

# **EXPERIENCIAS SURAMERICANAS EN LA REHABILITACIÓN DE PISTAS AEROPORTUARIAS CON GEOCOMPUESTOS PARA REFUERZO DEL CONCRETO ASFÁLTICO**

MSc. Ing. Edwin Fernando Ruiz  
*Huesker Ltda., São José dos Campos - São Paulo, Brasil*  
[fernando@huesker.com.br](mailto:fernando@huesker.com.br)

MSc. Ing. Cassio Alberto Teoro do Carmo  
*Huesker Ltda., São José dos Campos - São Paulo, Brasil*  
[cassio@huesker.com.br](mailto:cassio@huesker.com.br)

PhD. Ing. Guillermo Montestruque  
*Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP*  
*São José dos Campos – São Paulo, Brasil*  
[montestruque@infratrans.com.br](mailto:montestruque@infratrans.com.br)

## **Resumen**

La rehabilitación de un pavimento flexible agrietado o de una losa de concreto es generalmente realizada mediante la instalación de recapes simples en concreto asfáltico. Debido a solicitaciones dinámicas externas (i.e., tránsito de vehículos y/o aeronaves) y a variaciones naturales de temperatura, las grietas existentes y las juntas subyacentes pueden propagarse rápidamente desde capas inferiores hasta el nuevo revestimiento. En obras de rehabilitación realizadas en Suramérica, la aplicación de una geomalla de poliéster de alto módulo para refuerzo asfáltico mostró excelentes resultados en la prevención y control del agrietamiento por reflexión, permitiendo una considerable extensión de la vida de servicio de la estructura del pavimento de las pistas rehabilitadas. Este artículo presenta un conjunto de aplicaciones y casos de obras donde fueron empleadas geomallas de refuerzo para la restauración de pistas y patios de estacionamientos aeroportuarios, describiendo algunas experiencias realizadas durante los últimos 15 años en Argentina, Chile, Uruguay y Brasil. Una evaluación de desempeño de los proyectos luego de varios años de servicio junto con algunas consideraciones generales de diseño son igualmente presentadas.

