la mezcla a 160° C y compactando a 140%, obteniéndose los siguientes valores; previa aclaración que la búsqueda se encuadró dentro de las exigencias de contrato que se adjuntan.

Para 10% RAP: Laboratorio

Densidad	Vacío	Estab.	Fluencia	R. E/F
2450	3.3	1369	3.8	3626

Para 15% RAP: Planta

Densidad	Vacío	Estab.	Fluencia	R. E/F
2485	3.6	1329	3.8	3497

Para 20% RAP: Laboratorio

Densidad	Vacío	Estab.	Fluencia	R. E/F
2456	2.7	1515	3.7	4053

Para 30% RAP: Laboratorio

Densidad	Vacío	Estab.	Fluencia	R.E/F
2530	2.0	2000	3	6668

Como podrá apreciarse los resultados parecían muy altos pero luego de compararse con la memoria de ingeniería de proyecto, las cuales arrojaban valores de estabilidad en el entorno de 1100-1200 en el remoldeo; se comprobó la confiabilidad de los mismos. Esto hizo suponer que en origen las estabilidades habrían estado con valores 20% superiores; lo que fue corroborado con posterioridad al ensayar probetas de mezcla en servicio previo al fresado con valores de estabilidad entre 1300-1600 kgrs y valores de fluencias entre 3.6-3.8 mm. Que indican que los resultados obtenidos en su etapa de construcción, a todas luces ya eran superiores a lo exigido en la nueva obra.

Como las especificaciones técnicas establecían restricciones a los valores de estabilidad, se decide entonces luego de análisis técnicos, buscar un diseño de mezcla asfáltica que pueda entrar en servicio con valores que se encuentren dentro o lo más cercano posible a la exigencia de contrato y con el mayor porcentaje posible de RAP. A tal efecto se ensayan probetas con arena de granulometría más gruesa y por lo tanto mejor módulo de finura, por lo que se recurre a un material de Saltos del Guairá, sin variar los agregados pétreos que la empresa estaba procesando.

Los resultados demostraron que el razonamiento era correcto y se obtuvieron valores satisfactorios tanto con 20% como 30% de RAP con excelente trabajabilidad, hecho que facilita su colocación y compactación en pista a pesar de la disminución significativa de arena virgen.

Las tentativas arrojaron los siguientes resultados:

Para 20% RAP: (Mezcla en planta)

Densidad	Vacío	Estab.	Fluencia	R. E/F
2502	3.3	1331	3.9	3413

Para 30% RAP: (Mezcla en planta)

