

# TENDENCIAS GLOBALES EN EL MERCADO DEL ASFALTO Y SUS IMPLICANCIAS EN ARGENTINA

Mario Roberto Jair<sup>1</sup>

<sup>1</sup> consultor independiente, Arribeños 1347  
(CP 1704), Buenos Aires, Argentina, [mariojair@hotmail.com](mailto:mariojair@hotmail.com)

## Resumen

Cambios tales como el de las especificaciones para el fueloil marino (IMO 2020), la cada vez mayores exigencias en la performance de los pavimentos, como así también las crecientes presiones desde el punto de vista medioambiental, generan importantes desafíos para toda la cadena de valor de la industria de la pavimentación asfáltica.

El presente trabajo pretende identificar esos desafíos y compartir las tendencias globales para abordar soluciones técnica y económicamente sustentables, como así también el impacto el mercado argentino al corto y mediano plazo.

**Palabras Clave:** asfalto, asfaltos modificados, especificaciones, IMO 2020.

## 1 Introducción

El nuestro país, la industria de la pavimentación asfáltica ha tenido un importante desarrollo tecnológico en los últimos veinte años: ya sea por la utilización de nuevos materiales (ligantes modificados, emulsiones especiales) como así también por la aplicación de nuevas mezclas bituminosas y soluciones que han sido utilizadas global y localmente con gran éxito.

Este documento pretende por un lado plantear y detallar las tendencias y desafíos que la pavimentación de carreteras en general y la industria del asfalto en particular presentan actualmente y por otra parte como esta situación global puede afectar al mercado argentino.

## 2 El mercado global del asfalto

El **mercado global de asfalto** asciende a casi 100 millones de toneladas por año (datos del año 2018), lo cual representa un consumo de 14kg/habitante. La proyección de crecimiento para el año 2025 es del 5%. El principal mercado resulta el de USA con casi 32 millones de toneladas/año.

El **mercado de asfaltos modificados con polímeros (AMP)** alcanza en promedio, el 10% de ese total (aún en USA). La única excepción es Alemania, en la cual la tasa de uso respecto del total es de aproximadamente el 30% [1].

Su uso está destinado mayoritariamente a capas de rodamiento y si bien la primer patente de AMP más específicamente con SBS (Estireno-Butadieno-Estireno) data de 1970, el 70% actual del consumo sigue basado en este polímero: es decir, podríamos decir que existe un "status quo" técnico en la tecnología de modificación de ligantes, sin avances significativos por el momento.

El mercado mundial de las **emulsiones asfálticas** representa entre el 7 y el 8% del total del asfalto consumido globalmente. A pesar de los esfuerzos de la industria y de las ventajas técnicas, económicas y medioambientales, su consumo se encuentra amesetado en los últimos años.

En las Figuras 1 y 2, se muestran volúmenes por regiones y de los 10 países productores más importantes en 2016 [2]. Las emulsiones modificadas del tipo bifásica (son el 90% de dicho segmento) y que son fabricadas con la adición de látex, representan el 10% del total.

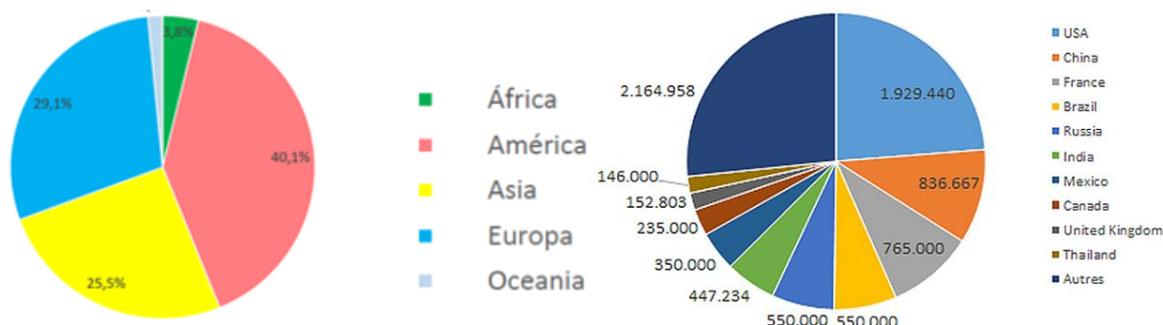


Figura 1. Vol. emulsiones x regiones      Figura 2. Vol. de los principales productores

### 3. El mercado del asfalto en Argentina

El mercado del asfalto en Argentina durante la última década (período de análisis) ha sido en el orden de las 500 mil toneladas anuales, con vaivenes relacionados con las razones económicas y picos de excepción como el producido en 2017 (donde se llegó a casi 700 mil toneladas).

Las especificaciones vigentes para los **ligantes convencionales** son las IRAM 6835 [3], pues el mercado y posteriormente las DNV en sus pliegos, establece la clasificación por viscosidad como obligatoria.

El **mercado de asfaltos modificados con polímeros** (AMP) alcanza en promedio, el 12% de ese total. La normativa vigente es la IRAM 6596 (2000) [4].

La capacidad nominal instalada de producción actual es de aproximadamente 12.000 toneladas al mes, si se tratase exclusivamente de AMP con SBS. Esto ha permitido afrontar la demanda récord originada en 2017, de más de 80.000 toneladas, que representaron casi el 14% del total del mercado vial (en línea con la tendencia global, ver Figura 3).