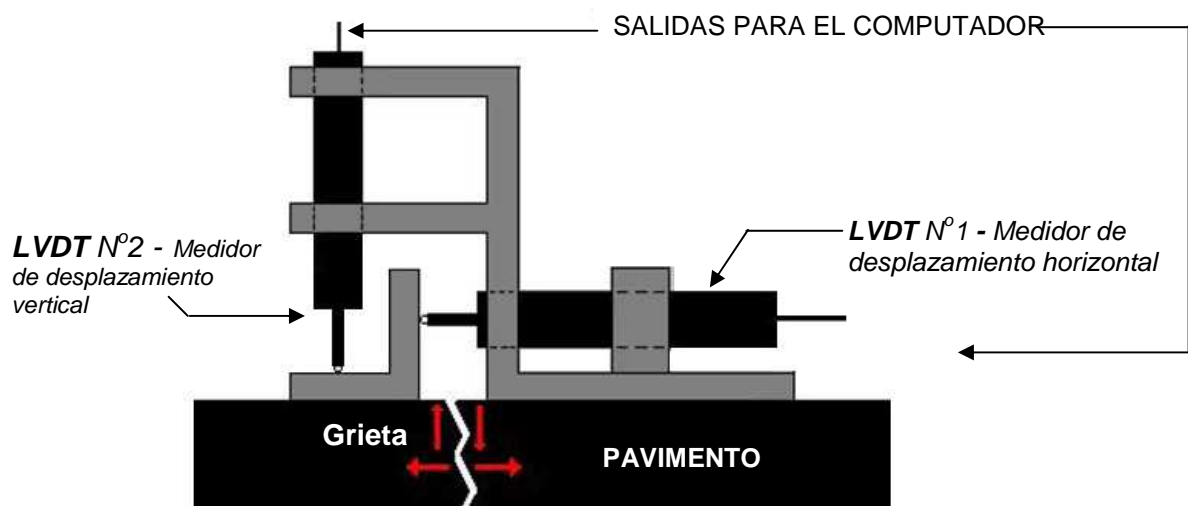
## **INTRODUCCIÓN**

El fenómeno del reflejo de grietas en un pavimento es definido como el reaparecimiento en la superficie de las grietas o juntas existentes del pavimento antiguo por efecto del tránsito o de las variaciones climáticas. Este fenómeno es uno de los problemas más serios de deterioro de pavimentos rehabilitados en todo el mundo, mereciendo el asunto un cuidado especial en el procedimiento de diseño. Diversas son las tentativas para solucionar o minimizar el complejo problema del reflejo de las grietas: soluciones de las más diversas, que van desde la simple adopción de grandes espesores de concreto asfáltico, hasta la interposición de capas intermediarias especiales denominadas como Sistemas Anti-Reflejo de Grietas.

Con el importante desarrollo de los geosintéticos, las geomallas han sido aplicadas con suceso para refuerzo de los pavimentos asfálticos nuevos y rehabilitados. La geomalla proporciona una alta resistencia a la tracción dentro del pavimento, complementando las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica. El control del reflejo de grietas en pavimentos es fundamental para su buen desempeño funcional e estructural, así como para la eficacia económica de la rehabilitación del pavimento. Dentro de este contexto, la incorporación de las geomallas de poliéster en el concreto asfáltico han traído beneficios en obras de rehabilitación especialmente en situaciones donde el potencial para el reflejo de las grietas es elevado.

El paso de una carga de rueda en movimiento, produce dos tipos de cargas críticas: flexión y corte. La posición de corte se produce dos veces a cada paso de la rueda de carga, provocando un desplazamiento vertical relativo entre las paredes de la grieta, mientras que la posición de flexión ocurre solamente una vez, provocando la abertura de la grieta. El potencial de reflejo de la grieta existente depende directamente del movimiento relativo entre las paredes de la grieta, cuantificar esos desplazamientos es crucial para optar por el tipo de restauración más adecuada. El equipo “Crack Activity Meter” permite efectuar la medición de los movimientos verticales y horizontales entre las paredes de las grietas (Figura 1).

**Figura 1: Medidor de desplazamiento “Crack Activity Meter”.**



El primero LVDT (“Linear Variable Differential Transducers”) en la posición horizontal mide el desplazamiento a la flexión del pavimento y el incremento en la abertura de la grieta durante el paso de una carga de rueda y el segundo LVDT el movimiento vertical relativo entre las paredes de una grieta. Infelizmente por las dimensiones de los LVDT’s no es posible medir los desplazamientos en el centro de las dos ruedas, por este motivo el medidor debe ser colocado en el borde externo de la rueda.

## **REHABILITACIÓN DE LA PISTA AUXILIAR DEL AEROPUERTO DE CONGONHAS, SÃO PAULO - BRASIL**

El Aeropuerto de Congonhas es el aeropuerto de más movimiento en Brasil, localizado en la región Metropolitana de São Paulo, fue rehabilitado en 2005 por el consorcio OAS/Camargo Corrêa/Galvão. El pavimento antiguo consistía en placas de 3,5m x 7,0m de concreto de cemento portland (CCP), con 25 cm de espesor y barras de acero para transferencia de cargas en las juntas, recapeado con cerca de 8 cm de concreto asfáltico (CA). Prácticamente todas las

juntas del pavimento rígido se encontraban reflejadas a través de la capa asfáltica de recapeamiento (Figura 5), lo que es natural y esperado en vista de los movimientos horizontales y de empujamiento de carácter térmico, que la placa de CCP somete a la capa asfáltica. La relación entre la longitud y ancho de las placas de CCP es muy superior al valor límite (1,25) considerado usualmente para minimizar los movimientos de empujamiento térmico de las placas. De esta forma, se debe esperar que estos movimientos sean particularmente intensos en este pavimento, acelerando el reflejo térmico de las juntas. De hecho, este mecanismo fue el responsable por el reflejo rápido de las juntas, ya que las mediciones realizadas en la pista con el “Crack Activity Meter” (Figura 6) indicaron una buena transferencia de carga a través del agregado conclusión llegada por el bajo movimiento vertical medido entre las paredes de las juntas e grietas más significativas. El parámetro central para prevenir el agrietamiento por reflejo en recapeamientos asfálticos es el JDR (*Joint Deflection Ratio*), que es la relación entre el desplazamiento de un lado sin carga y del lado cargado en la grieta evaluada. Utilizando el valor de diseño  $JDR_p = 0,203$  (calculado por la distribución t para 99,5% de confiabilidad) e admitiendo el tránsito de diseño dado por 6.000 aterrizajes anuales del A-320/200 (peso bruto de 73.500 kg, con 47% en cada pierna del tren de aterrizaje principal).

