

USO Y EVALUACIÓN EN LA INCORPORACIÓN DE PROMOTORES DE ADHERENCIA EN CEMENTOS ASFÁLTICOS

* Por los Ings. H. Gerardo Botasso, director del LEMaC Centro de Investigaciones Viales (Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional La Plata); Oscar R. Rebollo y Cecilia J. Soengas del LEMaC Centro de Investigaciones Viales; y Marcela Balige, Alejandro Bisio y Alejandro Berardo de YPF S.A.

EL SISTEMA ASFALTO – ÁRIDO

Es un sistema complejo, debido a la cantidad de variables que encierran los procesos de caracterización de cada uno de sus componentes, entre las cuales se pueden citar el cemento asfáltico y los áridos.

Los cementos asfálticos provienen del petróleo. Están formados por compuestos de alto peso molecular. Poseen una estructura muy compleja, siendo hidrocarburos y hetero compuestos formados por carbono e hidrógeno acompañados de pequeñas fracciones de nitrógeno, azufre y oxígeno, y frecuentemente de níquel, vanadio, hierro, magnesio, cromo, titanio, cobalto, etc.

La caracterización de un asfalto involucra ensayos tales como cromatografía, a fin de valorar su composición química, y viscosímetros, reómetros, ductilímetros, a fin de evaluar sus propiedades reológicas. Para determinar sus propiedades físico-mecánicas se considerarán ensayos más rutinarios, como los son los de penetración, punto de ablandamiento y peso específico, entre otros.

diferentes y que condicionan el comportamiento de los áridos. Los tipos de rocas que pueden encontrarse en una cantera dependerán de su emplazamiento geográfico. En el caso de las canteras ubicadas en cauces y paleocauces, los componentes líticos estarán directamente relacionados con los tipos de rocas presentes en la cuenca hidrográfica. Desde el punto de vista geológico un árido se puede caracterizar y clasificar realizando un examen petrológico de las rocas y minerales que lo componen. Estudiar y clasificar específicamente los tipos litológicos que componen un árido es relevante, ya que permite predecir su comportamiento en función de la aplicación en la que se utilice el mismo. Esto es debido a que las propiedades físicas de las rocas dependen de su composición mineralógica, textura (en términos petrográficos), historia geológica, procesos de deformación y ambientales, también alteraciones químicas y meteorización. Para poder realizar una clasificación desde el punto de vista geológico del material, es necesario ejecutar observaciones tanto a macroescala como a escala microscópica. El uso del microscopio óptico

permite conocer la composición mineralógica, textura (relación entre tamaños y formas de los cristales), grado y tipos de alteración presente entre otras características. Muchas veces es necesario complementar estos estudios con otros más complejos tales como la difracción de rayos X y la microscopía electrónica.

De acuerdo a su origen las rocas pueden clasificarse como ígneas, metamórficas o sedimentarias. Dependiendo de cuál es el origen de la roca, sus componentes



Se denomina como árido a aquellos fragmentos de rocas que proceden de canteras y/o yacimientos en explotación comercial. Estas canteras y/o yacimientos son explotaciones a cielo abierto, situadas ya sea en cauces de ríos actuales o más antiguos, o bien en afloramientos de macizos rocosos donde se utilizan voladuras para fragmentar las rocas y poder extraerlas.

Existe una gran variedad de rocas que presentan características

minerales serán diferentes y también su textura y estructura. Así, las propiedades como dureza, resistencia, peso específico, porosidad, durabilidad serán diferentes en cada caso.

Los agregados pueden ser del tipo ácido (su superficie tiende a cargarse negativamente) o básico (su superficie tiende a cargarse positivamente). Los ácidos contienen sílice, mientras que los básicos tienen carbonatos. De acuerdo al

contenido de Oxido de Sílice el material se puede clasificar como ácido, básico o neutro. Así, por ejemplo, si el material contiene $\text{SiO}_2 > 66\%$ se está en presencia de un agregado ácido o negativo; si el contenido de SiO_2 se encuentra entre 55 y 66% el agregado se denomina neutro y si contiene $\text{SiO}_2 < 55\%$ será considerado como básico.

Los áridos están compuestos por minerales, los cuales son sólidos inorgánicos de origen natural, que presentan una composición química más o menos constante y una estructura cristalina definida. Cada mineral está caracterizado por un conjunto de propiedades físicas y químicas que permiten su identificación.

