

IAG353-06-2013
EXPERIENCIA DE RECICLADO EN MÉXICO: DISEÑO DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON 100% RAP
Y EMPLEO DE UN EQUIPO INDUSTRIAL PARA SU MANUFACTURA
EXPERIÊNCIA DE RECICLAGEM EM MÉXICO: PROJETO DE ASFALTO
MIXTURA COM 100% RAP E UTILIZAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO
INDUSTRIAIS PARA A FABRICAÇÃO.

Ing. Oscar H. Díaz Derbez
Asistente de Docencia. Departamento de Ingeniería Civil
Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey
Monterrey, México
oscar.dide@gmail.com

Dr. Carlos Humberto Fonseca Rodríguez
Director del Centro de Diseño y Construcción
Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey
Monterrey, México
carlos.fonseca@itesm.mx

Ing. Rodolfo Villalobos Dávila
Director General
PETROTEKNO, S.A. DE C.V.
Monterrey, México
rvillalobosdavila@yahoo.com.mx

Resumen

Tanto el cemento asfáltico como el material pétreo contenido en las capas que integran un pavimento asfáltico son 100% Reciclables y se pueden reciclar múltiples veces, son materia prima de alta calidad. Para garantizar la sustentabilidad de los pavimentos asfálticos es necesario Reciclar, ya que en pocos años el cemento asfáltico será un producto escaso y de alto valor comercial. A la par, la destrucción de ecosistemas día a día es un tema que no se puede dejar atrás. Las Mezclas Asfálticas Recicladas, (RAP, por sus siglas en inglés, Reclaimed Asphalt Pavement) son muy conocidas a nivel internacional en el ámbito de los pavimentos asfálticos. Este escrito técnico presenta resultados del uso de RAP en la manufactura de mezcla asfáltica con diferentes tasas. Actualmente no existe en el mercado un equipo industrial de Reciclado de RAP, en el cual se procese al 100% estos materiales. En este trabajo se presenta un Equipo Industrial de Reciclado de Mezclas Asfálticas en Caliente, con patente Mexicana, la cual tiene la característica de Reciclar estos materiales al 100%.

La función de este equipo, es reciclar las mezclas asfálticas envejecidas, mejorándolos con la incorporación de rejuvenecedores. En el proceso de manufactura de una nueva mezcla asfáltica, el Equipo Patentado recibe material RAP, material pétreo virgen para cumplir con la granulometría, agente rejuvenecedor con polímeros, todo en cantidades óptimas, y este equipo calienta de forma indirecta, sin exponer los productos a la flama directa, evitando un mayor envejecimiento por sobrecalentamiento del material RAP. Se manejan temperaturas óptimas en

donde el cemento asfáltico sólido contenido en el RAP, pasa de a su fase solida a su fase líquida, sin llegar a la combustión, manejándose temperaturas entre 140-180 grados centígrados. El resultado es una mezcla asfáltica que cumple con especificaciones y de excelente calidad.

Resumo

Ambos cemento asfáltico como o conteúdo material de pedra nas camadas que compõem o pavimento de asfalto é 100% reciclável e pode ser reciclado várias vezes, são matéria-prima de alta qualidade. Para assegurar a sustentabilidade de pavimentos asfálticos é necessário reciclar, porque em poucos anos, o cemento asfáltico é um bem escasso e de alto valor comercial. Ao mesmo tempo, a destruição de ecossistemas, todos os dias é uma questão que não pode ser deixado para trás. A mistura de asfalto reciclado (Sigla RAP, regenerada, pavimentação asfáltica) são bem conhecidos internacionalmente na área de pavimentos asfálticos.

Este documento técnico apresenta os resultados da utilização de RAP na produção de asfalto, com diferentes taxas. Atualmente no mercado existem equipamentos industriais de reciclagem de RAP, em qual processo desses materiais em 100%. Neste trabalho, Equipamentos Industriais Reciclagem de asfalto Hot Mix, que tem a característica de reciclar esses materiais em 100%.

Equipamentos Industriais Reciclagem função é a de reciclar misturas de asfalto envelhecido, melhorando-as com a adição de rejuvenescimento. No processo de fabricação de um asfalto novo, o Equipamentos Industriais Reciclagem recebe materiais RAP, virgem material de pedra para cumprir o tamanho das partículas, o agente de rejuvenescimento de polímero, especialmente em quantidades ótimas, e esta equipa é indirectamente aquecida, sem expor os produtos chama direta, evitando o superaquecimento maior material de RAP de envelhecimento. Temperaturas ótimas são manipulados, em que o teor de cemento asfáltico sólido no RAP passa da sua fase sólida para a fase líquida, sem atingir a combustão manipulação próprio temperaturas entre 140-180 graus centígrados. O resultado é uma massa asfáltica que atenda às especificações e excelente qualidade.