**Figura 2: Reflejo de las juntas en la carpeta asfáltica (Aeropuerto de Congonhas, año 2005).**



**Figura 3: Medidor de desplazamiento “Crack Activity Meter” instalado en la pista.**



**Figura 4: Detalle de instalación de la geomalla sentido longitudinal y transversal.**



Realizada la evaluación se procedió al fresado de parte de la repavimentación asfáltica existente. Grietas con menos de 3mm de abertura no fue necesario tratarlas, las de mayor abertura fueron selladas con material elastoméricos. Después de un riego de liga de  $0,8\text{lt/m}^2$  de asfalto residual con emulsión asfáltica de ruptura rápida fue posicionada la geomallas, apenas sobre las juntas longitudinales y transversales con el ancho de 1,0m. (Figura 4).

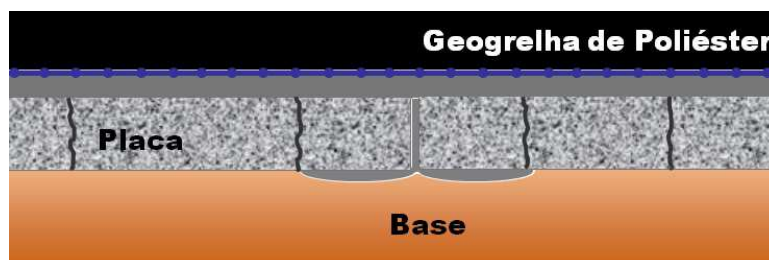
La presencia de la geomalla está siendo notada, debido a su acción inhibidora del proceso de abertura de las grietas de reflejo térmico, ya transcurrieron 5 años sin presencias de grietas en la pista.

## **AEROPUERTO INTERNACIONAL DE PORTO ALEGRE - BRASIL**

El Aeropuerto Internacional Salgado Filho en Porto Alegre es el 7º aeropuerto en Brasil con mayor movimiento de aeronaves. En enero de 2002, fue ejecutada la rehabilitación de la pista de Táxi Golf que da acceso al hangar de mantenimiento de aeronaves de una compañía aérea comercial. El volumen de tránsito era elevado y estaba compuesto de aeronaves de porte como el Boeing 777, con peso bruto superior a 250ton. La estructura consistía de base de solo granular (CBR  $\approx 30$ ) con un pavimento rígido en placas de concreto de 25cm de espesor, constituido de placas con dimensiones de 5,0x3,5m. El pavimento se encontraba con muchas placas quebradas y en estado de desagregación, en función de los movimientos de las placas de concreto (contracción y retracción térmico) y de las cargas de las aeronaves. La estructura fue rehabilitada como sigue (Figura 5):

- ✓ Inyección de nata de cemento en las juntas
- ✓ Aplicación de 2 cm masa asfáltica fina
- ✓ Instalación de la Geomalla de Poliéster (Hatelit C 40/17)
- ✓ Recapeado con concreto asfáltico convencional en el espesor de 5 cm

