



La planta de Licuefacción de Perú LNG ubicada en Pampa Melchorita, perteneciente a la provincia de Cañete, servirá para asegurar la oferta exportable del gas de Camisea hacia el exterior. Perú LNG, consorcio multinacional conformado por Hunt Oil (USA), Repsol (España), SK Corp (Corea), encargó a CBI (Chicago Bridge & Iron Company), la ingeniería, procura y construcción de las instalaciones en dicho lugar. El proyecto incluye la planta de licuefacción, un muelle marítimo y un ducto de líquidos de 400 kilómetros de longitud, con una inversión estimada en 3,500 millones de dólares.

Tecnología de Materiales (TDM) es subcontratista de CBI para la aplicación de la protección pasiva contra incendios (fireproofing) en las estructuras metálicas del edificio de la Planta de Procesos, utilizando un producto idóneo, técnicos y mano de obra peruana adiestrada por profesionales extranjeros y equipos nuevos para la aplicación, con un alto estándar de calidad.

El monto de la obra de fireproofing es de US\$ 2.5 millones, y proveerá de una protección contra incendios de parte de las estructuras metálicas de la planta principal (las que se han considerado en el diseño como probablemente más expuestas durante un siniestro) por un período garantizado de 2 horas. La obra fue iniciada en Enero del 2008 y tiene un tiempo estimado de ejecución de 19 meses calendario.



El producto utilizado para la protección de las estructuras metálicas de la planta es el Monokote Z-146P, material cementicio de alta densidad (640 Kg/m<sup>3</sup>) que ofrece una alta resistencia, eficiencia en la aplicación y bajo costo final. El Monokote es un conglomerado monocomponente que requiere sólo la adición de agua para formar una pasta consistente que es aplicable a columnas y vigas de acero estructural. Su cohesión es extremadamente alta y tiene una importante resistencia a la abrasión que combina con la posibilidad de lograr un terminado más estético. Es adecuado tanto para espacios exteriores por su buen desempeño ante agentes atmosféricos como viento, lluvia y ciclos de hielo y deshielo, así como para interiores porque no libera ninguna partícula que afecte a computadoras u otros aparatos electrónicos.

El procedimiento constructivo en la Planta de Procesos de Melchorita consiste en fijar pines de acero inoxidable mediante soldadura en las zonas de los elementos estructurales que van a ser protegidos, donde se fija posteriormente una malla metálica para mejorar la adherencia entre el acero y el Monokote. Mediante un pulverizador, se aplica el pegamento Firebond, como parte del tratamiento integral para optimizar la fijación de la protección. El Monokote se coloca por medio de una pistola de aplicación que realiza el lanzamiento ayudándose de aire a presión para lograr una densidad de 830 a 950 gr/litro. Luego de finalizada la aplicación se realiza el curado húmedo que consiste en cubrir las superficies protegidas con mantas humedecidas con agua, por espacio de 3 a 7 días. Para el control de calidad se consideran dos mediciones: el espesor y la densidad.

Para mejorar el acabado superficial del tratamiento, una vez que la humedad del Monokote se encuentra dentro del rango recomendado (<10%), se recomienda aplicar pintura látex, después de un imprimante para protegerlo de la humedad y el salitre, y previo lijado para eliminar protuberancias e irregularidades.

El avance del trabajo discurre, en términos generales, dentro de lo previsto en el cronograma previamente establecido.

# ASFALTO MODIFICADOS CON POLÍMEROS: Una realidad para el diseño, mantenimiento y construcción de pavimentos flexibles en el Perú

Por: TECNOLOGÍA DE MATERIALES

La importancia de la pavimentación de una vía puede ser vista desde varias perspectivas que deben ser tomadas en cuenta por la entidad competente del sector carretero. El acceso de la población a mejores servicios, la integración de las regiones, la generación de nuevos negocios, la generación de fuentes de trabajo son algunas de las ganancias económico-sociales que asoman tras un somero análisis. Concebir una nueva estructura de pavimento que cumpla con las demandas estructurales y funcionales y, a la vez, proporcione una alta durabilidad, conducirá a un impacto positivo en el futuro en este sector.

Las carpetas asfálticas soportan una serie de solicitaciones tales como las cargas de tráfico que generan altas tensiones verticales y tangenciales, y las condiciones climáticas como lluvias, cambios de temperatura, gradientes térmicos, radiaciones ultravioleta, entre otras. Todas ellas originan problemas en las carpetas asfálticas, siendo las más comunes: la fisuración o agrietamiento, el ahuellamiento y el desprendimiento o desagregación. El agrietamiento puede ser causado por la reflexión de grietas de la capa de rodadura antigua hacia la sobrecapa asfáltica. Otras razones de la aparición de grietas podrían ser la repetición de cargas de tráfico (fatiga); las bajas temperaturas que producen retracción, rigidización y reducción volumétrica en las carpetas; el gradiente térmico entre la superficie y el plano más profundo de la capa, generado por la diferente velocidad de enfriamiento, lo que puede producir "fatiga térmica"; el envejecimiento de la carpeta asfáltica por la pérdida de volátiles debida a la acción del aire, el agua y la radiación ultravioleta. El fenómeno de ahuellamiento puede deberse a varias causas concurrentes tales como la consolidación o densificación de las capas subyacentes, sea por subdimensionamiento estructural, falta de compactación o problemas de drenaje. El ahuellamiento por fluencia de la carpeta asfáltica se debe, más bien, a una dosificación incorrecta, mala elección del tipo y porcentaje de asfalto -lo que puede llevar, también, a fenómenos de corrugación y exudación-, al tráfico canalizado, los asfaltos blandos o poco elásticos. El mecanismo de desprendimiento se debe a la deficiencia en la adherencia entre asfalto y agregado, que genera pérdida de agregados, agrietamiento precoz, pérdida de cohesión y aparición de ahuellamiento.

