

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE USO DE FILLER GRANITICO, PROVENIENTE DEL PROCESO DE LAVADO EN CANTERA DE ARENAS DE TRITURACION, EN MEZCLAS ASFALTICAS

Gerardo Botasso(*), Julián Rivera(*), Enrique Patrón Costas()**

(*) LEMaC Centro de Investigaciones Viales.
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

(**) Cantera PIATTI S.A.
lemac@frlp.utn.edu.ar

Dada la reconversión tecnológica en Cantera Piatti, ubicada en el cerro Sotuyo (Sierras Bayas), surge como nuevo producto un filler extraído del lavado de arenas 0:3 y 0:6, requeridas sin material pasante en el tamiz de 75 μm (Tamiz N° 200).



Fotografía 1: Entrada de arena al tamizado y floculación de las fracciones que pasan el Tamiz N° 200.

De esta forma, las arenas son tratadas con un floculante de baja inflamabilidad y que no modifica la carga eléctrica final de las partículas (posee menos de 0,1 % de Acrilamida). Luego de pasar por el lavado, el fino que precipita, es trasladado por cañerías a piletas de desecación, disponiéndose en un área a tal fin.



Fotografía 2: Secado de filler y de área de depósito

Dada la existencia de este nuevo producto en el proceso, se decide encarar el estudio correspondiente para establecer su factibilidad de empleo en mezclas asfálticas.

EL FILLER EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS

En éstas se define como filler a la fracción de árido pasante el Tamiz N° 200, pudiendo provenir de las fracciones componentes o de un material de aporte a tal fin (cemento, cal, material calcáreo, cenizas volantes, etc.). Su rol en una mezcla asfáltica es complejo; por un lado puede servir como material inerte para rellenar los huecos presentes en la mezcla de áridos, mientras que por otro, dada su finura y características superficiales, se comporta como un material activo valorado a través de las propiedades físico-químicas del sistema filler/betún. A partir de estas consideraciones se establecen tres principales funciones del filler:

- Rellenador de la mezcla.
- Modificador del comportamiento reológico y cohesivo del sistema filler/betún.
- Estabilizador frente al agua.

Desde el punto de vista volumétrico, el filler se debe analizar considerando la curva de la mezcla asfáltica seleccionada y los límites impuestos a los Vacíos, Vacíos del Agregado Mineral y Relación Betún/Vacíos de Marshall. Desde el punto de vista reológico y cohesivo, cuando el filler se dispersa en el asfalto genera un *mastic* que tiene mayor consistencia, viscosidad y tenacidad que el ligante original, disminuyendo su susceptibilidad térmica. De esta forma mejora la Estabilidad, la Resistencia a la Tracción y al Desgaste y la Adhesividad Arido/Ligante, dependiendo de la cantidad de filler, la relación entre el peso del filler / peso del asfalto y del tipo de filler.

Cuando se incorpora filler a una mezcla, el espesor de película adherida a los áridos será mayor que el que correspondería al de sus características superficiales individuales. Por ello una proporción del filler, las partículas más pequeñas que el espesor de la película del ligante, quedan embebidas en la masa del ligante, no pudiendo contribuir al relleno del esqueleto mineral, sino conformando un nuevo mortero en forma de película sobre la superficie mineral del árido. Sin embargo estos cambios tienen un límite, ya que se ha demostrado que dependiendo de las características geométricas y composición mineralógica del filler, al aumentar sus contenidos la mezcla tiende a ser más seca y frágil, disgregándose en su puesta en servicio. La angulosidad y textura del filler, actúan como núcleos potenciales para intensificar su superficie activa, demostrándose que cuantas más irregularidades geométricas posea el filler, con idéntica composición mineralógica y relación filler/betún, los *mastics* alcanzan para una misma temperatura mayor consistencia. Vale decir que la variación en la textura del filler modificará el contenido de asfalto libre en el *mastic*. Cuanto mayor sea la irregularidad geométrica del filler, mayor será su superficie específica, tendiendo el ligante asfáltico a poseer una mayor viscosidad, una menor penetración y una menor ductilidad. Por ello, estudios realizados por Ruiz (1966) y Rigden (1954), permiten hallar una relación volumétrica entre el filler y el betún a partir de la cual el sistema deja de ser viscoso y pasa a ser un sistema de fluir complejo. Esta relación se puede determinar para cada tipo de polvo mineral a partir de un parámetro denominado Concentración Crítica del filler (Cs), que no evalúa la calidad del filler, pero si se constituye en un criterio para determinar su máxima dosificación en una mezcla densa en caliente, permitiendo conservar la flexibilidad del sistema. Se puede interpretar a la Cs como aquella