Más allá de estas apreciaciones de origen, deberán observarse propiedades físico-mecánicas tales como limpieza, textura, absorción, peso específico y valoraciones de forma (índice de lajas, de agujas, cubicidad).

En general en las mezclas asfálticas deberán diferenciarse tres fracciones: gruesa, intermedia y fina. A esta última se le sumará además la valoración de las propiedades de los finos mediante el ensayo de equivalente arena y contenido de materia orgánica.

La aportación de finos pasante el tamiz N° 200, fillers, podrá estar dada naturalmente en los áridos y deberá ser considerada la incorporación de fillers de aporte. Estos producirán cambios en la adherencia y en la resistencia al envejecimiento de la mezcla asfáltica.

Los áridos naturalmente se dejan mojar por el agua, más que por los ligantes asfálticos. Esta situación, que se fundamenta más adelante, hace que no sólo la acción del agua sea importante durante el proceso de mezclado del árido con el ligante, sino a posteriori cuando la mezcla entra en servicio, sometida a la acción de la temperatura que provocará cambios de consistencia en el ligante, a la acción del tránsito que provocará esfuerzos de despegue entre el ligante y el árido y a la acción del agua que por el fenómeno de tensión superficial intentará desplazar en forma continua la película de asfalto adherida al árido.

Si se trata de un material calizo, se está ante una agrupación de moléculas de carbonato de calcio, con una disposición más o menos geométrica la cual dependerá del proceso de formación de la roca. Pero siempre se tendrán superficies minerales que, en presencia de humedad, se ionizan en el Ion Carbonato (CO_3)⁻ con dos cargas negativas y el Ion Calcio Ca^{++} con dos cargas positivas.

Si se trata de material de origen silíceo o materiales ácidos, éstos están formados por átomos de silicio trivalentes en general, rodeado de grupos de oxígeno y cationes metálicos, por lo que en presencia de humedad estos agregados también se ionizan cargándose negativamente. Estas cargas eléctricas de las superficies tendrán una fuerte incidencia en la capacidad de mojado de cualquier sustancia que lo intente hacer, sea agua, asfalto o algún aditivo.

MEJORADORES DE ADHERENCIA

Los mejoradores de adherencia son productos tensioactivos, llamados también surfactantes, constituyen especies químicas de naturaleza o estructura polar-no polar, que se adsorben preferentemente en la superficie de un líquido, en la interfase entre dos

líquidos inmiscibles o bien entre un líquido y un sólido, formando generalmente una capa monomolecular; éstos poseen la propiedad de disminuir la tensión interfasial favoreciendo el contacto entre las diferentes fases.

La clasificación de los agentes tensioactivos se fundamenta en el poder de disociación en presencia de un electrolito y de sus propiedades fisicoquímicas; de este modo, según la dirección de transferencia del ion activo se constituyen en dos grandes grupos: agentes iónicos y no-iónicos. En la Figura 1 se pueden ver, graficado sintéticamente, los medios y las cargas eléctricas correspondientes a cada tipo. En general, además, se deberá considerar la acción de mojado de la superficie y la neutralización de la formación de espumas.

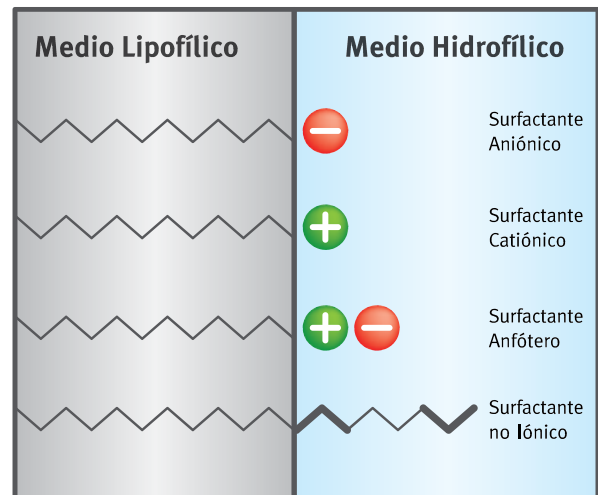


Figura 1. Clasificación de los mejoradores.