INTRODUCCIÓN

En países europeos así como en los Estados Unidos, el empleo de mezclas asfálticas con diferentes contenidos de RAP es de uso muy frecuente, y cada día esta frecuencia es mayor. Esto ha hecho que se hayan desarrollado metodologías que implican trabajos de obtención, estudio, diseño y procedimientos de construcción de mezclas asfálticas con contenidos de RAP.

En México, el uso del RAP como metodologías de apoyo en el diseño son insipientes y lo poco que existe han tenido resultados no muy confiables tanto en tramos carreteros urbanos como rurales. Los pocos trabajos realizados han presentado una carencia total de metodologías para realizar los trabajos antes mencionados y los resultados de éstos no han sido lo más rentable.

Al no existir en México, ningún estudio científico formal que muestre una metodología de diseño de mezclas asfálticas con alto contenido de RAP, este proyecto de investigación pretende definir una metodología de diseño de mezclas asfálticas con alto contenido de RAP junto con la presentación del Equipo Industrial de Reciclado de Mezclas Asfálticas en Caliente, con Patente Mexicana.

ANTECEDENTES

En un escrito técnico publicado entre países de Europa y Estados Unidos titulado “Recycled Materials in European Highway Environments: Uses, Technologies, and Policies”, se presenta una revisión de los documentos de políticas de innovación, programas y técnicas que promueven el

reciclajes de materiales en el ambiente carretero. De este escrito se mencionan algunas importantes anotaciones de estos países participantes. (Schimmoller, V.E., et al, 2000).

- En 1999 Suecia se generó 0.8 millones de toneladas métricas de pavimento asfálticos envejecido, un total de 0.78 fueron empleadas en nuevos pavimentos.
- En Dinamarca, para el año 2000, de todo el desecho de construcción anual, el 54% era reciclado, el 25% incinerado y el 21% colocado en rellenos sanitarios controlados. Del material reciclado una gran parte se empleó en la construcción de carreteras, a pesar de que su procedencia no fuera del sector carretero.
- En Alemania en el año 2000, de un total de 160.0 millones de toneladas métricas de desperdicio en el sector construcción, el 35% es empleado en la construcción y conservación de carreteras.
- En Holanda, de las 7.7 millones de toneladas métricas de mezclas asfálticas recuperadas en el año 1989, el 100% fue empleado en la reconstrucción de carreteras.
- En Francia, desde 1992 en sus carreteras se emplean materiales reciclados tipo cenizas volantes, escorias de acería, escoria de alto horno, desechos de minas de carbón, demolición de materiales, pavimentos envejecidos, etc.
- En Estados Unidos para el año 2000 se tuvo una producción de RAP de 41.0 millones de toneladas métricas, de la cuales un total de 33.0 millones de toneladas métricas fueron empleadas como agregados en mezclas asfálticas en caliente y en frío.

Experiencias y datos históricos en estos países se pueden seguir citando, ya que son innumerables los casos históricos de utilización de RAP en la construcción y conservación de caminos en todo el mundo. Esta tendencia y evolución mundial en el ámbito de pavimentos flexibles hace reflexionar sobre la posición en la que México está llevando a cabo el uso de materiales, tanto aquéllos que son extraídos de fuentes naturales vírgenes, afectando la naturaleza, como otros que se extraen de pavimentos flexibles que ya cumplieron con su objetivo en el ciclo de vida del proyecto, los cuales carecen de depósitos de desperdicio controlado.

Por otro lado, se debe de mencionar dentro del aspecto de diseño de mezclas asfálticas con diferentes contenidos de RAP que existen también diferentes metodologías de diseño de las cuales se puede echar mano. Existen los métodos tradicionales como Marshall y Hveem para determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico y los criterios volumétricos de los cuales dependen propiedades o parámetros que ayudan a definir dicho contenido. La metodología del Protocolo AMAAC, también nos permite emplear equipos para identificar el tipo de cemento asfáltico y la dosificación de la mezcla asfáltica, y de igual forma evaluar propiedades volumétricas.

Los equipos con los que se cuenta hoy en día para la rehabilitación de capas de pavimentos flexibles y fabricación de Mezclas son muy variados. Se pretende presentar una nueva planta para fabricar mezcla asfáltica en caliente con alto contenido de RAP.

Para dar a conocer el estado del arte de los equipos y procedimientos de reciclaje de mezcla asfáltica así como su reuso, a continuación se muestran los equipos que proveen soluciones económicas y ambientales en el reciclaje de estos materiales. Como es de todos conocidos los procesos de reciclaje están divididos en técnicas en frío y en caliente, y estas técnicas a su vez pueden aún ser divididas por su aplicación, en planta o in-situ. A continuación se listan algunos procesos para la fabricación de mezcla asfáltica con RAP y con diferentes características: (EAPA, 2005).