dispersión de filler en betún en el estado más suelto posible de las partículas, pero en contacto entre ellas, es decir, cuando el esfuerzo aplicado es consumido en la deformación viscosa del medio continuo, betún, y la resistencia friccional entre las partículas tienden a un mínimo. Se ha comprobado que superado los valores de C_s el sistema deja de ser viscoso.

Otros ensayos exigibles a un filler tienen que ver con su finura y su actividad plástica. Es común exigir que su Densidad Aparente en Tolueno, que consiste en medir el volumen ocupado por una muestra cuando se sedimenta en tolueno, se ubique entre 0,5 y 0,8 g/cm^3 , estableciendo que granulométricamente se cumpla con:

Tabla 1: Límites granulométrico exigibles

Tamiz	% Pasa
425 μm (Nº40)	100
150 μm (Nº100)	>90
75 μm (Nº200)	>75

El filler también es de esperarse presente una acción estabilizadora de la mezcla asfáltica frente al agua, promoviendo mayores fuerzas de adhesión entre el *mastic* y el árido. Los fenómenos de adherencia se pueden considerar como del tipo mecánicos, físico-químicos y de tensión superficial. En este último caso existen también variadas metodologías para valorar los incrementos producidos en la cohesión en una mezcla fillerizada. Pero sin duda será necesario considerar la naturaleza mineralógica de los áridos a recubrir, la del filler utilizado y la capacidad de mojado del betún, o del sistema filler/betún.

VALORACION DE LA ACCION DEL FILLER EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS

La propiedad fundamental de las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos es su capacidad de deformarse sin romper al absorber esfuerzos relativamente elevados y repetidos; éste es el principio de funcionamiento de los pavimentos flexibles. La medida esencial para tal comportamiento es la resistencia al corte, con sus dos componentes: la fricción y la cohesión. El factor friccional se analiza generalizando los postulados de la mecánica de suelos al estudio de las mezclas asfálticas, puesto que los áridos conforman una estructura granular; en cambio, la cohesión debe evaluarse a partir de las propiedades reológicas del medio continuo presente en la mezcla, el sistema filler/betún, que define su comportamiento ante las sollicitaciones deformantes. Por tales razones, es más apropiado pensar en las cualidades que el *mástic* proporciona a la mezcla, en lugar de considerar aisladamente al ligante. La incorporación de filler a las mezclas permite mejorar las propiedades del medio continuo bituminoso: espesar el asfalto con el fin de modificar su fluir viscoso, mejorar la adherencia y proveer de un mayor espesor a la lámina que recubre a los áridos, permitiendo retardar el envejecimiento.

El diseño de una mezcla asfáltica debe procurar una adecuada graduación de las fracciones de áridos y del contenido de ligante, con el propósito de lograr relaciones volumétricas y mecánicas que cumplan con las exigencias vertidas en los Pliegos de Especificaciones Técnicas de referencia (mediante el método Marshall, la metodología SuperPave, el método de Bailey, etc). Lo cierto es que desarrollado cualquiera de ellos se

obtendrá información necesaria a fin de permitir valorar los riesgos de fisuración térmica, por fatiga o la potencialidad de la formación de deformaciones plásticas permanentes.