Los *surfactantes iónicos* tienen gran afinidad electrostática con los dipolos del agua. Pueden ser: aniónicos, catiónicos o anfóteros.

Los *surfactantes no iónicos*, como su nombre lo indica, no se ionizan en agua. El grupo hidrofóbico está formado por una cadena larga que contiene una serie de grupos débilmente solubilizantes tales como enlaces etéreos o grupos hidroxilos. La repetición de estas unidades débiles, tiene el mismo efecto que un hidrófilo fuerte pero sin ionización. Son estables con la mayoría de los productos químicos en las concentraciones usuales de empleo.

Los surfactantes más eficaces son, por regla general, los de tipo aminado. Las aminas son compuestos nitrogenados equivalentes, en cierto modo, a los alcoholes, fenoles y éteres, en los compuestos oxigenados. Pueden suponerse formalmente como derivados del amoníaco, en el que se ha sustituido uno, dos o los tres átomos de hidrógeno por radicales hidrocarbonados. Resultan así, tres clases diferentes de aminas: primarias, secundarias y terciarias respectivamente, como se puede observar en la Figura 2.

Los tres tipos de aminas pueden formar enlaces de hidrógeno

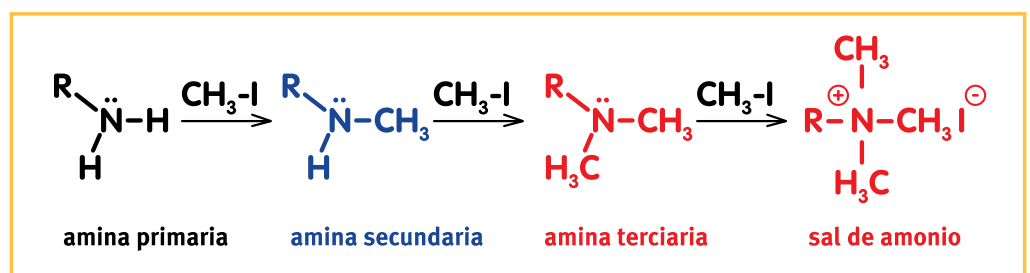


Figura 2. Enlaces químicos de las aminas.

con el agua. Como resultado las aminas menores son de alta solubilidad en agua y poseen como limitación el tomar unos seis átomos de carbono. Las metil y etilaminas huelen muy semejante al amoníaco. Las alquilaminas superiores tienen olor a pescado en estado de descomposición. Las aminas aromáticas suelen ser muy tóxicas ya que son absorbidas por la piel con resultados a menudo fatales.

Un ejemplo de monoamina es la esterealina cuya formulación es: C18- H17— H2, para que no sean solubles en agua necesitan estar conformadas por cadenas largas.

Las Diaminas se obtienen a partir de grasas animales o vegetales, de amoníaco y de acilo-nitrilo. Estos productos se obtienen con bastante pureza y son excelentes emulsivos (emulsiones catiónicas), pero son costosos. Ejemplo de diamina es el alquil propilen diamina cuya formulación es: R — NH — CH2 — CH2 — CH2 — NH2.

Las amido-aminas se obtienen por condensación de la dictrilentiamina (obtenida a partir del acetileno) con un ácido graso. Su síntesis puede efectuarse con una instalación simple pero se obtienen con una pureza menor. Son emulsivos mediocres pero son buenos mejoradores de adherencia. Las amido-aminas son del tipo: R — CONH — CH2 — CH2 — NH — CH2 — CH2 — NH2.

Las Imidazolininas se obtienen de la deshidratación de algunas amido-aminas. Son buenos emulsivos.



PROPIEDADES DEL PROMOTOR DE ADHESIÓN

A la hora de observar las propiedades del promotor de adhesión, a efectos de evaluar su potencial desempeño se recomienda proceder a realizar las siguientes determinaciones:

* **Contenido de Amina:** Se evalúa con el ensayo de dosaje de la función amina por potenciometría. Se efectúa con un pehachimetro. Con este ensayo se puede obtener el contenido de aminas totales sin distinguir el tipo de amina. Si se utilizan aminas en estado de base o de acetato se realizará por potenciometría en medio de ácido acético puro, neutralizando con ácido perclórico. Cuando la amina está como clorhidrato, se agrega acetato mercúrico que fija los iones cloro desprendidos durante la neutralización.