- Planta de mezclado discontinua de RAP en caliente vía anillo en tambor.
- Planta móvil para reciclaje de mezcla asfáltica en caliente.
- Tren móvil de reciclaje de mezcla asfáltica en frío.
- Tren móvil de reciclaje de mezcla asfáltica en frío con extendidora de carpeta.

PLAN DE TRABAJO.

Para usar el Equipo Patentado de Reciclado, se requiere lo siguiente:

- Conocer las propiedades del RAP
- Hacer el diseño de la mezcla asfáltica siguiendo una metodología.
- Ajustar el equipo para iniciar su producción.

Para conocer las propiedades del RAP, (Reclaimed Asphalt Pavement), es necesario conocer las propiedades de las partes que componen al material, las cuales son la granulometría del material pétreo y la cantidad y tipo de cemento asfáltico envejecido.

Extraer el cemento asfáltico del RAP es posible emplear diferentes y conocidos métodos, los cuales en su mayoría emplean solventes para limpiar la mezcla asfáltica envejecida quedando la solución de solvente más cemento asfáltico. ASTM D2172-05 Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures.

Los solventes que comúnmente se emplean para separar el cemento asfáltico de la mezcla RAP son varios, sin embargo hay que tener cuidados con el tema de contaminación ambiental ya que el uso de ellos puede perjudicar al ser humano. Se han usado solventes tipo xileno, tricloroetileno, n-Propyl Bromide (nPB), etc, (Tia, 2000), este último designado para ser usado en los métodos de ensayos que permiten extraer el cemento asfáltico de una mezcla asfáltica envejecida.

Adicional a los métodos de extracción existen métodos de separación del solvente con cemento asfáltico, empleados en Estados Unidos y Europa, normalizado por ASTM D5404-03 y nombrado como Standard Practice for Recovery of Asphalt from Solution Using the Rotary Evaporator (ASTM, 2003), así como el Abson Method for Recovery of Asphalt From Solution (ASTM D1856-95a, 2003). Sin embargo, en el Laboratorio de Materiales Asfálticos del ITESM, campus Monterrey, empleamos el Método Modificado Abson, MMA. (Fonseca Rodríguez, Villalobos Dávila, 2009, y Tapia Sevilla, 2009).

Conocido el contenido y tipo de cemento asfáltico en el RAP, se procede a adicionar el agregado pétreo necesario para ajustar la granulometría a una granulometría de diseño, y la cantidad de cemento asfáltico si es necesario, para cumplir con un contenido óptimo en la mezcla asfáltica. Se adiciona un rejuvenecedor convencional o un rejuvenecedor modificado con polímero en dotaciones necesarias para recuperar los máltenos perdidos y mejorar las propiedades físicas de la mezcla.

Las mezclas asfálticas fabricadas con diferentes dosificaciones se ensayan y de ellas se evalúa dependiendo de la designación del nivel de tránsito para el Protocolo AMAAC: diseño volumétrico, la estabilidad y flujo Marshall, la Tensión Indirecta en seco y húmedo, así como la relación entre ambas, TSR. También se evalúa el comportamiento a la deformación plástica permanente ensayada en la Rueda Cargada de Hamburgo, se obtiene el Modulo Dinámico y si es necesario, se evalúa Fatiga.

En un informe técnico anterior, (Díaz Derbez, et al, 2010)], se presentaron resultados de diferentes dosificaciones de RAP en Mezclas Calientes en proporciones de 40%, 60%, 80% y 100%. A estas dosificaciones, se les agrego rejuvenecedor convencional y otro con rejuvenecedor modificado con

Polímero. Las combinaciones de dosificaciones empleadas en cada uno de los contenidos de RAP que se evaluaron son las siguientes:

- Mezcla asfáltica con adición de agregado pétreo y AC-20.
- Mezcla asfáltica con adición de agregado pétreo, AC-20 y un rejuvenecedor normal, RC.
- Mezcla asfáltica con adición de agregado pétreo, AC-20 y un rejuvenecedor modificado, RM.
- Mezcla asfáltica con adición de agregado pétreo y PG-82.
- Mezcla asfáltica con adición de agregado pétreo, PG-82 y un rejuvenecedor normal, RC
- Mezcla asfáltica con adición de agregado pétreo, PG-82 y un rejuvenecedor modificado, RM.

Por ejemplo, para dosificar de manera correcta el grupo usando un 60% de RAP, se siguió la tabla 1. De esta manera se ajustaron los otros casos con otros porcentajes de RAP.