Los productores locales de AMP a lo largo de estos años, dispusieron de materias primas (ligantes asfálticos basados en el crudo conocido como "Medanito" (ver más en punto 6) compatibles con los polímeros comerciales, lo que ha permitido alcanzar con los AMP largas distancias de transporte (en algunos casos de más de 1000 km) y además períodos de tiempo importantes de almacenamiento en obra.

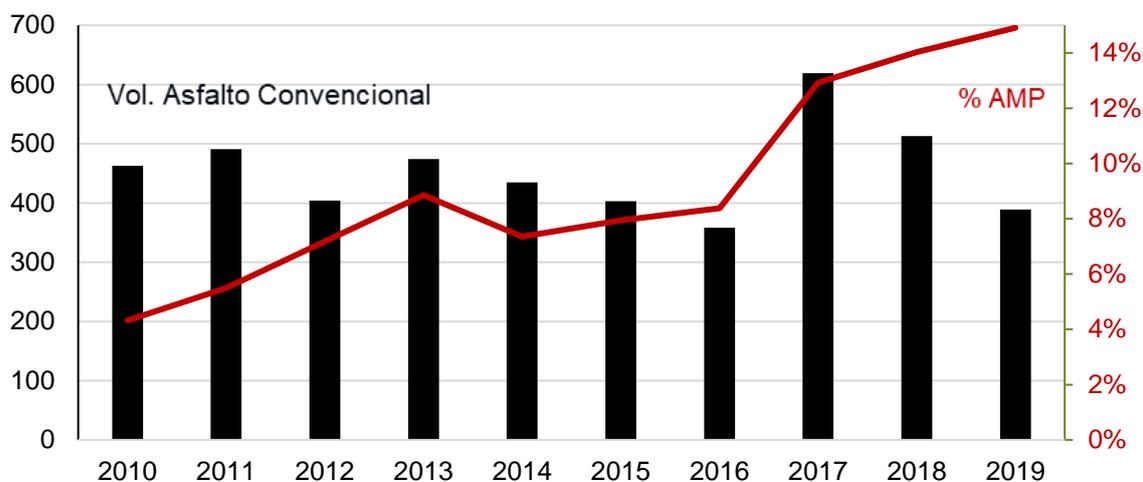


Figura 3. Evolución mercado de asfalto en Argentina e incidencia de los AMP

**Las emulsiones asfálticas** se utilizan en Argentina desde la década del 70 y actualmente existen más de 8 plantas de producción con una capacidad nominal instalada de más de 10.000 ton/mes. Sin embargo y como en el resto del mundo, el consumo se encuentra limitado a unas 50.000 ton/año, representando poco más del 8% del nuestro mercado local de asfaltos, siendo el 100% de las mismas de tipo catiónico. Este “estancado” consumo se da a pesar de:

- La introducción en el mercado de emulsiones modificadas del tipo bifásicas (esto es por la incorporación de látex en la fase acuosa de la emulsión) que abre la posibilidad del desarrollo a gran escala de riegos de liga “especiales”, para carpetas de rodamiento de bajo espesor y gran macro textura como las MAC, SMA y drenantes.
- El desarrollo a gran escala de las lechadas y los micro aglomerados en frío de rotura controlada, como técnicas de impermeabilización, rehabilitación superficial y recuperación de macro textura en los corredores nacionales privatizados a partir de los años 90 y hasta la actualidad.
- La sustitución total en el mercado de los asfaltos diluidos o “cutbacks” desde 2008 por las modernas emulsiones del tipo CI (catiónicas de imprimación). Esto ha sido refrendado oficialmente desde las especificaciones de la DNV de 2017 [5].

A partir del año 2000, las emulsiones catiónicas convencionales y las modificadas son regidas por las normas IRAM 6691 [6] (revisada en 2018) e IRAM 6698 [7] (revisada en 2015) respectivamente.

#### 4 Tendencias y desafíos desde el punto de vista de la producción y disponibilidad de asfalto

Actualmente existen más de 2500 variedades de crudos en el mundo. Sin embargo no más de 300 han demostrado ser de buena calidad para producción de asfaltos.

Teniendo en cuenta que más del 40% del asfalto consumido en el mundo se mueve por transporte marítimo debido a la no balanceada ecuación de producción vs. demanda global y debido a la implementación de las nuevas normas de la Organización Marítima Internacional (IMO) sobre las restricciones del porcentaje de azufre permitido en los combustibles marinos (hasta sólo 0,5% a partir de enero de 2020), se originan algunas incertidumbres a nivel productivo y de disponibilidad en el corto plazo, basadas en lo siguiente:

- Necesidad de las refinerías de procesar crudos “dulces” (< % de azufre) en lugar de “agrios”, generará un aumento del precio de aquellos, para la producción de “buenos” asfaltos.
- La proceso de crudos “agrios”, que genera lo que se conoce como HSFO (High Sulphur Fuel Oil), se realiza en refinerías más complejas. Este producto sólo podrá ser utilizado si los barcos disponen de los denominados depuradores. De lo contrario residuos de estas producciones invariablemente generarán presión para ser incorporados en la producción de asfalto.
- Por lo tanto, la tendencia a disponer globalmente de “mega” refinerías de alta producción concentrada de asfalto, incrementará el ya importante volumen de producto transportado por barco, con posibles aumentos de precio para aquellos países importadores, debido a los mayores costos del combustible marino.
- Los márgenes de refinación del asfalto pueden verse perjudicados, pero ciertamente en menor medida que en el caso de la refinerías que producen HSFO.
- Las refinerías presionan cada vez más para reducir su complejidad de operación y por lo tanto en aquellas especialmente diseñadas para la producción de asfalto, la tendencia es a fabricar “monogrados” de producto: por lo tanto las mezclas necesarias para ajustar y cumplir las diferentes especificaciones de diferentes países importadores, debería hacerse en depósitos a tal efecto y fuera de las refinerías.
- Aspectos de la infraestructura de la industria de asfalto (por ejemplo, el transporte en tanques, la logística del movimiento, la calidad de la seguridad, fuentes de crudo) tendrán que ser superadas por los nuevos participantes en el mercado del asfalto.
- La mayor participación de “nuevos” crudos, puede traer impactos en la calidad, sobre todo en aquellos países, como la Argentina, que disponen de especificaciones técnicas con altas exigencias asociadas a otra realidad de disponibilidad de materias primas. Por otra parte, podrían existir inconvenientes de estabilidad en la producción de AMP, teniendo en cuenta los actuales procesos de producción y la potencial menor compatibilidad de los asfaltos bases. Lo mismo aplica para la producción de emulsiones: la experiencia indica algunos ligantes que resultan aceptables para ser utilizados en mezclas en caliente son, en algunos casos, de muy difícil emulsificación.

## **5 Desafíos desde el punto de vista de la industria de pavimentación asfáltica**

La Figura 4, detallan algunos parámetros que demuestran los cambios y desafíos que la industria enfrenta en los próximos años:

Mientras se espera un importante aumento de la población mundial y con ello, un mayor registro de “megaciudades” como así también del parque automotor, los temas medioambientales requieren soluciones creativas a la hora de enfrentar los aumentos de la demanda energética.

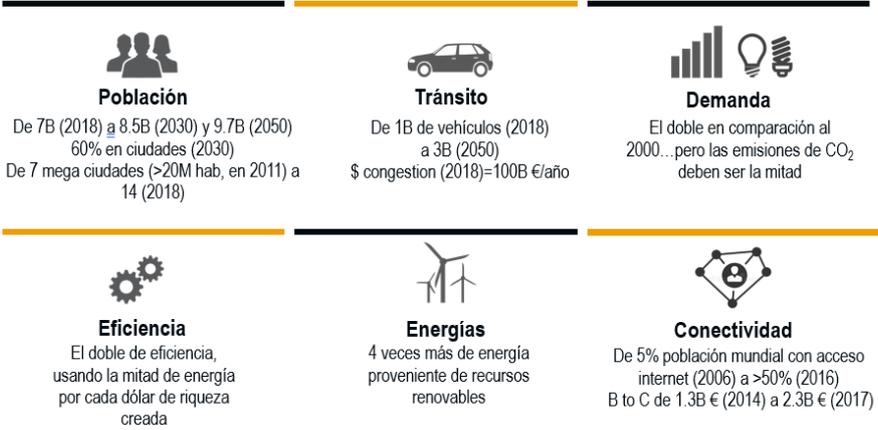


Figura 4. Desafíos de la industria

Para la industria del asfalto y la pavimentación asfáltica, estos desafíos pueden resumirse como sigue:

5.1 Mayor durabilidad en los pavimentos

El aumento de las cargas por eje como así también de las presiones de inflado, requieren de los firmes carretera tanto de resistencia estructural como así también de parámetros funcionales duraderos en el tiempo (drenabilidad superficial, macro textura, adherencia neumático-pavimento, bajo ruido, etc.).

La utilización de ligantes modificados con polímeros (cuya primer patente data de 1970) generaron un gran cambio en la industria de los ligantes, mejorando las prestaciones de los betunes convencionales y permitiendo el desarrollo de nuevas mezclas asfálticas con diferenciadas prestaciones para hacer frente a los requerimientos estructurales y funciones citados precedentemente.

La Figura 5, muestra un esquema de los considerados “pavimentos de larga duración” o mal llamados “perpetuos”

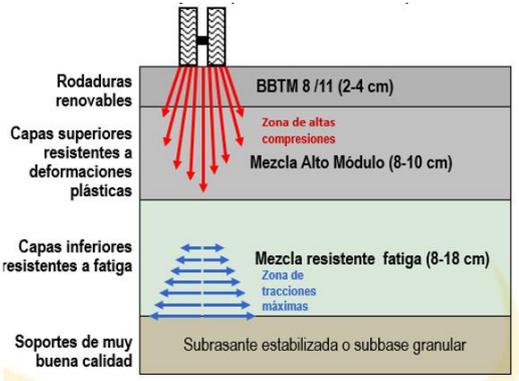


Figura 5. Esquema de pavimento “de larga duración”

Desde las bases de alto módulo de rigidez, basadas en ligantes de baja penetración, para hacer frente a las deformaciones permanentes, como la gran variedad que hoy día existe para la fabricación y extensión de carpetas de rodamiento de cada vez más bajo espesor (entre 1 y 3cm), las mezclas asfálticas actuales permiten una gran versatilidad y adaptación costo-beneficio, para cada caso en particular.

## 5.2. Sostenibilidad

La sostenibilidad en los pavimentos modernos se apoya en los siguientes conceptos:

### 5.2.1 Menores emisiones-reducción de la huella de carbono

Una de las formas de reducir el “carbon footprint” en el ciclo de la pavimentación asfáltica, es reducir las temperaturas de fabricación y compactación de las mezclas bituminosas.