* **Tipos de Aminas:** El dosaje de las funciones aminas totales, permite distinguir las aminas de cadenas largas correspondiente a ácidos grasos (activas), de las aminas livianas (tales como la dietilentiamina inactiva) que se hallan presentes en las amido-aminas, principalmente cuando la síntesis no se efectuó bien.

* **Estructura química:** Se puede utilizar la espectrografía infrarroja, donde los espectros de absorción del infrarrojo, presentan bandas características de los grupos químicos presentes en la molécula.

A efectos de valorar las propiedades físicas se realizan las determinaciones indicadas en la siguiente tabla.

Equipos para la determinación de propiedades físicas de los tensioactivos



EFFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LOS TENSIOSACTIVOS

Todos los surfactantes iónicos presentan una temperatura por encima de la cual se registra un brusco aumento de la solubilidad. A esta temperatura se la llama *temperatura de Krafft*. Las micelas no se forman por debajo de la temperatura de Krafft, porque termodinámicamente es más barato mantenerse como fase sólida que como micelas.

Los surfactantes no-iónicos no presentan *temperatura de Krafft*, porque obedecen a un diferente mecanismo de disolución; sin embargo, su solubilidad también depende de la temperatura. En ciertos casos, a cierta temperatura, el surfactante se separa como una fase distinta, lo cual produce una suspensión lechosa. A esta temperatura se le llama *punto de nube* (cloud point).

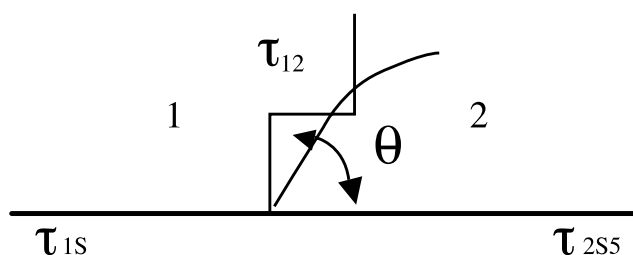
CÓMO SABER SI UN ASFALTO POSEE TENSIOSACTIVO

Cuando se quiere determinar si al asfalto seleccionado posee o no mejorador dispersado en forma adecuada en el ligante se sugiere utilizar: ensayo de microscopía por fluorescencia, o espectrometría infrarroja.

Los picos detectados en estos ensayos permiten observar las longitudes de ondas absorbidas para cada compuesto, características de cada familia de hidrocarburo o amina.

LA ADSORCIÓN DE LOS AGENTES PROMOTORES DE LA ADHESIÓN

Los fenómenos físicos relacionados con la absorción de los mejoradores por los agregados se conocen muy bien, aún cuando se los presenta la mayoría de las veces en una forma demasiado simplista.



Se define el mojado de una superficie sólida por dos líquidos, por las tensiones interfasiales T_{1s} entre el líquido 1 y el líquido 2, T_{1s} entre el líquido 1 y el sólido, T_{2s} entre el líquido

2 y el sólido.

Para que haya equilibrio existe el ángulo θ tal que $T_{1s} - T_{2s} = T_{12} \cos\theta$, que da como resultado la tensión de adherencia.

El análisis de este esquema es el siguiente, el líquido 2 moja mejor al sólido que el líquido 1, si esta tensión de adhesión es positiva, para que el líquido 2 moje más al sólido desplazando al líquido 1, hace falta un trabajo negativo.

Desde el punto de vista del trabajo de mojado, es evidente que las cantidades T_{1s} y T_{2s} pueden considerarse como si se expresara energía de mojado por unidad de superficie.

Puede que el signo de la tensión de adhesión cambie según que el movimiento inmediato anterior se haya efectuado en un sentido u otro. En este caso, el estado de mojado del sólido podrá modificarse de manera perdurable por aporte de energía exterior (por ejemplo de energía mecánica que resulta del tránsito o la de mezclado).

Para que un mejorador sea eficaz, debe modificarse la tensión de adhesión de modo que sea suficientemente grande cualquiera sea el sentido del movimiento anterior. Es lo que se expresa a veces al decir que el mejorador debe permitir una adhesividad activa (es decir el mojado del sólido por el ligante sin aporte de energía exterior) por oposición a la adhesividad pasiva (en el cual el descubrimiento del sólido no puede efectuarse sin aporte de energía exterior).