Tabla 1. Dosificaciones en peso (gramos) de mezclas asfálticas con un 60% de RAP.

CONTENIDO DE MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA (60%)						
CASO	Tipo CA	R A P	Material Petroo Nuevo	Cemento Asfáltico Nuevo	RJ ó RJM	Total
1	AC-20	752.76	477.35	24.49	0.00	1254.60
2	AC-20 + RJ	752.76	473.75	24.33	3.76	1254.60
3	AC-20 + RJM	752.76	473.75	24.33	3.76	1254.60
4	PG82	752.76	477.35	24.49	0.00	1254.60
5	PG82 + RJ	752.76	473.75	24.33	3.76	1254.60
6	PG82 + RJM	752.76	473.75	24.33	3.76	1254.60

La granulometría a la cual se intentó ajustar las diferentes dosificaciones de RAP, por medio del Pétreo Virgen de origen calizo, está indicada en la Tabla 2.

Tabla 2. Granulometría de trabajo

Granulometría Trabajo	Porcentajes que Pasa las Mallas indicadas									
Malla No. (mm)	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.150	0.075
% Pasa	100.0	95.0	80.0	50.0	28.0	18.0	13.0	10.0	8.0	6.0

Para cada porcentaje de RAP y para cada caso considerado se determinó, empleando el promedio de tres probetas, los siguientes parámetros:

- Propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas con diferentes contenidos de RAP.
- Densidad de la mezcla asfáltica mediante el método de especímenes saturados superficialmente secos. (ASTM D-2726).
- Estabilidad, flujo y módulo Marshall.
- Tensión Indirecta seca y húmeda y el TSR. (AASHTO T -283).
- Resistencia a deformaciones plásticas permanentes, máquina de Hamburgo.
- Módulo resiliente para mezclas asfálticas. (AASHTO TP 62).



Figura 1. Probetas empleadas en el estudio empleando RAP. (Díaz Derbez, et al, 2010)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se caracterizó el CA recuperado, y se comparó con un CA normal y uno modificado. Esto se logró, siguiendo la metodología de recuperación del cemento asfáltico del RAP y el MMA para su recuperación del solvente. Estos resultados se presentan en la tabla 3 y son los resultados que normalmente se obtienen en este tipo de productos.

Tabla 3. Propiedades del CA recuperado del RAP y cementos asfálticos de aportación.

DESIGNACIÓN	PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFÁLTICO	CA RECUPERADO	AC-20	PG 82-22
M-MMP-4-05-006	Penetración a 25°C, 100g, 5s. (10 ⁻¹ mm)	29.0	76.0	41.0
M-MMP-4-05-009	Punto de Reblandecimiento Anillo % & Bola (°C)	56.0	46.0	78.5
M-MMP-4-05-010	Viscosidad rotacional Brookfield, 135°C, (Poises)	1,256.5	512.5	> 3,000
M-MMP-4-05-010	Viscosidad rotacional Brookfield, 165°C, (Poises)	420.8	120.8	733.0
M-MMP-4-05-024	Recuperación elástica por torsión, (%)	4.0	7.0	69.0

Los resultados obtenidos a las mezclas asfálticas en esta parte del proyecto de investigación, con las diferentes dosificaciones antes mencionadas:

- Porcentajes de vacíos en la mezcla asfáltica, Va, entre el 3.0 y 5.0%.
- Porcentaje de vacíos en el agregado pétreo, VAM, 12.0%, mínimo.
- Porcentajes de cemento asfálticos en los vacíos del agregado pétreo, VFA, entre 65.0 y 78.0%
- Estabilidades Marshall arriba de 800 kilogramos. En algunos casos, estos valores llegan a estar entre 1,200 y 1,600 kgs. En el caso usando 100% de rap supero los 1,800 kgs.
- Relación de la Resistencia a Tensión, TSR, siempre arriba del 80.0%
- En las deformaciones permanentes, usando la rueda cargada de Hamburgo, se obtuvieron deformaciones menores a los 10 mm después de someterlas a los 10,000 ciclos.