Hoy día, existen diferentes tecnologías disponibles para este objetivo: desde las denominadas “mezclas templadas” basadas en emulsiones especiales, a las llamadas “tibias” (Warm Asphalt Mix o WAM”) mediante la utilización de espuma de asfalto o a través del uso de ligantes asfálticos especialmente aditivados mediante componentes amínicos o surfactantes que permiten mantener la trabajabilidad del aglomerado aún con reducciones de temperaturas de más de 30°C.

Si bien estas tecnologías fueron desarrolladas a finales de los años 90 en Europa, es en USA donde han logrado un importante desarrollo en la última década, tal como puede verse en la Figura 6:

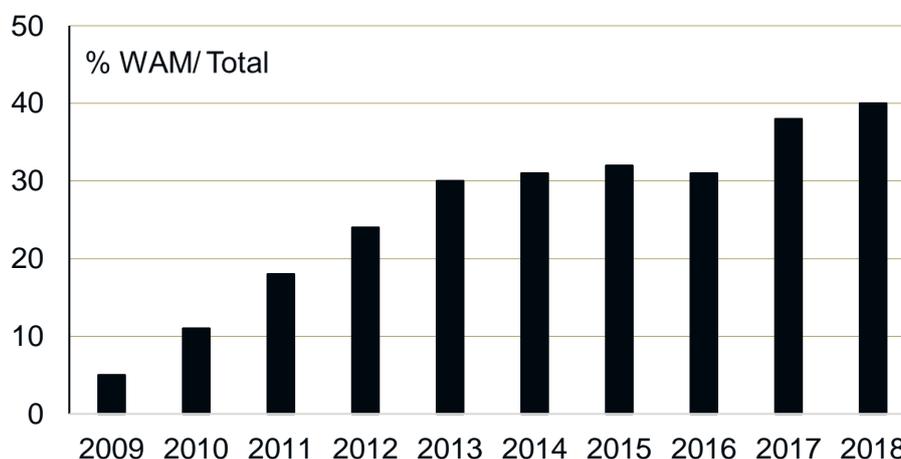


Figura 6. % de uso de WAM en USA 2009-2018 [8]

El porcentaje de utilización de WAM según los diferentes estados de USA, se puede ver en el mapa de la Figura 7:



Figura 7. % de WAM utilizados por estados en USA [8]

Como se observa, los valores máximos se encuentran en el orden de producción de WAM (>70%) corresponden a los estados de Utah (87%), Louisiana (80%), Mississippi (79%) y Idaho (75%). Cabe destacar que el estado de Tennessee, que en 2017 informó que el 100% de la producción de mezclas fue del tipo WAM, en 2018 esa cifra cayó al 24%.

Algo interesante de destacar, es la evolución de los tipos de tecnologías utilizadas en el período 2009-2018, que se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Evolución del tipo de tecnologías WAM utilizados en USA 2009-2018 [8]

Tecnología WAM	% Producción / Total WAM									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
En planta con espuma	83	92	95.4	88.3	87	84.5	72	76.9	64.7	63.2
Aditivos con espuma	2	1	0.2	2	0.3	0	2.1	0	0	0.7
Aditivos químicos	15	6	4.1	9.4	12.1	15	25.2	21.1	32.2	34.3
Aditivos orgánicos	0.3	1	0.3	0.2	0	0.5	0.7	1.9	3.1	1.8

Como puede verse, al comienzo de la utilización de WAM a gran escala en USA (2009), el 83% fue basado en la utilización de espuma de asfalto. Como ejemplo pueden citarse las plantas continuas “Double Barrel Green” ® o el sistema “Green Pac” ® para plantas de bacht, ambos de la empresa ASTEC (Figuras 8 y 9):

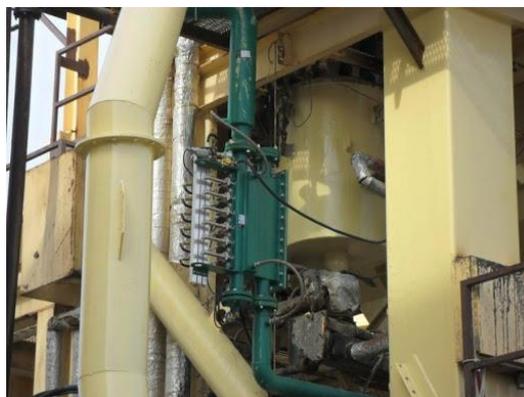
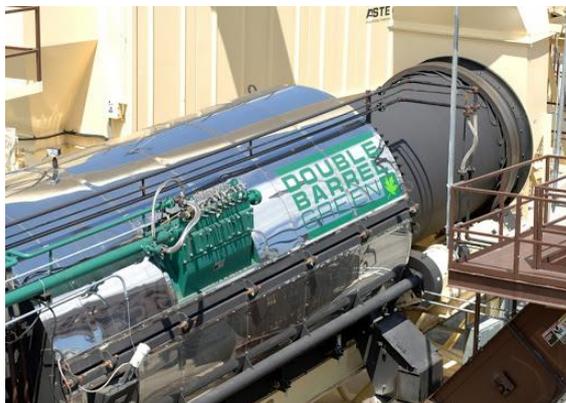


Figura 8. Sistema Double Barrel Green®    Figura 9. Sistema Green Pac®

Sin embargo, con el correr de los años, los sistemas de aditivación química en los ligantes, ha ganado claramente espacio en el mercado (de 15% a 34,3%), lo que supone que podrían ser la opción elegida en el corto y mediano plazo.