Estas consideraciones se refieren a estados de equilibrio termodinámico, pero intervienen también tres órdenes de consideraciones que se refieren a estados en los cuales el equilibrio no ha sido alcanzado. El agua que pueda estar presente en un revestimiento se renueva, la fijación del mejorador por el agregado no es absolutamente irreversible, se efectúa de un modo tal que una fracción ínfima pero no nula, puede pasar en solución acuosa. Si el agua se renueva y circula, puede suceder, al cabo de un tiempo prolongado, que la obra tratada pierda completamente su mejorador por lavado. De aquí el interés en verificar que el agregado permanezca cubierto bajo la acción de una corriente de agua.

Volviendo al árido: si éste es muy rugoso el descubrimiento no podrá realizarse en forma lenta y continua, habrá en este proceso saltos y velocidades de desprendimiento diferentes. Esto resulta favorable ya que los áridos de superficie rugosa opondrán mayor resistencia al descubrimiento que los áridos lisos. En un árido calizo la combinación con el mejorador puede dar lugar a los siguientes compuestos, en los que se puede observar su carácter insoluble. Se formará así con el promotor una unión de mayor adhesividad al formarse carbonato de amina insoluble como se puede ver en la Figura 5.

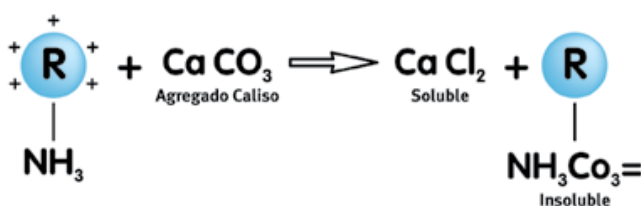


Figura 5. Reacción entre sustrato calizo y la amina.

Al usar un aditivo sobre un árido silíceo, los glóbulos de asfalto cargados positivamente son atraídos por los iones del agregado silíceo (SiO_4)- 4, formándose una unión mediante el compuesto químico llamado silicato de amina, el cual proporciona una gran adherencia y resistencia a la presencia de agua y a los cambios térmicos, como se observa en la Figura 6.

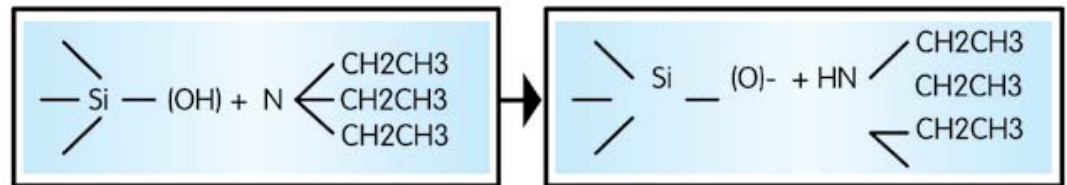


Figura 6. Reacción entre sustrato silíceo y la amina.

Retomando al asfalto: los más viscosos resistirán en mayor medida al desprendimiento, y una vez separados de la superficie del árido, las fuerzas que hay que vencer para deformarlo son de un orden de magnitud muy superior a las de la tensión superficial vencida. Resulta así más estable el sistema cuando más viscoso sea el ligante. Como los ligantes asfálticos para la producción de mezclas en caliente se mantienen a temperaturas superiores a los 100 °C, los promotores de adhesión pierden muy lentamente su actividad, debido a la reacción alcalina de la amina con los compuestos ácidos del asfalto. Esta actividad se perderá más rápidamente en asfaltos con un alto contenido de acidez como en crudos, por ejemplo, de la región norte de Latinoamérica o con la permanencia del sistema asfalto-mejorador a elevadas temperaturas. De aquí que se recomienda que este sistema no permanezca sometido a procesos de calentamiento por tiempos prolongados.

INCORPORACIÓN DE LOS AGENTES SURFACTANTES AL LIGANTE

Los agentes surfactantes en la planta asfáltica pueden adicionarse en línea a través de una bomba. Para homogeneizar adicionalmente conviene adicionar un mezclador estático en línea colocado justo antes de la entrada del asfalto al mezclador. De esta forma, el mejorador de adherencia permanece poco tiempo en contacto con el asfalto caliente y en forma inmediata se incorpora a los áridos.