Una alternativa para evitar o disminuir el efecto negativo de todos estos factores, es un buen diseño de mezcla asfáltica que incluye una selección correcta de agregados, su granulometría y la elección del ligante asfáltico adecuado. La propuesta de TDM para este último aspecto de la problemática planteada, es el uso de carpetas asfálticas con cemento asfáltico en caliente modificado con polímeros SBS.

Lo que sigue es la descripción de cada una de las propiedades de las carpetas que son críticas en la solución de los problemas señalados y cómo actúa el asfalto modificado en el logro efectivo de cada una de ellas.

La resistencia a la tracción de una mezcla con asfalto convencional es bastante similar y probablemente un poco mayor, pero la mezcla modificada rompe con una mayor deformación y su resistencia residual, después de la ruptura, disminuye más gradualmente, lo que evitará la formación de grietas más gruesas; dicho de otro modo, el comportamiento a la tracción de las mezclas modificadas es más dúctil que las convencionales que se comportan frágilmente. El módulo de resiliencia también debe ser evaluado comparativamente para explicar los diferentes comportamientos de las carpetas cuando están sometidas a tensiones y deformaciones; en ese sentido, los resultados de ensayos muestran que las carpetas modificadas son más flexibles y su recuperación elástica es más rápida, lo que quiere decir que los asfaltos modificados con polímeros SBS tienen una parte elástica mayor que su parte viscosa, siendo esta última la responsable de las deformaciones permanentes. Adicionalmente las mezclas modificadas presentan una vida de fatiga mucho más elevada (5 a 10 veces en número de repeticiones de carga) cuando la diferencia de tensiones es igual para ambos casos.

En la realidad, la diferencia de tensiones es menor en las carpetas modificadas por su mayor flexibilidad -menor módulo de resiliencia- lo que hace una diferencia de vida útil por fatiga mucho mayor. Este resultado, además, es independiente de la penetración del asfalto original, lo que indica que el asfalto base para la modificación debe ser elegido por compatibilidad química y su estabilidad al almacenamiento.

Por otro lado, ensayos comparativos realizados con asfaltos peruanos modificados y convencionales, indican que los ahuellamientos en estos últimos son casi el doble de los medidos en los primeros, para un mismo número de ciclos de carga. Adicionalmente, el problema de la ligazón asfalto-agregado ha sido estudiado mediante el ensayo de desagregación y desprendimiento (stripping), que somete a probetas Marshall a la rotura por tracción, después de haber sido acondicionadas con saturación parcial de agua, congelación y baños de agua calentada por tiempo determinado. Moura mostró que el uso de ligante modificado mejora la adherencia. Esta tendencia ha sido corroborada con el ensayo Cantabro que consiste en medir la pérdida de masa de probetas sometidas a 300 rotaciones en la Máquina de desgaste Los Ángeles.



Por último, en las zonas de altura (por encima de los 3500msnm), uno de los graves problemas de las carpetas asfálticas, es el envejecimiento por radiación UV. En ese aspecto, los asfaltos modificados con SBS son más viscosos y tienen mayor recuperación elástica que los convencionales a temperatura ambiente, y a bajas temperaturas varían muy poco sus condiciones, al contrario de los asfaltos sin modificar que se tornan más duros y rígidos. En síntesis, se puede decir que la modificación del asfalto con polímeros SBS, introduce ventajas en el comportamiento químico, físico y mecánico de las carpetas asfálticas.

De otro lado, en el campo del diseño y dimensionamiento de la estructura de los pavimentos flexibles, la metodología más usada en nuestro país es la AASHTO 1993. En dicho método, los coeficientes estructurales  $a_1$  de los revestimientos son función del módulo elástico de la mezcla asfáltica, no existiendo aún coeficientes adaptados para las mezclas modificadas. Sin embargo, en Brasil se usa desde 1998 la Instrução de Serviço DG/DNER no. 007, que postula un factor de reducción de 1.3 para el cálculo del espesor de las carpetas modificadas respecto a las convencionales; es decir que, usando el método AASHTO y la referida norma de diseño en forma combinada, se diseña con un coeficiente igual a  $a_1$  por este factor, el mismo que, además, es conservador.

TDM cuenta con una planta de fabricación de asfaltos modificados con polímeros SBS y su laboratorio de control de calidad, en la ciudad de Lima, para el abastecimiento de los proyectos que consideren el uso de esta tecnología superior en nuestro país y actualmente ya se ha construido en el país un sector dentro del tramo Pte. Santa Rosa-Pte. Montalvo de la Panamericana Sur.

*(La base de este artículo la constituye un informe técnico de la Dra. Liedi Bariani Bernucci, Jefe del Dpto. de Ingeniería de Transportes y Coordinadora del Laboratorio de Tecnología de Pavimentación de la Universidad de Sao Paulo-Brasil)*