Es importante citar, que en nuestro país la tecnología de mezclas tibias basadas en ligantes aditivados químicamente, está disponible desde el año 2010.

Me ha tocado participar en la producción y seguimiento de más de 70.000 toneladas de WAM entre los años 2010 y 2017, tanto en capas de base (CAC D19) y carpetas de rodamiento (MAC y SMA), con excelente resultados e inclusive, algunas en servicio aún (Fig.10). Es importante destacar que al menos en nuestro país, el segmento con mayor desarrollo ha sido aquel que requiere trabajos de mantenimiento en horario nocturno, habida cuenta que estas mezclas permiten ampliar la ventana de trabajo, debido a su mejor trabajabilidad aún a bajas temperaturas.



Figura 10. Aplicación de WAM en Acceso Oeste, GCO (Grupo Concesionario del Oeste, 2011)

Si bien los volúmenes aplicados aún son bajos, la DNV ha incorporado este tipo de mezclas en sus especificaciones [9].

### 5.2.2 Reciclado, reutilización

La agenda global de la industria del asfalto ha incorporado desde hace más de dos décadas, la utilización cada vez más frecuente de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) como materia prima en el diseño de nuevas mezclas asfálticas.

El Comité Técnico 4.1 de la PIARC está trabajando actualmente en un documento que establecerá el estado actual del arte del reciclado de pavimentos, incluyendo las variantes in situ y en planta, ya sea en frío (via emulsión o espuma de asfalto) o en planta (con ligantes en caliente y su variante templados con emulsión, a tasa total)

El mayor desarrollo de las mezclas recicladas también se ha dado en USA: el total estimado de toneladas de RAP utilizadas en las mezclas asfálticas fue de 82,2 millones de toneladas en 2018. Esto representa un aumento de casi el 7,9 por ciento con respecto a la temporada de construcción de 2017, y representa un aumento de casi el 46,8 por ciento del total de toneladas estimadas de RAP utilizadas en 2009.

Teniendo en cuenta que el total de mezclas producidas en USA en 2018, fue de alrededor de 390 millones de toneladas, el RAP utilizado representa el 21%.

Se estima que el uso de RAP durante la temporada de construcción de 2018 ha reducido la necesidad de 4,1 millones de toneladas de ligante asfáltico y más de 78 millones de toneladas de agregado con un valor total estimado de más de 2.800 millones de dólares.

Si bien al comienzo se intentó la utilización de “altos” contenidos de RAP, últimamente la industria ha pasado a la “masificación” de la técnica, pero con tasas más “conservadoras”, tal puede observarse en el % de utilización por estado en la Figura 10:

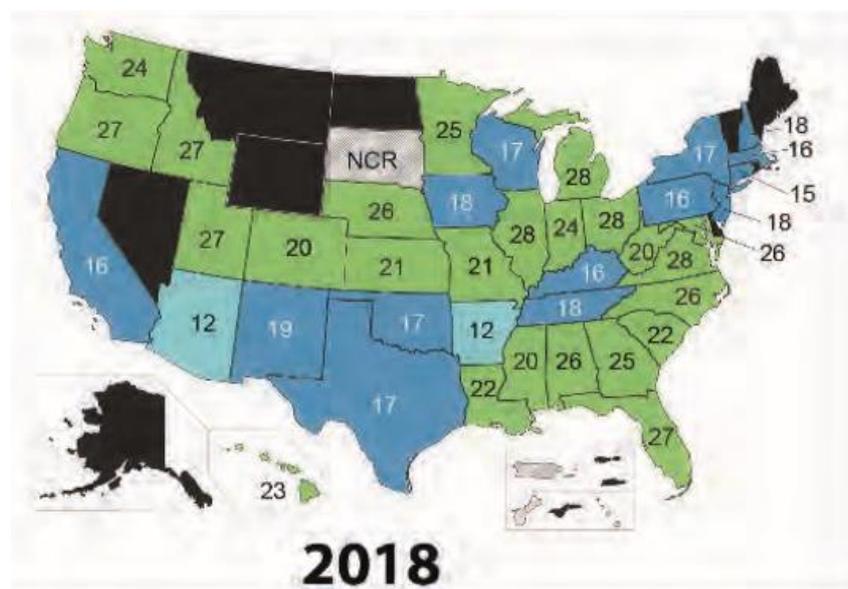


Figura 10. % de RAP utilizados por estados en USA [8]

Como se observa, los valores máximos se encuentran en el orden de 28% y corresponden a los estados de Michigan, Ohio, Illinois y Virginia mientras que en Arizona se observa la menor tasa de uso del 12%.

Al igual que en el resto del mundo, en nuestro país existe un particular interés en incrementar el uso de RAP como aporte en las mezclas asfálticas.

Respecto al reciclado en caliente en planta, en Argentina existe experiencia con porcentajes de RAP de hasta 15%, teniendo en cuenta que, para tasas superiores, es necesario contar con plantas que permitan el calentamiento y la incorporación del RAP de manera adecuada.

Por otra parte, en nuestro país estamos comenzando a disponer de RAP provenientes de mezclas diseñadas originalmente con AMP, lo cual hace imperioso avanzar con el uso de esta técnica.

Es importante mencionar que a partir de 2017 y dentro del paquete de especificaciones actualizadas de la DNV [10], se encuentran normalizadas (al menos) las “Mezclas asfáltica densas con aporte de RAP”, en las cuales la tasa de RAP (proveniente de mezclas convencionales) se encuentre entre el 10 y el 50%. Aquellas con menos de 10% de incorporación de RAP no requieren de ensayos adicionales para su diseño.