Un mezclador estático es un conjunto de piezas dentro de una tubería. Las diferentes corrientes del caudal nos dan toda la energía necesaria para una mezcla completa sin piezas en movimiento. Los mezcladores estáticos ofrecen grandes ventajas comparativamente con un motor o con otros mezcladores en línea que resulten competitivos.

Los mezcladores estáticos brindan la posibilidad de mezcla en línea líquidos, gases y sólidos. Genera una mezcla predecible, una buena dispersión y un adecuado tiempo de reacción. La temperatura y velocidad serán uniformes desde el centro hasta la pared del tubo. Su eficiencia permite, en algunos casos, trabajar por gravedad. Poseen además bajo costo, no necesitan mantenimiento y gozan de una larga vida útil.

Una forma muy habitual es incorporar el porcentaje seleccionado en la cisterna de la planta asfáltica. La misma será de sección circular, con apoyos distribuidos en todo el largo, tubo de fuego central de diámetro capaz de alojar la serpentina de aceite. Dispondrá de una bomba de asfalto con engranajes, accionada por motor trifásico, permitiendo

la recirculación del ligante asfáltico y además homogeniza en el mismo, al promotor de adhesión. En este caso de permanencia del tensioactivo en el ligante, deberá incorporarse sólo si se conoce que ese aditivo es estable frente a la temperatura.

En todos los casos se puede determinar por la técnica del RTFOT, película delgada rotativa, el deterioro producido en el ligante y el promotor de adhesión por el efecto de la temperatura.

MECANISMOS DE DESPRENDIMIENTO DE PELÍCULA

Antes de enumerar los métodos más recomendables para la valoración de la adherencia árido ligante, conviene destacar cuáles son los principales mecanismos de falta de recubrimiento (adherencia activa) y de desprendimiento (adherencia pasiva). Una vez lograda la envuelta en áridos ácidos y básicos, la permanencia de esa envuelta y su calidad frente a las condiciones climáticas y de tránsito se puede ver modificada por varios mecanismos.

Lo primero a considerar, es que la película de asfalto no es impermeable, por lo tanto la película de agua es posible que ingrese a la interface con el árido provocando el desplazamiento del asfalto, comenzando una acción de desplazamiento crítica. Goodrich, en una discusión técnica ha reportado para la compañía Chevron Research los mecanismos, que se puede citar:

- **Emulsificación espontánea:** Con la presencia del tránsito, la adhesividad del asfalto en la superficie del árido se ve modificada, formándose una emulsión inversa, en donde el asfalto comienza a tener un color marrón claro, que queda recubriendo el agregado, cuando éste queda descubierto.

- **Rotura de película:** La rotura de la película se puede dar por fisuras en la superficie de la película de asfalto o en puntos debido a la presencia de polvo adherido al árido. Esta rotura se puede dar por la acción de cargas durante el proceso de construcción, por el tránsito en condiciones de servicio, o por los cambios ambientales de humedecimiento y secado y congelamiento y deshielo.

- **Presión de poros:** Este mecanismo pone de manifiesto la combinación de ciclos de congelamiento y deshielo, frente a acciones de solicitaciones del tránsito. Con estos ciclos

aumenta la presión de poros en la interfase árido-ligante y comienzan a deteriorarse las fuerzas de adhesión. Este mecanismo se da en presencia de asfalto emulsificado del primer proceso señalado, venciendo esta primera capa y luego las sucesivas capas. Este fenómeno fue estudiado y puesto a prueba por Lottman en sus estudios y test propuesto.

- * **Decapado hidráulico:** Se da en mezclas en caliente saturadas con agua, cuando concurre con fenómenos de compresión de la mezcla en servicio con ejes de tránsito pesado. Esto hace que la tracción producida provoque el desprendimiento del asfalto de la superficie de los áridos más expuestos. Este efecto puede verse incrementado con la presencia de polvo adherido al ser amasado por acción del agua y del tránsito.

- **Osmosis:** Es un proceso muy lento. Se ve favorecido cuando el asfalto es cáustico o cuando algunos agregados en su composición poseen los iones de sal en la superficie.

- **El mecanismo de retroceso:** Denominado en inglés como fenómeno de pull-back, permite observar por ejemplo en



mezclas sometidas al test del hervido, en los áridos en donde se ha desprendido el asfalto, que luego de unas horas cuando se quita totalmente el agua, vuelve a cubrirse en mayor medida la superficie con el asfalto desprendido.