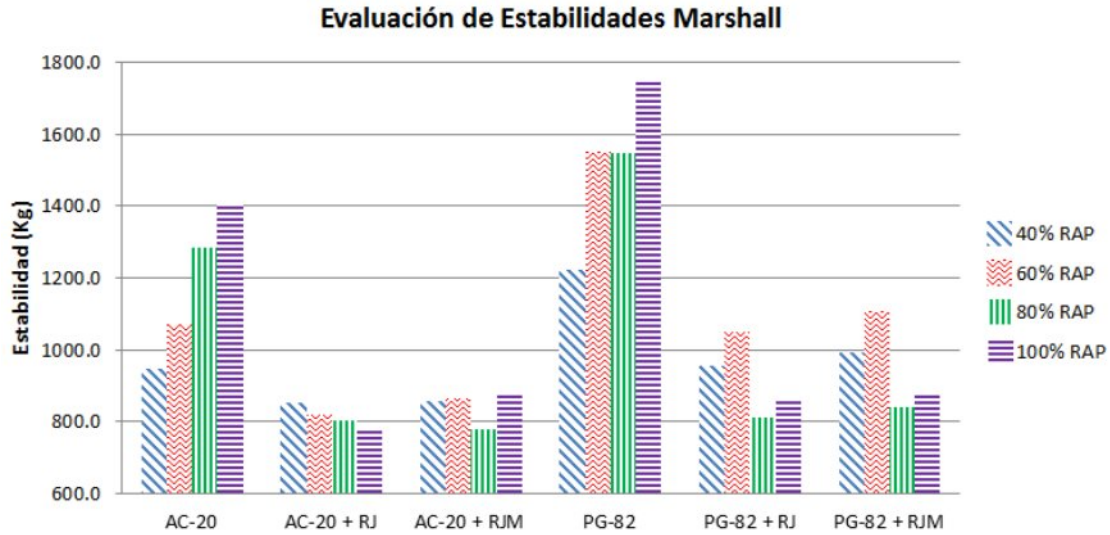


Figura 2. Comparación de Estabilidad Marshall en diferentes dosificaciones. (Díaz Derbez, et al, 2010)

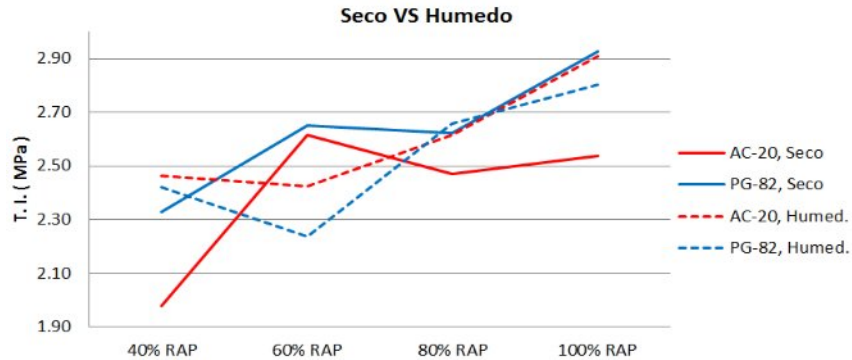


Figura 3. Comparación de Resistencias a Tensión Indirecta en diferentes dosificaciones, seco y húmedo. (Díaz Derbez, et al, 2010)

Posteriormente se llevaron a cabo estudios evaluando resultados de las deformaciones plásticas permanentes y de los módulos resilientes de las mezclas asfálticas para todas las dosificaciones consideradas.

Deformación plásticas permanente, empleando la máquina de pista de Hamburgo, cumplen todas las dosificaciones con el contenido de RAP del 60%, 80% y 100%. Para el caso del 40% de RAP no cumplen con deformaciones menores a 10 milímetros antes de los 20,000 ciclos. Esto se puede apreciar en las Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4, a continuación.

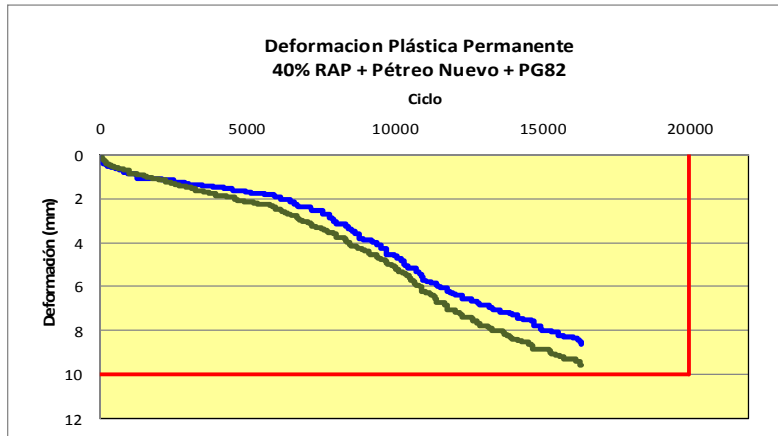


Figura 4.1 Deformaciones plásticas permanentes de dos probetas idénticas.