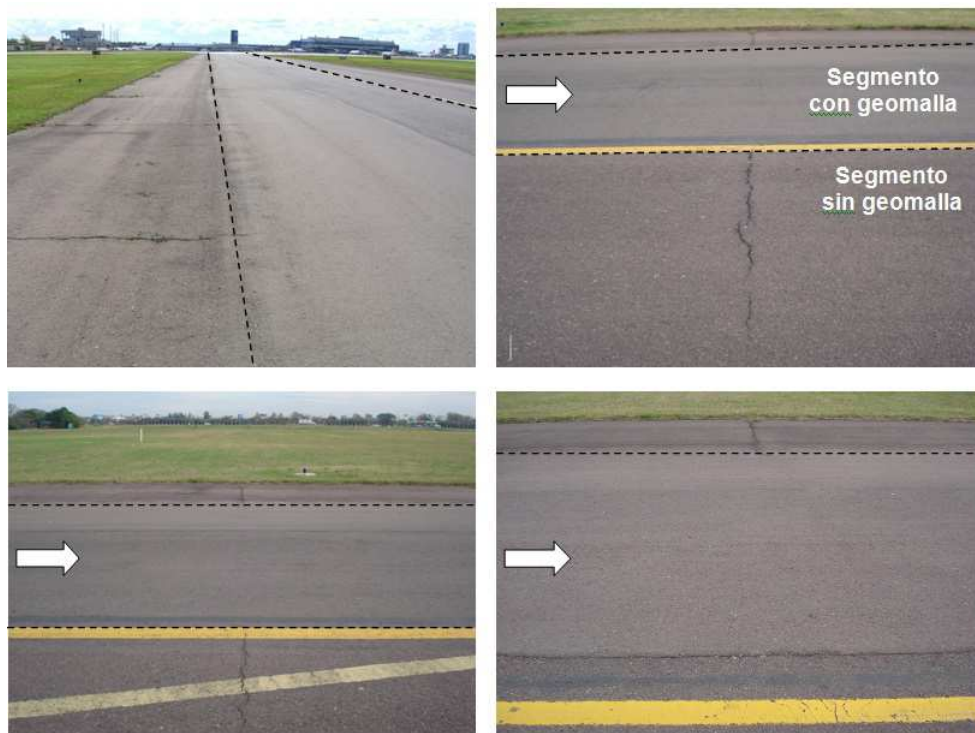
**Figura 5: Solución implementada en el Aeropuerto Internacional de Porto alegre.**





Esta solución fue aplicada únicamente en la región central de la pista por razón de economía, en las bermas no fue aplicado a geomalla. Después de 11 años, el resultado es visible (Figura 6), todas las juntas del pavimento rígido de las bermas fueron reflejadas y en la región central donde fue colocada la geomalla fueron observadas apenas 02 juntas de baja severidad. El “Crack Activity Meter” fue utilizado para evaluar los movimientos verticales y horizontales de las juntas reflejadas, para el caso sin geomalla el movimiento vertical fue de 0,543mm y para el caso con geomalla el movimiento vertical fue de 0,01mm (Monser 2010). La presencia de la geomalla mantiene las paredes de la grieta más unidas debido a su resistencia a tracción, mismos que reflejada la grieta existe una elevada transferencia de carga a través del agregado. Para el caso sin geomalla esa transferencia es perdida debido a la erosión progresiva de las paredes de la grieta.

**Figura 6: Región central con geomalla sin grietas de reflejo en la pista Taxi Golf.**



## **AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MONTEVIDEO (CARRASCO) - URUGUAY**

El Aeropuerto Internacional de Carrasco (A.I.C.), ubicado 20 km. al este del centro de la ciudad de Montevideo. En el transcurso del año 2004 el A.I.C. registró un total de 22.400 movimientos (aterrizajes o despejes) de aeronaves de mediano y gran porte (principalmente B 737 y B 767 respectivamente), incluyendo el Puente Aéreo. El Aeropuerto cuenta actualmente con una infraestructura compuesta por una pista principal (06-24) de 3.200 m. de longitud y una secundaria (01-19) de 2.250 m.

Como hecho innovador y pionero en el Uruguay, fue proyectada la colocación de la geomalla de poliéster para refuerzo en el cuerpo del recapado asfáltico de la Cabecera 24. El pavimento era compuesto por una losa de hormigón de 35 cm. de espesor, sobre una base granular tratada con cemento de 30 cm. de espesor y una subbase granular de otros 30 cm., asentados sobre suelo natural arcilloso. Las dimensiones de las losas están definidas por juntas longitudinales separadas 5.60 m. entre sí y juntas transversales cada 6.00m. El diseño estructural del refuerzo para esta sección del pavimento, previsto para un tráfico anual de

5.000 aeronaves equivalentes tipo B 747-400 (MTOW: 372 ton.), requiere la ejecución de un recapado de 16 cm. de espesor mínimo de concreto asfáltico, construido en tres capas de similar espesor.