En cuanto al reciclado en frío in situ con emulsión, existe una importante experiencia recogida entre 1997 y 2003 (ver Figura 11), aprovechando la incorporación de maquinaria moderna al mercado como así también del desarrollo de emulsiones específicas con y sin rejuvenecedores, que originaron muchísimos tramos de carreteras concesionadas con exitosos resultados.

Actualmente, existe un particular interés en el desarrollo del reciclado en frío in situ, via la utilización de espuma de asfalto (ver Figura 12).

Las mezclas recicladas en frío no se encuentran aún normalizadas en nuestro país, pues se siguen atentamente las tendencias globales para su diseño y control y sobre las cuales no existe un acuerdo generalizado. Sin embargo, la Comisión Permanente del Asfalto se encuentra trabajando en recomendaciones que serán elevadas oportunamente a la autoridad vial para su evaluación.



Figura 11. Reciclado in situ con emulsión, Ruta 81, Formosa, 1987

Figura 12. Reciclado in situ con espuma, Ruta 30, Bs.As., 2018

### 5.2.3 Auto reparación

Como parte de los conceptos de “resiliencia” y pavimentos “inteligentes”, se han desarrollado técnicas de “auto reparación” de mezclas asfálticas, las cuales se encuentran en diferentes estados de desarrollo: una de ellas se conoce como “Healroad” ® y fue presentada en el Congreso de Preservación de Pavimentos y Reciclado, realizado en Niza en 2018 [11] y que se detalla en la Figura 13:

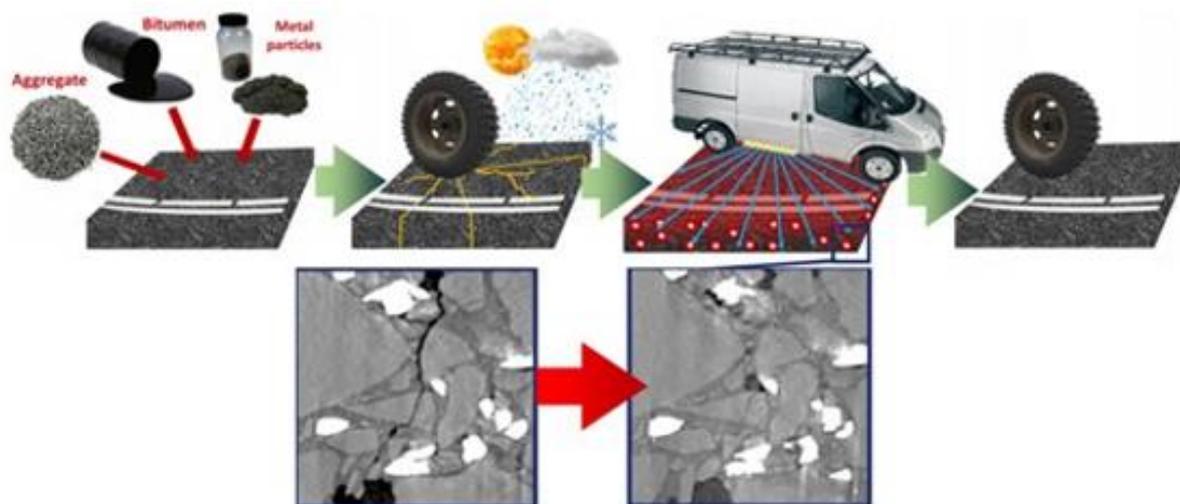


Figura 13. Sistema “Healroad” ®

Durante el proceso de fabricación de la mezcla, se le agregan a la misma una serie de granallas de un metal especial: al producirse la fisuración a través de ella, se procede a calentarla mediante un equipo de infrarrojos que “funde” el metal incorporado, “cosiendo” las fisuras generadas. Existen desarrollos similares pero incorporando pellets de asfaltos especiales en el seno del pavimento, que al ser derretidos generan un mastic interno que sella la fisuración producida.

## 6 El potencial impacto en el mercado Argentino

La Argentina ha sido históricamente autosuficiente en producción de asfalto debido a una capacidad instalada de aproximadamente entre 50 y 60.000 toneladas/mes, basada fundamentalmente en el crudo conocido como “Medanito”, proveniente de la cuenca neuquina.

En la Figura 14, pueden observarse distintos tipos de crudo disponibles en el mundo, clasificados en función de su contenido de azufre en ordenadas y su gravedad API (la cual es una medida de su densidad) en abscisas, como así también la posición que ocupa el Medanito (**burbuja en rojo**) en esta clasificación:

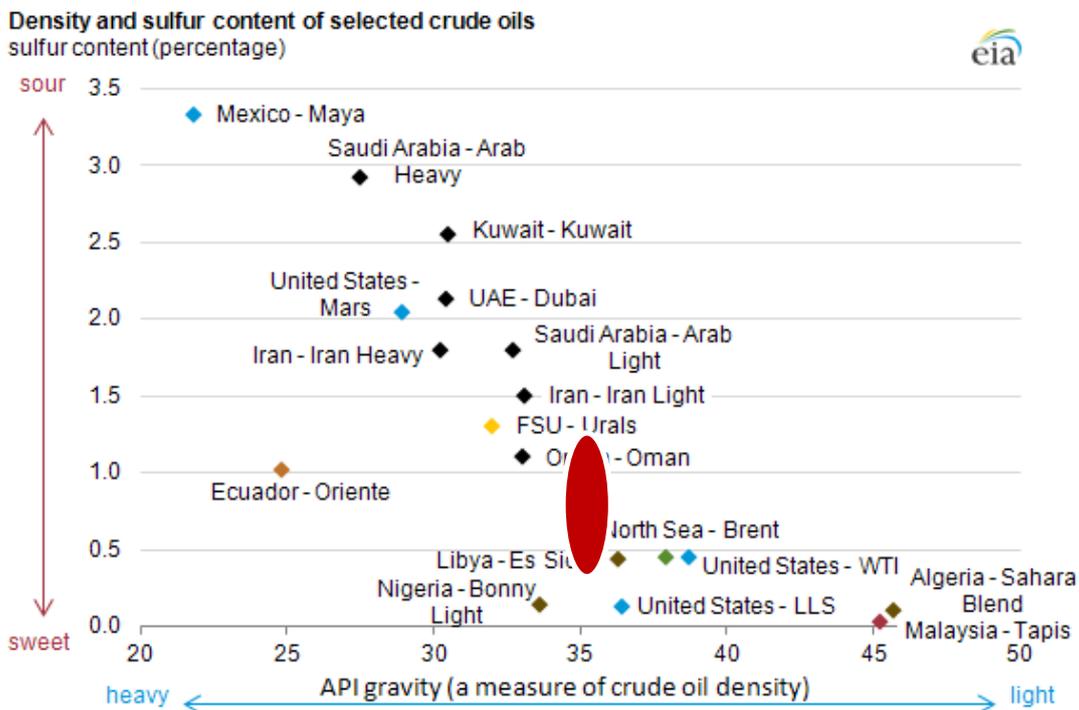


Figura 14. Clasificación de crudos y posición del Medanito

El Medanito, presenta valores de API entre 35 y 36 y contenidos de azufre de menos del 1%, lo cual permite la producción de asfaltos con “alto” índice de penetración negativo, los cuales resultan muy susceptibles a la temperatura, pero con muy bajos de índices de envejecimiento: ya sea medidos por pérdida de masa o por su incremento de viscosidad luego del ensayo de RTFOT. El rendimiento en asfalto de este crudo es relativamente bajo (aproximadamente del 10%).

Durante el pico de demanda observado en el año 2017, fue necesaria la importación de más de 200.000 toneladas de asfalto del tipo CA 30 según IRAM 6835, con procedencia de Europa y USA: las ventanas de provisión para cumplir dichas especificaciones (las cuales fueron elaboradas en función de las características del Medanito antes citadas) fue sumamente complicada.

Debido a esta situación, en la cual la importación de producto puede ser una alternativa para cumplir picos de demanda y a que la misma puede repetirse en un futuro, existió consenso en modificar ligeramente el requisito de índice de durabilidad de 3 a 3.5, como así también observar el % de xileno-heptano permitido en el ensayo de Oliensis.

Por otra parte hoy día, más del 60% del crudo neuquino (a Marzo 2019) proviene de los nuevos yacimientos no convencionales de Vaca Muerta: este crudo resulta aún más liviano que el Medanito, lo cual implica un rendimiento en asfalto algo inferior, lo cual hace inferir que la importación de betún a futuro podría continuar.

Por otra parte y tal se dijese, es importante la evaluación y seguimiento del potencial impacto en la calidad de los ligantes modificados y emulsiones producidos localmente, tanto con los nuevos asfaltos basados en los crudos de Vaca Muerta como en el hipotético caso que los ligantes importados se utilicen también a tal efecto.

## 7. Conclusiones

- Si bien la agenda global de la industria requiere de los pavimentos asfálticos cada vez más en términos de durabilidad, sumando las exigencias y presiones en alza desde el punto de vista medioambiental, la producción y disponibilidad de asfaltos a corto y mediano plazo presenta una serie de interrogantes, basados en el desbalance entre los centros de producción globales y la demanda entre regiones.
- Por lo tanto, el transporte marítimo intercontinental se incrementará y debido a los mayores costos del combustible por las exigencias IMO, lo cual podría incorporar una volatilidad mayor en los precios.
- La Argentina hasta hace muy poco, era autosuficiente en asfaltos: sin embargo picos de demanda como en 2017, pueden exigir la continuidad de las importaciones de producto, lo cual demandará controles específicos a efectos de la certificación de la calidad y observar potenciales impactos de calidad.
- Nuestro país se encuentra en línea con las tendencias globales en términos de utilización de **AMP** (con un share de aproximadamente 12 a 13% del total de asfaltos), fundamentalmente en el uso de mezclas no convencionales (micro concretos en caliente, Stone Mastic Asphalt) para capas de rodamiento de poco espesor, que es donde el mayor costo del producto justifica ampliamente las prestaciones derivadas de su uso. Nuevamente, la posible participación de nuevos asfaltos, provenientes de nuevos crudos o directamente de importación, podrían tener impacto en la calidad que deben ser monitoreados, ajustando probablemente formulaciones y los procesos de producción. La normativa vigente ha resultado suficiente para asegurar la performance de dichas aplicaciones, no descartándose su actualización en caso de ser necesario: la incorporación del reporte de la viscosidad Brookfield a 170°C, como un parámetro de recepción rápido de producto en obra, es un ejemplo de ello. Por otra parte, queda demostrado que la viscosidad luego del RTFOT, no resulta una medida del envejecimiento del ligante, tal ocurre con los asfaltos convencionales. De la misma manera, la determinación del grado PG convencional, no demuestra las bondades de la modificación.
- Disponemos de una exitosa experiencia y tecnología de calidad en nuestro país en la producción y utilización de **emulsiones asfálticas**. El desarrollo del mercado de las emulsiones modificadas ha permitido la incorporación de riegos de liga especiales, absolutamente necesarios cuando se habla de mezclas de bajo espesor como las MAC, SMA y drenantes, debido a que su macro textura ofrece menores puntos de contacto al soporte, lo cual exige características de adherencia superiores. Por otra parte, permitió el desarrollo a gran escala de empresas especialistas en el diseño y colocación de lechadas y micro aglomerados en frío, con la posibilidad de regular la rotura del sistema y acelerar la apertura al tránsito, de ser necesario. La normativa vigente permite tanto asegurar la calidad como orientar en la elección del grado adecuado para cada uso. Tal lo dicho para los AMP, se deberá evaluar el posible impacto en las