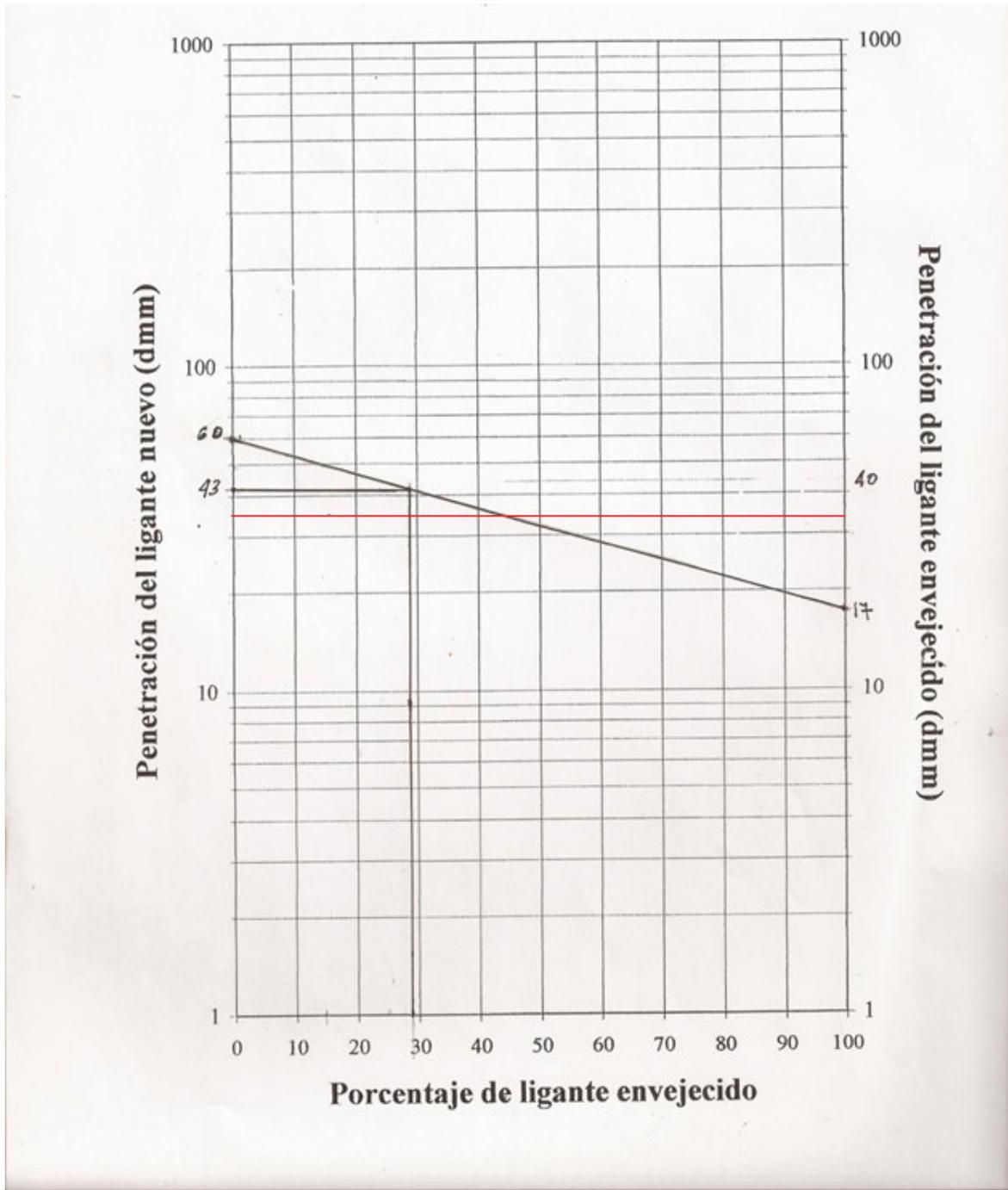
Densidad	Vacío	Estab.	Fluencia	R. E/F
2503	3.5	1318	3.8	3468

Es de hacer notar que en estas experiencias se aplicaron conceptos de trabajos realizados en diversos países, aparte de los ya mencionados al inicio, de los cuales se obtuvieron datos muy útiles, sobre todo para saber por dónde estábamos transitando.

De uno de ellos se adoptó el nomograma (*), que indica qué valor de penetración final se tiene con la mezcla del CAP que aporta el fresado y el CAP virgen. Con esto podemos presumir su futuro comportamiento, ya que en el caso que nos toca (20% a 30%),

el resultado final se encuadra dentro de valores totalmente razonable para nuestro país y que se aplican en otros de igual latitud como el caso de Australia que solicita una penetración mínima de 35 dmm a 25°, en nuestra experiencia la penetración del CAP recuperado es de 17 dmm y el CAP virgen promedia 60 dmm, con lo que se obtiene un valor de 43 dmm. resultado más que suficiente destacando que esto ocurre con 30% de RAP y corresponde a un CAP 30-45 de penetración , producido y utilizado en Brasil. Finalmente se adoptó la dosificación con 30% de RAP.