La rehabilitación se ejecuto en el mes de Marzo de 2005, por parte de la empresa Molinsur S.A. El refuerzo con geomalla fue aplicado en fajas de aproximadamente 1,00 m. de ancho, sobre las juntas o grietas del pavimento, centrado en las mismas. Previo a la colocación de la geomalla se realizó sobre el pavimento de hormigón existente, una primera capa de regularización de aproximadamente 6 cm. de espesor en mezcla asfáltica. La geomalla siempre debe estar entre dos capas asfálticas a efecto de anclaje. Habiéndose realizado el tendido de la primera capa de regularización sobre el pavimento de hormigón existente, en escaso tiempo transcurrido hasta la colocación efectiva de la geomalla, fue claramente visible la aparición de fisuras reflejas en la superficie de carácter térmico, en exacta coincidencia con las juntas del pavimento inferior. Este hecho resultó totalmente controlado una vez colocado la geomalla y las capas asfálticas superiores. Similar situación se manifestó en el recapado ejecutado casi simultáneamente en la Calle de Rodaje "Charlie" del mismo Aeropuerto, con espesores similares y sin geomalla en el pavimento. A pocos días de terminado el tendido de la carpeta asfáltica final, la misma ya presentaba en la superficie el reflejo de las juntas del pavimento subyacente.

**Figura 7: Terminal Aeropuerto Internacional de Carrasco y Geomalla Instala (2004).**



Siendo ésta la primera aplicación de geomallas para refuerzo de pavimentos asfálticos en el país, la misma se mostró como una alternativa viable y sencilla, controlando y retrasando la reflexión de grietas en superficie. La decisión adoptada por el Concesionario, de aplicar esta tecnología en la rehabilitación del pavimento del Aeropuerto de Carrasco, se realiza con el convencimiento de lograr una sustancial mejora en el comportamiento futuro del pavimento bajo la acción de las cargas y del tiempo, aparejando una mayor vida útil para la estructura, sin intervenciones de mantenimiento hasta el momento.

El resultado directo de esta experiencia fue evaluado mediante una minuciosa inspección visual realizada en el año 2011, donde se corroboró la no aparición de grietas refleja en las zonas reforzadas luego de 6 años de servicio.

**Figura 8: Sin presencia de grietas en la zona pista rehabilitada con geomalla (2011).**

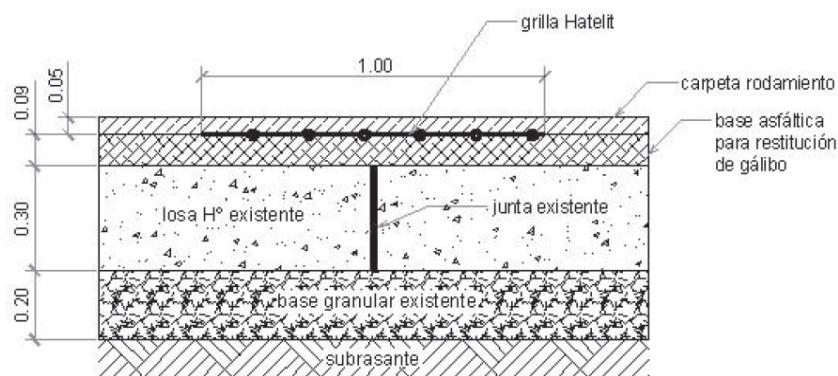


## **AEROPUERTO INTERNACIONAL PILOTO CIVIL N. FERNÁNDEZ, RIO GALLEGOS, PROV. DE SANTA CRUZ - ARGENTINA**

Debido a su avanzado estado de deterioro da pista, y a fin de ajustarse a las normativas internacionales de operación aeroportuaria, en el año 2004 se contempló la ampliación, reparación y repavimentación de la pista principal del aeropuerto de la ciudad de Río Gallegos, capital de la provincia de Santa Cruz, extremo continental sur de la Patagonia argentina.