- **pH del sistema:** La adherencia del asfalto al árido está fuertemente influenciada por el pH del agua de contacto.

- **Condiciones ambientales:** Como se señalara, la acción del agua y la temperatura es significativa y varía su im-

portancia en función del tipo de minerales en los áridos.

TEORÍA DE DESPRENDIMIENTOS

Los estudios de Rice, clasifican estas teorías de fenómenos de superficie de la siguiente forma, las cuales respaldan lo dicho hasta aquí, cuando se describe la acción de los mecanismos que cada uno de los materiales ponen en juego en relación a ellos.

- **Enclavamiento mecánico:** La textura de la superficie del agregado es el factor principal que afecta a la adhesión.

- **Reacción química:** La postulación y los componentes básicos de esta teoría se fundamentan en la presencia de ácidos en el sistema asfalto agregado. Estos componentes reaccionan formando compuestos insolubles en agua.

- **Orientación molecular o energía de la superficie:** Esta teoría representa la estructuración de las moléculas de asfalto en la interfaz asfalto-agregado. Asume que la adhesión entre el asfalto y el agregado se ve afectada por la relación existente entre la energía superficial de ambos, desarrollando un trabajo de mojado.

En primer lugar, la separación del asfalto de la superficie de agregado, tendrá su fundamentación en la falta de enclavamiento mecánico y en la falta de trabajo de adherencia como acciones de contribución primaria, y como contribución secundaria la acción química de la energía de superficie por la disminución de la tensión superficial.

Los efectos combinados del tránsito, temperatura y agua propiciarán el desplazamiento de la película de asfalto, siendo en forma primaria una reacción química y física-

mente una reacción de superficie.

Luego los mecanismos enunciados con anterioridad, desarrollarán su acción cada uno haciendo su aporte.



TÉCNICAS RECOMENDABLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA ÁRIDO LIGANTE

Métodos cualitativos

- **Test del hervido ASTM 3625:** Método para evaluar el efecto del agua sobre agregados con recubrimiento asfáltico, usando agua en ebullición (ASTM 3625) comúnmente denominado Test del Hervido. Resulta ser una herramienta de aproximación en la valoración de las mejoras producidas por el mejorador de adherencia amínico.

- **Riedel - Weber IRAM 1803/2010:** Adhesividad de los ligantes asfálticos a los agregados finos, procedimiento Riedel - Weber IRAM 1803/2010: este ensayo tiene por finalidad determinar el grado de adhesividad del agregado fino con el asfalto. Estos agregados pueden ser arena natural o machaqueo. Se evalúa la mezcla árido



info@geobauen.com.ar www.geobauen.com.ar

2da. GENERACIÓN STONEX

Serie STONEX R9

Estación Total Robótica

Origen Suiza. Disponible en dos versiones diferentes: ROBÓTICA (para trabajar una sola persona) y AUTOLOCK (seguimiento automático del prisma)
2" y 3" de precisión angular. DR 400 con rango de 400 metros sin prisma y el DR1000 con un rango de 1.000 m sin prisma.

Soluciones para ingeniería, minería, topografía y construcción.

GARANTÍA 2 AÑOS

Servicio Técnico
Soporte Técnico / Post Venta
Entrenamiento
Asesoramiento

GeoBauen
Cuba 1940, Piso 11 "C" y "D"
(C1428AED) Bs. As., Argentina
(5411) 4789.0533 / 4787.1129
info@geobauen.com.ar
www.geobauen.com.ar



- ligante cuando se somete a la acción de soluciones de carbonato de sodio a concentraciones crecientes.

- **Determinación de la adherencia entre agregado y ligante, Norma IRAM 6842/2007:** Utiliza una fracción de agregado que pasa el tamiz IRAM 9,5 mm y es retenida por el tamiz IRAM 6,3 mm, la cual es lavada a fin de remover los finos y se estima la superficie cubierta, en más o en menos del 95 % de la superficie total de las partículas de agregado.

- **Otros métodos similares:** Resistencia al desprendimiento del asfalto de los agregados, Método australiano T-230, La prueba de congelación-descongelación Texas, Gagle procedimiento, prueba rápida de botella, método de la botella giratoria.