NOMOGRAMA PARA EL CÁLCULO DE PENETRACION DEL LIGANTE FINAL



PUNTOS IMPORTANTES A SER TENIDOS EN CUENTA

- 1- Control del % de CAP, y granulometría del fresado, dos veces al día como mínimo, y a medida que ingresa el material al acopio. Separar acopios cuando se identifiquen granulometrías de RAP muy diferentes por tramo.
- 2- Control de la humedad del RAP, material proclive a retenerla, por lo que debe estar protegido en todo momento, si es posible bajo techo, por lo menos el material más próximo a usar. El exceso de humedad demora el secado del RAP y por ende la producción. Por lo que a mayor humedad (Nunca mayor que 5%), menor producción.
- 3- Tratar de mantener de alguna forma el tamaño máximo del RAP, desmenuzándolo a tal efecto. De esa forma se obtendrá un mayor aprovechamiento del material que debido a su exposición al sol y al calor tiende a formar grumos que son rechazados por la zaranda del tambor secador, convirtiéndose en desperdicio. Contar en laboratorio con todos los equipos necesarios para este tipo de emprendimiento.
- 4- Dado que el RAP ya aporta arena silíceas por la composición de su mezcla, porque por norma de diseño de la época era obligatorio su uso, se recomienda trabajar con el menor % de arena virgen en lo posible nulo, a fin de contrarrestar posibilidad de ahuellamiento.
- 5- Los acopios cónicos de mayor altura, juntan menos humedad que los bajos u horizontales, cuando se los coloque bajo techo, serán sin paredes para evitar condensación de la humedad, siempre es conveniente mezclar en material de acopio, sobre todo si son pequeños, a fin de mantener la homogeneidad del mismo, siempre con los debidos controles.
- 6- Tal vez uno de los puntos más importantes es el uso de planta diseñada a tal efecto, una de doble tambor a contra flujo que asegurará una mezcla asfáltica homogénea, menos envejecida por no estar expuesto el RAP a la radiación directa del calor en el proceso de secado y mezclado, y una importante disminución de emisión de gases contaminantes a la atmosfera.

CONCLUSIONES:

Las mezclas asfálticas de este tipo, de gran importancia para el desarrollo vial de nuestro país, porque permite el ahorro de divisas, al disminuir el % de CAP necesario para alcanzar el punto óptimo a lo que se suma la menor cantidad de agregado virgen a utilizar, por lo que no sólo existe una ventaja económica, sino que también un aporte importante a la ecología del Paraguay y de la región.

También es un producto muy utilizado en calles urbanas para aprovechar el RAP de los fresados necesarios para mantener el galibo.

Partiendo de estos dos principios fundamentales y teniendo en cuenta que es otra técnica, similar sí, pero no igual a la de una mezcla asfáltica virgen, se debe tratar de establecer una Norma que permita estandarizar su utilización a nivel país.

Tratar de encuadrarlo en las que corresponden a una mezcla usual, hacen que se parta de una base meramente orientativa que sirve como guía para la elaboración del diseño, como ser granulometría, % de vacíos y R.B.V.- En cuanto a los valores de estabilidad y fluencia como la relación entre ambos, se debe establecer con buen criterio las necesidades de cada mezcla a proyectar, teniéndose en cuenta el origen y comportamiento de los agregados que se dispongan en la zona, a lo que se debe sumar datos que aporte la mezcla en servicio a fresar y su remoldeo (estabilidad, fluencia, densidad etc.), ensayo de penetración del CAP recuperado del RAP y % que contiene el mismo, como también su viscosidad y relación filler/betún apropiada a fijar por lo que se deberá contar con los equipos de laboratorio necesarios para tal fin. A nuestro criterio y por experiencia, fijar límite superior al valor de estabilidad de una mezcla no soluciona el problema de posible rigidez.

De acuerdo a esta experiencia es conveniente establecer sólo el mínimo, ya que el máximo estará definido por el tope que imponga el valor relación-Estabilidad/Fluencia, que es

lo único que puede garantizar el control eficaz para no caer en una mezcla rígida, ya que todas las elaboradas con RAP tienden a aumentar los valores de estabilidad más aun, a medida que se incrementa el % del mismo.

La Dirección Nacional de Vialidad Argentina institución de renombre y que siempre fue consultada en nuestro país en lo que se refiere a normas de ensayo, establece en sus especificaciones técnicas generales, para mezclas asfálticas de cualquier origen, los siguientes valores.