Salvo en las cabeceras, donde se optó por la reconstrucción completa del pavimento rígido debido a su altísimo grado de deterioración estructural y funcional, el resto de la pista de aproximadamente 210.000 m<sup>2</sup> fue restaurada mediante la construcción de un recape en concreto asfáltico. El pavimento original constaba de una base granular de 20 cm sobre la cual se desarrollaban losas de hormigón de 30 cm de espesor. En la zona prevista a repavimentar con pavimento flexible, se procedió a la instalación de una base asfáltica como restitución de galibo con concreto asfáltico convencional de 9 cm de espesor, y una carpeta de rodamiento de 5 cm, esta última constituida por una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS. Debido al potencial de reflejo de las juntas subyacentes del pavimento rígido original sobre las nuevas capas asfálticas, incrementado significativamente por las condiciones climáticas extremas de la zona (temperatura media anual mínima de 2,9 °C), se optó por la interposición de una geomalla de refuerzo asfáltico de poliéster entre la base de nivelación y la carpeta superior de rodamiento en correspondencia con cada junta transversal y longitudinal. La grilla de refuerzo fue colocada en un ancho de 1,0 m alienado con el centro de cada junta, permitiendo un anclaje lateral de 50 cm. La elección del tipo de refuerzo fue realizada con base en la compatibilización de los módulos de elasticidad y de los coeficientes de dilatación térmica (propiedad fundamental en zonas climáticas extremas) del poliéster (materia prima de la geomalla) y del concreto asfáltico.

**Figura 9: Sección esquemática de la solución adoptada**



De acuerdo a la información vertida por la propia concesionaria responsable por el aeropuerto (Aeropuertos Argentina 2000 – AA2000), hasta la fecha (9 años apróx. luego de la instalación) no se detecta ninguna fisura refleja en la superficie de la pista.

## **AEROPUERTO DE BALMACEDA - CHILE**

El Aeropuerto Balmaceda está ubicado en la localidad del mismo nombre, cercana a la frontera Chileno-Argentina, y es el principal acceso por vía aérea a la Región de Aysén (Patagonia Chilena) con un movimiento de pasajeros durante todo el año (355.203 en el año de 2012). En año de 1998, la Dirección Nacional de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas (MOP) encomendó el proyecto de restauración de la pista principal del aeropuerto que consistía en la ejecución de una repavimentación asfáltica sobre las juntas de dilatación de pavimento antiguo de hormigón. Debido a la fuerte variación de temperatura en la región a lo largo de los ciclos estacionales, se requería de una técnica de refuerzo eficiente que redujera los costos de mantenimiento de la pista.

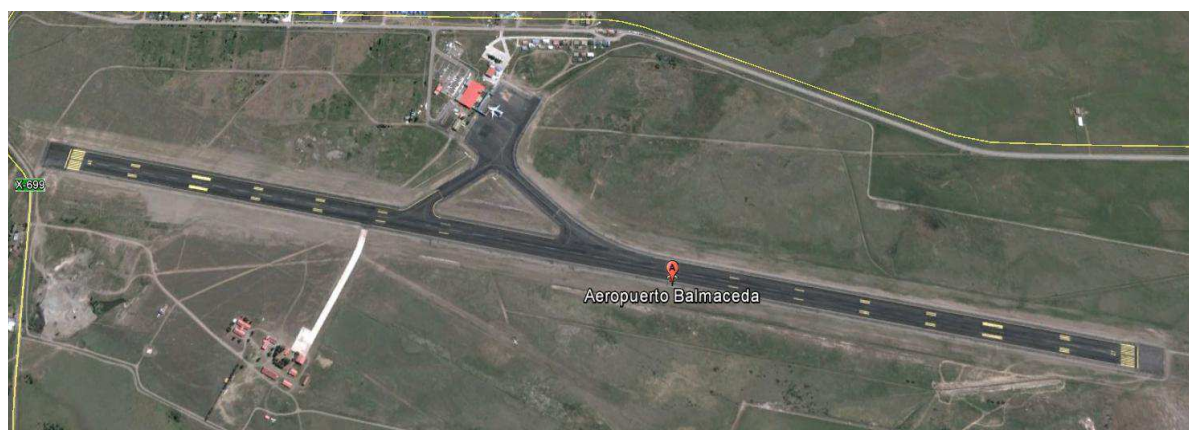
Con el objetivo de controlar el potencial agrietamiento de las nuevas capas asfálticas generado por la reflexión de las juntas subyacentes y de aumentar la vida útil del revestimiento, el Departamento de Ingeniería del Ministerio de Obras Públicas consideró la colocación de una geogrilla de refuerzo asfáltico de poliéster entre las capas asfálticas de recape. La obra fue llevada a cabo en abril de ese mismo año bajo severas condiciones climáticas de (temperaturas bajo 0° C) y fuertes vientos (sobre 60 km/h).