propiedades de las emulsiones producidas a partir de ligantes base provenientes del uso de nuevas dietas de crudos. Sin embargo y como asignatura pendiente, debería realizarse la promoción técnica y económica para extender su uso, particularmente para técnicas de mantenimiento y en los caminos rurales, habida cuenta que son una alternativa costo-beneficio adecuada y presentan muchas ventajas desde el punto de vista medioambiental.

- Sobre el uso de **RAP y técnicas de reciclado** en Argentina, a partir de disponer de normativa vigente sobre mezclas densas recicladas en caliente, se debe promover su uso permitiendo la utilización de RAP en tasas superiores al 10% (si se disponen de las plantas adecuadas), sobre todo cuando se comienza a disponer de fresado proveniente de mezclas asfálticas diseñadas oportunamente con AMP, lo cual incrementa notablemente el ya importante valor de dicho material. Es importante desarrollar la normativa faltante para incorporar RAP en el diseño de mezclas en caliente no convencionales (como SMA y MAC), promoviendo el uso de rejuvenecedores y AMP especiales que sean capaces de aprovechar el ligante proveniente del fresado, sobre todo cuando se trate de “viejas” mezclas especiales. Combinar las técnicas de reciclado con el uso de soluciones a baja temperatura (WAM-RAP), que resultan prometedoras [12] [13]. Respecto a las técnicas de **reciclado in situ en frío** (emulsión o espuma), se debe promover el regreso (en el primero de los casos) y el desarrollo (en el segundo) de su utilización, teniendo en cuenta que se dispondrá en el corto plazo de recomendaciones que recogerán la experiencia internacional y la desarrollada localmente.
- Como ya se dijo, existe experiencia en el uso de **WAM** en Argentina (2010-2017), fundamentalmente en AMP del tipo AM3, en su variante tibia con aditivos químicos, que permiten disminuciones de hasta 30°C en las temperaturas de compactación. De la experiencia recogida [11] [12] [13] los parámetros volumétricos no parecen tener la misma relación en la performance mecánica de las mezclas (Wheel Tracking Test o ensayo de Hamburgo) que cuando se utilizan ligantes modificados convencionales. Esto debería tenerse en cuenta al momento de establecer parámetros de diseño y control. La temperatura final de fabricación y compactación de las WAM deben ser **un parámetro más del diseño**, pues el efecto de estos ligantes “tibios” varía en función del tipo de mezcla evaluada. Existiendo distintos tipos de formas de producir WAM en el mercado global y teniendo en cuenta su posible incorporación al mercado argentino, es importante destacar que, dependiendo de la que se utilice, los requerimientos y propiedades a exigir podrían variar, según el comportamiento que una misma mezcla podría tener de ser diseñada mediante las diferentes tecnologías disponibles.

## 8 Referencias

- [1] EAPA, European Asphalt Pavement Association, "Asphalt in Figures", 2018.
- [2] Le Bouteiller, E., "Émulsions: statistiques mondiales de consommation", PPRS, Pavement Preservation & Recycling Summit, Niza, 2018.
- [3] IRAM 6835, "Asfaltos para uso vial, clasificados por viscosidad, requisitos", 2000.
- [4] IRAM 6596, Asfaltos modificados para uso vial, revisión 2017.
- [5] Dirección Nacional de Vialidad, Argentina, "Pliego de especificaciones técnicas generales para riegos de imprimación con emulsión asfáltica", 2017
- [6] IRAM 6691, "Emulsiones catiónicas convencionales para uso vial", revisión 2018.
- [7] IRAM 6698, "Emulsiones catiónicas modificadas para uso vial", revisión 2015.
- [8] NAPA, National Asphalt Pavement Association, "Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage", 2018.
- [9] Dirección Nacional de Vialidad, Argentina, "Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos en caliente y semi caliente", 2017.
- [10] Dirección Nacional de Vialidad, Argentina, "Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos densos en caliente y semi caliente con aporte de RAP", 2017.
- [11] "Preventive Maintenance Techniques: Induction Asphalt Healing by Healroad, EU Project", PPRS, Pavement Preservation & Recycling Summit, Niza, 2018.
- [12] Experiencias de aplicación de mezclas tibias en Autopistas del Oeste (Ricardo Torchioi, Mario Jair, XVI CILA, Río de Janeiro, Brasil, 2011)
- [12] Desarrollo con tecnología WAM-RAP en Argentina (Rosana Marcozzi, Mario Jair, XXVI PIARC Congress, Abu Dhabi, 2019)
- [13] La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones (Rosana Marcozzi, Mario Jair, XX CILA, Guadalajara, México, 2019)