Métodos cuantitativos

Se recomienda utilizar estos métodos que permiten ejercer un control cuantitativo de las dificultades experimentadas en la adherencia árido-ligante. Frente a descubrimientos en la superficie, observados por las técnicas cualitativas, se pasa a determinar la dosis exacta en porcentaje de peso de tensioactivo sobre peso de asfalto por medio de los siguientes métodos:

La frecuencia de uso refleja que no siempre los mejores métodos son los más utilizados.

Se describen a continuación los dos métodos que, a juicio de los autores, representan en forma más precisa la acción de los efectos causados por el agua, la temperatura, el congelamiento y las acciones abrasivas:

MÉTODOS CUANTITATIVOS

MÉTODO	NORMA	PRECISIÓN DEL MÉTODO	FRECUENCIA DE USO EN ARGENTINA
Test de inmersión compresión	ASTM 1075 AASHTO T 165	Media	Baja
Tracción indirecta Test de Lottman	AASHTO T 283-85	Alta	Media
Estabilidad remanente Marshall		Media	Alta
Módulo resiliente	ASTM D 4123	Media	Baja
Ensayo del Cántabro	NLT 352-00	Alta	Baja

- **Test de LOTTMAN:** Resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño causado por humedad, ASSHTO T 283: conocido como Lottman modificado. Es un ensayo que se ajusta más a las condiciones de obra cuantificando la adhesividad. El mismo ha permitido determinar la resistencia a la tracción indirecta de los especímenes, midiendo la pérdida de cohesión de una mezcla compactada como resultado de los efectos de la saturación acelerada en agua, permitiendo medir la resistencia de la mezcla en conjunto.

- **Test del CÁNTABRO HÚMEDO:** Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida por desgaste, NLT 352/2000: este método determina la pérdida de cohesión que se produce por la acción del agua sobre mezclas asfálticas compactadas de granulome-

tría abierta. Con el método se obtiene un índice numérico del aumento de pérdida de masa, como consecuencia de comparar los resultados del ensayo entre series duplicadas de probetas, unas mantenidas al aire y otras sometidas a la acción del agua, en las condiciones que prescribe el método. Se calcula, para cada probeta ensayada, la pérdida por desgaste expresada en tanto por ciento de la masa inicial.

CONCLUSIONES

La adherencia árido ligante en una mezcla asfáltica en caliente es importante considerarla en el momento de la envuelta producida en el tambor secador y en la adición del asfalto. Esta adherencia pondrá en juego las variables enumeradas, tales como características generales de los áridos, del asfalto y temperatura del proceso. Existirá un trabajo de envuelta que se explica como un proceso de adecuación de las tensiones superficiales de los materiales intervinientes.

Sin embargo, los fenómenos de desprendimiento de la película de asfalto conformada dependerán de las reacciones que se formen en el sistema. Este sistema estará sometido a acciones del tránsito, de la temperatura y del agua en sus distintos estados. Los mecanismos de desprendimiento enumerados se desarrollarán, en general, en función del origen mineralógico de los áridos, de la presencia o no de sales, de la textura de gruesos y finos, de la acidez del ligante asfáltico y las sollicitaciones antedichas. Los aspectos teóricos que respaldan estas afirmaciones se encuadran

dentro de los postulados de la acción física de la superficie de los áridos o teorías de enclavamiento, la teoría de la reacción química y de la energía de superficie.

La función de los surfactantes será la de interactuar entre el sustrato sólido, el árido, el líquido viscoso de envuelta, el asfalto y la acción de las variables ambientales. La elección de la familia del producto se fundamenta en el tipo de árido a envolver, la composición del asfalto y el modo en que se incorpore en el sistema. Cada tipo de tensioactivo reaccionará con la superficie del árido y

con las fracciones ácidas del asfalto, desarrollando nuevos compuestos, muchas veces insolubles en agua.

Los surfactantes son capaces de neutralizar los mecanismos de desprendimiento descriptos, incluso aquellos que parecen ser reversibles como el mecanismo de retroceso citado.

Los métodos de valoración de la adherencia árido ligante son variados en número y precisión. Se recomienda en forma primaria comenzar por la valoración con los métodos cualitativos, para luego seleccionar alguno de los métodos cuantitativos expuestos.

La experiencia del equipo de trabajo de YPF y el LEMaC, permite recomendar el uso del Test de Lottman y del Ensayo del Cántabro.