Estabilidad ≥ 800 kg

Fluencia 2 – 4,5 mm

Relación Estabilidad/Fluencia (Base negra 1800 – 4000) (Capa de rodamiento 2100 – 4000)

% de vacíos 3 – 5

Relación Betún/Vacío 70 – 80

Estabilidad remanente $> 80\%$

Con estas exigencias, una estabilidad de 1600 kg con fluencia de 4 mm, arroja un valor de 4000 como relación estabilidad/fluencia. Por otra parte 1400 kg y 3.5 mm y 1200 kg y 3 mm, y 1000 Kg y 2.5 mm, dan un resultado también de 4000 para la misma exigencia.

Otro criterio a tener en cuenta es que en ningún caso se puede diseñar una mezcla con recetas preestablecidas.

También se deberá tener en cuenta que dada la heterogeneidad que siempre presenta un material reciclado, a pesar de los controles, la conveniencia de trabajar con 0.1- 0.2 % por debajo del óptimo del CAP obtenido en los ensayos, a fin de minimizar superficies de aspecto desperejo y algún brillo, para asegurar contar con vacíos disponibles y absorber eventuales sobre- compactaciones. No debemos temer al incremento de las estabildades, ya que el fenómeno sobre peso-frecuencia está instalado en todas nuestras rutas y es una realidad. Esto se demuestra con el brillante comportamiento de una mezcla de

30 años de vida y escaso mantenimiento, con los valores ya consignados de la que se utilizó el fresado.

Por otra parte es muy importante controlar las tasas de riego de liga a implementar, debido a que la superficie fresada al contacto del calor de la nueva mezcla, aporta capacidad ligante, pudiendo generarse algún exceso si no se toman recaudos. Todo esto se verificó en la obra y se adoptaron los ajustes necesarios al respecto, con buen resultado.

En cuanto al % aconsejable de RAP a emplear, existen varias opiniones que dependen seguramente de las experiencias previas. A ese respecto se pueden citar exigencias que se aplican en EE.UU. y que se citan como ejemplos:

Estado de Alabama: Base e Intermedia 40% Rodamiento 15%. Estado de Iowa: Abierto. Estado de Missouri: 50% en todos los casos. Estado de Maryland: Abierto. Estado de Virginia: 25% en todos los casos. Estados de New México, Washington y Texas: Abierto. Estado de Nueva York: Base e Intermedia 50% - Rodamiento 0%.

Cada estado cuenta con sus especificaciones con respecto al porcentaje de RAP permitido que a su vez dependen del tipo de planta que se utilice. También citaremos datos de su uso en Europa a saber:

Alemania: 15 – 80%, Bélgica: 20 – 45%, Holanda: 70% y todos con tendencias al máximo aprovechamiento, ya que cada vez es mayor la restricción para el uso de materiales nuevos, como también los altos costos del almacenamiento de residuos, lo que promovió que en ese continente se hayan alcanzado importantes avances tecnológicos y se pueda estar hablando de plantas de calentamiento mixto, hasta 120° con gases y luego hasta 150° con microondas.

Por todo lo expuesto, la oportunidad de experimentar una mezcla de nueva técnica para nosotros, amerita trabajar con la máxima seriedad y criterio técnico, para hacer realidad una posibilidad sumamente beneficiosa para el país.

Para finalizar, se debe aclarar que este trabajo solo pretende ser un valedero aporte a la técnica vial del Paraguay, como sin duda habrán sido las otras experiencias que llevaron a cabo el M.O.P.C. y las Empresas abocadas a tareas similares, en la elaboración de mezclas asfálticas con RAP, en diversos tramos.

Cabe destacar que la Obra mencionada se encuentra hasta la fecha cumpliendo cabalmente con los requerimientos funcionales correspondientes a su categoría.

Observación: Las planillas de todos los ensayos se encuentran en poder de la consultora INGSER y de la supervisión de obra del M.O.P.C.

Se adjuntan fotografías ilustrativas y otros datos.