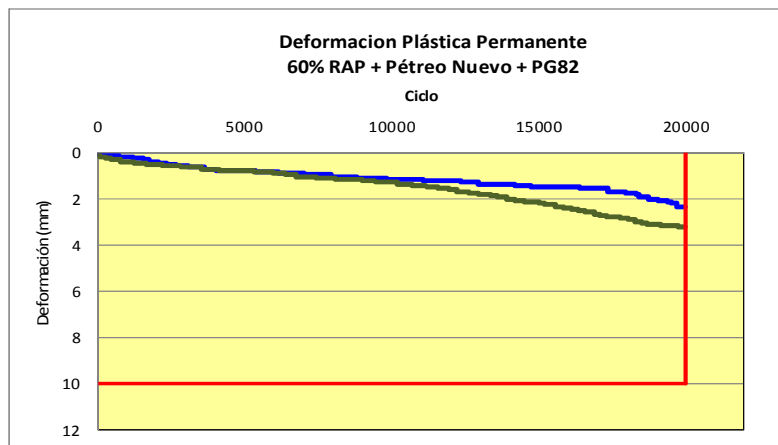


Figura 4.2 Deformaciones plásticas permanentes de dos probetas idénticas.

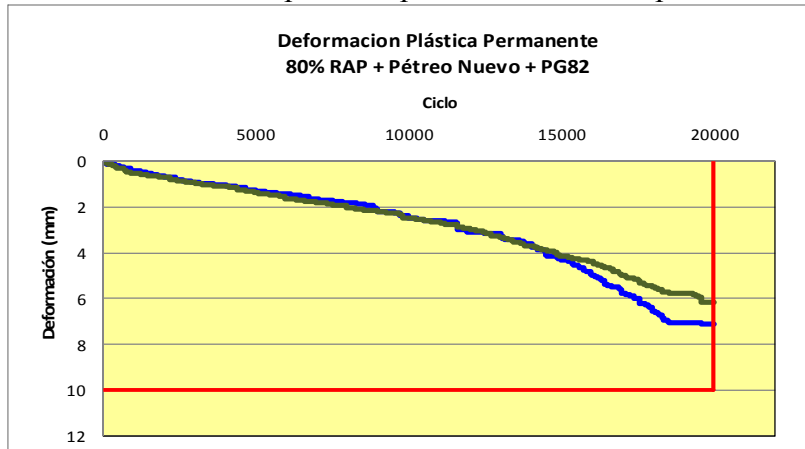


Figura 4.3 Deformaciones plásticas permanentes de dos probetas idénticas.

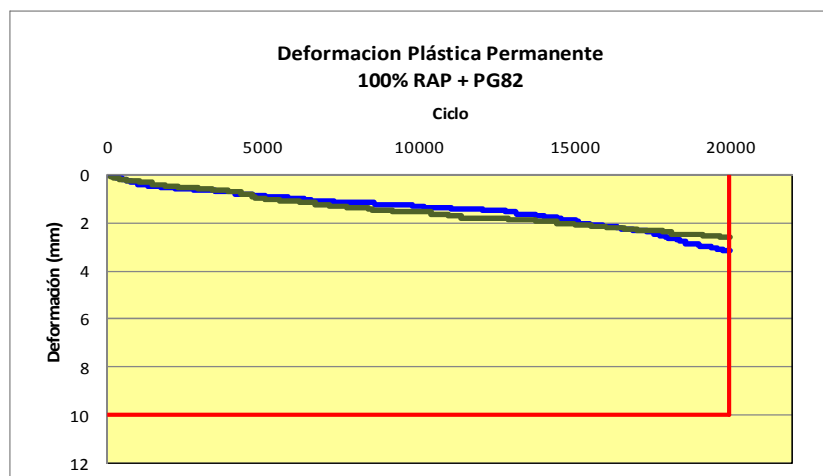


Figura 4.4 Deformaciones plásticas permanentes de dos probetas idénticas.

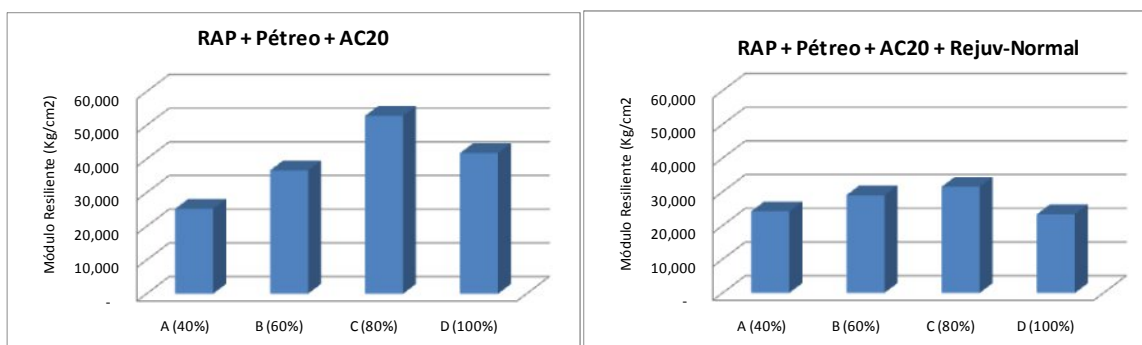
La deformación plástica permanente se incrementa con el uso del material rejuvenecedor, situación que obliga a realizar estudios de sensibilidad con diferentes porcentajes de este producto. Por otro lado, también se observa que el empleo de cemento asfáltico modificado con polímeros incrementa la resistencia a la deformación plástica permanente en las mezclas asfálticas.