Existe una metodología para caracterizar a los ligantes asfálticos, y el sistema filler/betún cuando se encuentran aglomerando los agregados en una mezcla asfáltica denominado “Método Universal de Caracterización de Ligantes (UCL®)”, desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña por los doctores Pérez Jiménez y Miró Recasens. Basado en la aplicación del ensayo Cántabro, es un procedimiento que evalúa las propiedades *funcionales del ligante* a partir de la determinación *del grado de cohesión* que proporciona a una mezcla patrón y de la observación de cómo esta cualidad varía con *la temperatura, la acción del agua y el envejecimiento*. Es una tecnología que ofrece una herramienta para clasificar y cotejar los betunes que podrían utilizarse en una pavimentación. El principio del mismo es comparar directamente las respuestas de estos materiales como parte integrante de una mezcla asfáltica, exaltando sus diferencias relativas y las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, evaluando cuatro propiedades funcionales que los ligantes han de aportar al comportamiento de las mezclas bituminosas:

- *cohesión,*
- *susceptibilidad térmica,*
- *adhesividad y*
- *resistencia al envejecimiento.*

Para ello se fabrica una mezcla patrón abierta, sin filler ni finos, se elaboran probetas Marshall siguiendo el criterio de equiviscosidad de los ligantes para la selección de la temperatura de moldeo, se las somete a diferentes condiciones (en seco, tras inmersión, a distintas temperaturas y períodos de envejecimiento) y se las ensaya al Cántabro (NLT-352 y NLT-362). El ensayo Cántabro de pérdidas por desgaste consiste en someter una probeta Marshall a un efecto abrasivo en el tambor de la máquina de Los Angeles, sin la carga abrasiva que se emplea para el ensayo de desgaste de áridos, determinándose su pérdida porcentual de masa.

En su aplicación completa se *valora la cohesión* mediante las pérdidas en seco y a 25 °C; *la susceptibilidad térmica* variando la temperatura de las probetas y determinando las *Curvas de Estado* o variación de las pérdidas con la temperatura (para ello, previo al ensayo, se las mantiene 6 horas a la temperatura con la cual ingresarán al tambor de Los Angeles); *la pérdida de adhesividad* por la disminución de la resistencia a la disgregación a 25 °C, tras mantener las probetas sumergidas en agua (un día a 60 °C); y *el envejecimiento* asumiendo que el ligante forma una película fina sobre el árido al utilizar probetas con altos contenidos de vacíos, las cuales se someten a distintos períodos en estufa a elevada temperatura con ventilación forzada y que posteriormente se ensayan.

CARACTERIZACION DEL FILLER GRANITICO

El filler en estudio analizado por difracción de Rayos X permite observar una composición mayoritaria de cuarzo, plagioclasa (albita), feldespato alcalino, muscovita y anfíboles. Desde el punto de vista químico se observa una alta homogeneidad, siendo los compuestos preponderantes silicio, aluminio y oxígeno. Su granulometría de la muestra representativa posee un 98,4 % de pasante en el Tamiz N°40, 94,0 % en el Tamiz N°100, 80,2 % en el Tamiz N°200. El Peso Específico Seco es de 2,674 g/cm³ y la Densidad en Tolueno de 0,767 g/cm³, no presentando plasticidad.

DISEÑO DE LA MEZCLA PATRON

Con el propósito de aplicar el método UCL, se diseña la mezcla patrón T5, que posee un contenido de ligante del 4,5 % y la siguiente granulometría:

Tabla 2: Curva granulométrica de la mezcla patrón

TAMIZ	ABERTURA (μm)	% PASA
Nº4	4750	100
Nº8	2380	20
Nº30	590	0

Se estableció como filler comparativo de base el uso de una cal hidráulica hidratada comercial, siendo el agregado empleado para conformar la curva de la propia Cantera Piatti. El criterio de diseño establecido, fue el de generar dos mezclas con concentración volumétrica igual a la concentración crítica, o sea $C_v/C_c = 1,00$ obteniendo el máximo contenido de filler para permitir su fluir viscoso. Los cálculos en tal sentido son los siguientes:

Tabla 3: Determinación de dosificaciones

Cal	Filler
Determinación C_c	Determinación C_c
VOLUMEN: <input type="text" value="9,0"/> cm^3	VOLUMEN: <input type="text" value="11"/> cm^3
PESO: <input type="text" value="6"/> g	PESO: <input type="text" value="10"/> g
DENSIDAD: <input type="text" value="2,564"/> g/cm^3	DENSIDAD: <input type="text" value="2,674"/> g/cm^3
C_c : <input type="text" value="0,260"/>	C_c : <input type="text" value="0,340"/>
Determinación % _{CAL}	Determinación % _{FILLER}
Pe_{CAL} = <input type="text" value="2,564"/>	Pe_{FILLER} = <input type="text" value="2,674"/>
$C_c;C_v$ = <input type="text" value="0,260"/>	$C_c;C_v$ = <input type="text" value="0,340"/>
Pe_{ASF} = <input type="text" value="1,000"/>	Pe_{ASF} = <input type="text" value="1,000"/>
% _{ASF} = <input type="text" value="4,50"/>	% _{ASF} = <input type="text" value="4,50"/>
$\%_{CAL} = \frac{\%_{ASF} \cdot C_v \cdot Pe_{CAL}}{Pe_{ASF} \cdot (1 - C_v)}$	$\%_{FILLER} = \frac{\%_{ASF} \cdot C_v \cdot Pe_{FILLER}}{Pe_{ASF} \cdot (1 - C_v)}$
% _{CAL} = <input type="text" value="4,05"/>	% _{FILLER} = <input type="text" value="6,20"/>
% _{ARIDOS} = <input type="text" value="91,45"/>	% _{ARIDOS} = <input type="text" value="89,30"/>

Siguiendo parte del método UCL se han realizado en esta etapa las siguientes determinaciones:

- Formulación de tres tipos de mezclas (sin filler, con cal y con filler granítico).

- Ensayo de Cántabro seco a 25 °C, sin envejecimiento.
- Envejecimiento a 80 °C en estufa con recirculación durante 4 días.
- Susceptibilidad térmica a temperaturas de -10, 25 y 40 °C.

Por cada ensayo se confeccionaron tres probetas, dando un total de 54 probetas ensayadas.



Fotografía 3: Vista de probetas ya ensayadas.

Los resultados promedio graficados, representando en abscisas las temperaturas y las pérdidas en las ordenadas, obtenidos son:

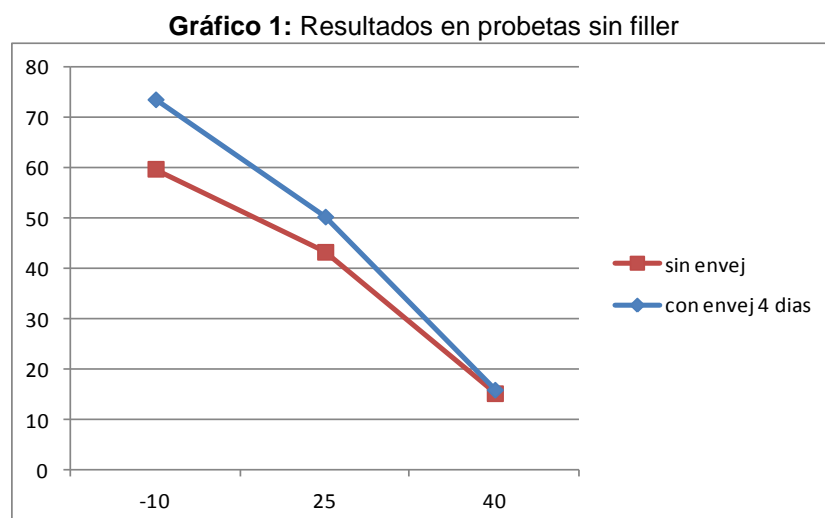


Gráfico 2: Resultados en probetas con cal

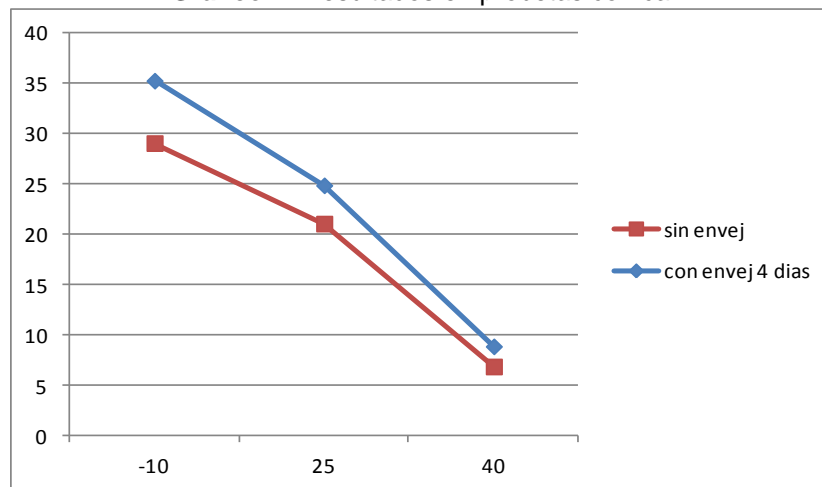
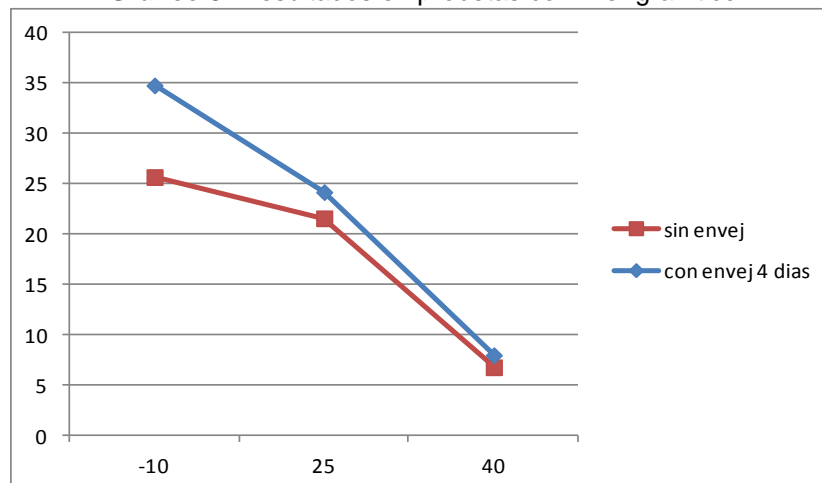


Gráfico 3: Resultados en probetas con filler granítico



CONCLUSIONES

- El filler granítico de la Cantera Piatti, generado en la trituración de puro granito y separado mediante un proceso de alta confiabilidad (homogeneidad, pureza, etc.) cumple con las exigencias habituales para un filler de aporte de una mezcla asfáltica, evidenciando pérdidas levemente por debajo a las de la mezcla fillerizada con cal.
- Su mayor peso específico y concentración crítica, en comparación con la de la cal, lleva a que para una relación de uno entre la concentración volumétrica y la concentración crítica sea admisible un aporte mayor de filler, situación esta favorable, ya que el sistema viscoso está admitiendo, en base a este criterio de decantación, una capacidad mayor de dispersar filler sin perder la capacidad viscosa.
- De la valoración del método UCL en forma parcial, se ha verificado sobre la mezcla patrón estudiada, que las leyes de variación en el rango de temperaturas -10 a 40 °C coincide con la de la bibliografía, faltando verificar la rama de altas temperaturas y de pérdida por cohesión en el Cántabro húmedo.