BIBLIOGRAFÍA

Ing. José E. Peart.

Ing. Jorge Panero.

Ing. Dante Nardelli.

Mezclas recicladas en caliente por:

Ing. Jorge Alarcón Ibarra.

Fresado y reciclaje por: J.

Don Brock, PhD., P.E.

Normas de Ensayo DNV- Rca. Argentina.

Especificaciones Técnicas Generales DNV- Rca. Argentina.

Intervinientes en el trabajo realizado en laboratorio de obra de TyC S.A.

Dirección y asesoría: Técnico Pedro R. Ottaviano.

Ejecución:

Jefe de Laboratorio: Técnico Antonio Duarte Galeano.

Representante de la Fiscalización INGSER: Técnico Raimundo Ortíz.

Auxiliares: Miguel Moreno, Antonio Aquino.

Colaboración del Laboratorista y operador de planta: Francisco Aquino.

Referenciado de imágenes

1. Testigos de mezcla existente y nuevas.
2. Idéntico al 1.
3. Superficie con algún brillo y desapareja.
4. Panorámica RAP al 20%.
5. RAP al 20% sobre superficie fresada.
6. RAP al 20%, primer plano dársena sin tránsito, segundo plano calzada con tránsito.
7. RAP al 30% sobre superficie fresada.
8. Superficie fresada.
9. Superficie fresada.

IMAGEN 1

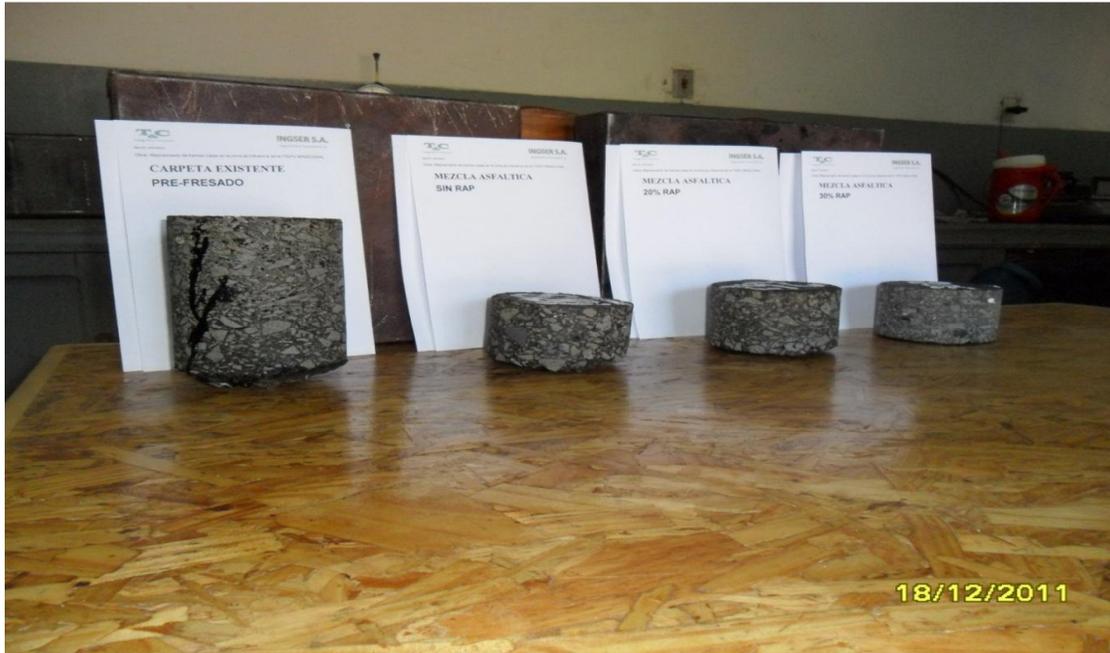


IMAGEN 2



IMAGEN 3



IMAGEN 4



IMAGEN 5



IMAGEN 6



IMAGEN 7



IMAGEN 8



IMAGEN 9



IMÁGENES ACTUALES DE LA OBRA