En las Figuras 4.5 y 4.6 se tienen los resultados de los módulos resilientes. En la primera de ambas figuras se observan los valores cuando las mezclas asfálticas se manufacturaron con cemento asfáltico convencional tipo AC-20.

Los valores de los módulos resilientes de las mezclas asfálticas elaboradas con cemento asfáltico modificado con SBS tipo PG82. Para ambos casos, con cemento asfáltico convencional y modificado, se ve que hay una reducción del módulo resiliente con el empleo de los rejuvenecedores convencional y modificado y los valores están entre los 20,000 y 50,000 kg/cm². Sin embargo se observa que el cemento asfáltico modificado eleva los valores.

Como se observan en los valores obtenidos, el comportamiento que la mezcla asfáltica con un 80% de RAP presenta indistintamente los valores de rigidez más altos. Esto es importante con relación a deformaciones plásticas permanentes, pero no necesariamente con relación del comportamiento que estas mezclas pueden tener a fatiga. Es recomendable buscar materiales con altas resistencias a tensión y en el caso de las mezclas asfálticas estudiadas, los mayores valores de tensión indirecta se presentaron en mezclas asfálticas manufacturadas con RAP, material pétreo de aportación y cemento asfáltico tipo PG82.

Los valores de las resistencias a tensión indirecta en seco a 5°C oscilan entre los 16.4 y 29.3 kg/cm², siendo este último para una mezcla asfáltica con un 100% de RAP y cemento asfáltico modificado tipo PG82.



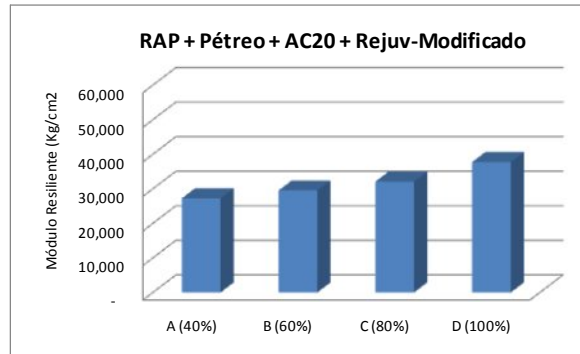


Figura 4.5 Módulos resilientes en mezclas con cemento asfáltico tipo AC20.

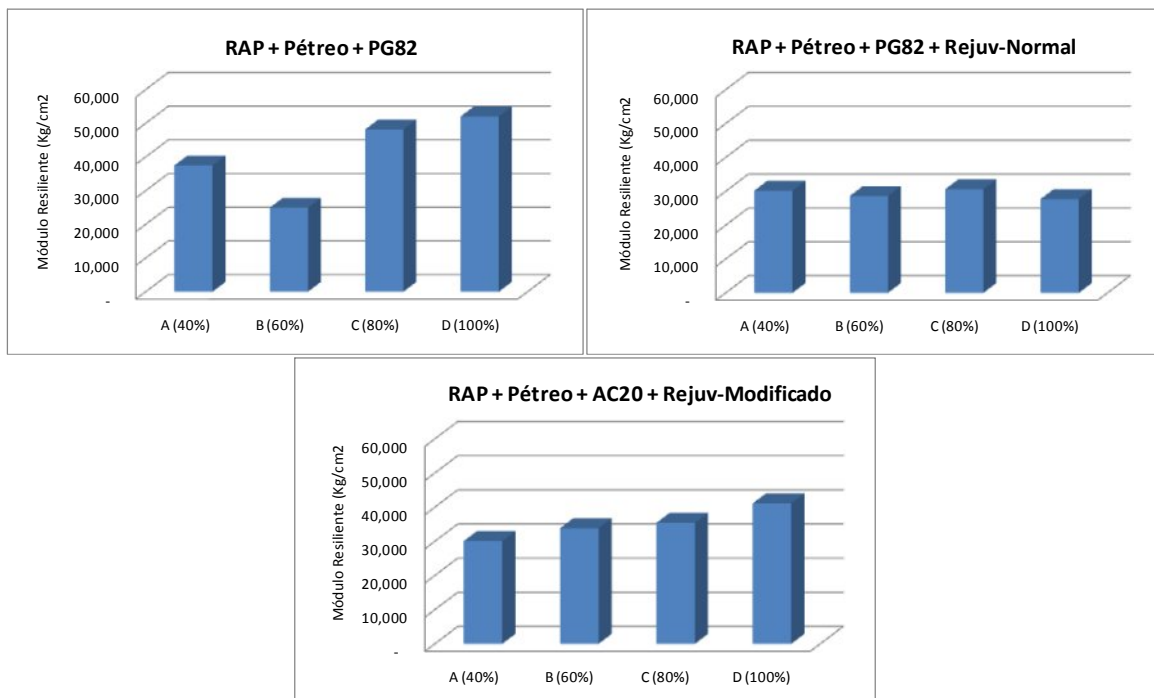


Figura 4.6 Módulos resilientes en mezclas con cemento asfáltico tipo PG82.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

Teniendo el diseño de la mezcla asfáltica, los trabajos de campo a realizar para su construcción de la capa asfáltica en el pavimento se resumen en los siguientes pasos:



Paso 1. Fresado de la superficie asfáltica a reciclar. Esto se puede hacer con cualquier equipo convencional de fresado (Rotomil, Fresadora, Gallina)

Paso 2. El material fresado (RAP), se transporta a la planta, se caracteriza y emplea en la fabricación de mezcla asfáltica.

Paso 3. De acuerdo al diseño de la mezcla asfáltica, se suministra material fresado al Equipo de Reciclado Patentado, junto con los aportes necesarios de material pétreo y cemento asfáltico.



Paso 4. Terminado el proceso del Equipo de Reciclado Patentado, se carga la mezcla asfáltica caliente en camiones especiales para su traslado al tramo.

Paso 5. Se prepara la superficie, limpieza, la mezcla asfáltica se extiende y se compacta de manera convencional, siguiendo los parámetros del procedimiento de construcción de acuerdo a la mezcla asfáltica.



Paso 6.

Llevar el control de calidad para asegurar las propiedades mecánicas que se especificaron en el diseño y procedimiento de construcción.

CONCLUSIONES

Como conclusiones se puede decir que Equipo Industrial de Reciclado Patentado, para Mezclas en Caliente:

- Es factible técnicamente y económicamente el uso de material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) en la fabricación de nuevas mezclas asfálticas para pavimentos flexibles.
- La factibilidad ambiental está totalmente demostrada ya que el uso de material RAP evita el uso de material virgen producto de sobreexplotaciones de reservas naturales y mitiga en manejo y acomodo los desechos productos de fresado y demolición de mezclas asfáltica para su reconstrucción.
- Las emisiones de contaminantes de este Equipo son mucho menores a las que emiten las plantas continuas convencionales.
- Es de suma importancia llevar a cabo un diseño de la nueva mezcla asfáltica con valores altos de RAP. La metodología existe y su aplicación es viable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Schimmoller, V.E., et al, (2000), “*Recycled Materials in European Highway Environments: Uses, Technologies, and Policies*” FHWA-PL-00-025, Office of International Programs, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA.
- [2] The European Asphalt Pavement Association (EAPA), (2005), *Industry Statement on the Recycling of Asphalt Mixes and Use of Waste of Asphalt Pavements*, Committee on Health, Safety and Environment, Bruselas, Bélgica.
- [3] Fonseca Rodríguez, C., y Villalobos-Dávila, R., (2009), *Evaluación del Cemento Asfáltico Recuperado de una mezcla Asfáltica para su Caracterización en RAP*. Publicado y presentado en el Sexto Congreso Mexicano del Asfalto. AMAAC, Cancún, México.
- [4] Díaz Derbez, O, Fonseca-Rodríguez, C., De la Mora, R., (2010), *Cemento Asfáltico Recuperado y Empleado en el Diseño de Mezclas Asfálticas Reciclados en Monterrey*. Publicado y presentado en el Seminario Mexicano del Asfalto, San Luis Potosí, México.
- [5] *ASTM D2172-05 Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures. PA 19428-2959*, United States. ASTM website (www.astm.org).
- [6] *ASTM D1856-95a(2003) Standard Test Method for Recovery of Asphalt From Solution by Abson Method. PA 19428-2959*, United States. ASTM website (www.astm.org).
- [7] *Pavement Recycling Executive Summary and Report*, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-SA-95-060, Washington, DC, 1995.
- [8] Alarcón Ibarra, J., (2003), *Estudio del Comportamiento de Mezclas Bituminosas Recicladas en Caliente en Planta*, Tesis Doctoral, ETSECCPB, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- [9] Tapia Sevilla, F., (2009), *Evaluación del Método Modificado Abson, MMA, para la separación de asfalto de un solvente*, Tesis Profesional, Universidad Centroamericana, UCA, Managua, Nicaragua.