La decisión sobre el tipo de material de refuerzo seleccionado se basa en la similitud entre el módulo elástico del poliéster y el módulo del asfalto, sumado a la muy baja contracción a altas temperaturas del material, soportando sin problemas las temperaturas de tendido de la mezcla, con un punto de fusión del poliéster que alcanza los 250 °C.

La duración eficiente de la repavimentación alcanzó una vida de 10 años, colapsando al final por la reflexión de grietas de origen térmico en el recape. No obstante, se observó que la abertura y actividad de estas grietas fue mucho menor en comparación con otras zonas del aeropuerto donde el refuerzo no fue instalado.



**Figura 10: Vista aérea de la pista del Aeropuerto Balmaceda, Chile.**



**Figura 11: Detalles de la instalación de la geomalla en el Aeropuerto Balmaceda, Chile.**



**Tabla 1: Especificaciones Técnicas de la Geomalla usada en los aeropuertos mencionados.**

Tipo de producto y materia-prima	Geomalla flexible de poliéster de alta tenacidad combinada con no-tejido ultraligero de polipropileno
Recubrimiento	Bituminoso
Abertura de la malla	40 mm x 40 mm
Resistencia a tracción (Long./ Transv.) <ul style="list-style-type: none"> <li>Nominal</li> <li>a 3% de deformación</li> </ul>	50 kN/m / 50 kN/m 12 kN/m / 12 kN/m
Deformación en la resistencia nominal (Long./ Transv.)	12% / 12%
Rigidez equivalente de adherencia en el arrancamiento - $C_{eq,rf}$	9 N/mm/mm <sup>2</sup>
Eficiencia del Comportamiento en fatiga	90%
Resistencia a las temperaturas del asfalto <ul style="list-style-type: none"> <li>Punto de fusión</li> </ul>	250°C
Dimensiones típicas de los rollos <ul style="list-style-type: none"> <li>Ancho</li> <li>Longitud</li> </ul>	1m a 5m (y cualquier ancho divisible por 5) 150m

## CONCLUSIONES

- Fue observado un beneficio importante obtenido por la presencia de la geomalla de poliéster como capa intermediaria para el control de la fisuración refleja. Su desempeño en términos de aumento de la vida útil de los recapes varió de 3 a 4 veces más comparado con la solución convencional de una rehabilitación simple para el conjunto de obras evaluadas.
- El uso de este material permitió reducciones significativas en el número de intervenciones de mantenimiento en los proyectos en estudio.
- Se verificó que aún después de la ocurrencia del agrietamiento reflejo, la geomalla de poliéster mantuvo las aberturas de las grietas más cerradas, con elevado trabamiento entre los agregados de un lado y otro de las paredes de las mismas. De esta forma, la deterioración por erosión a lo largo de los bordes de las grietas fue minimizada, efecto que contribuye benéficamente en el desempeño del pavimento a futuro. Consecuentemente, es posible concluir que el potencial de reflejo para una próxima rehabilitación es atenuado por la presencia del refuerzo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las empresas Coripa S.A (Argentina), Geosistemas Ltda. (Chile) y América Tecnología y Servicio (Uruguay) por el invaluable apoyo brindado en la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS

- De Bondt, A.H., (1999), Anti-Reflective Cracking Design of (Reinforced) Asphaltic Overlays, Ph.D.-thesis, Delft, Netherlands. Helsinki University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Surveying, (1992), Research Project Georeinforcements Part B: Laboratory Testing of Reinforcements, Fifth International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products
- Hessing C., Thesseling B., Alexander W. (2011), A sustainable maintenance method for cracked pavements using Polyester asphalt reinforcement, 14th International Flexible Pavements Conference, Sydney, Australia
- Montestruque G. E., (2002), Contribuição para a Ela-boração de Método de Projeto de Restauração de Pavimentos Asfálticos Utilizando Geossintéticos em Sistemas Anti-Reflexão de Trincas (Contribution to the preparation of a method of a project for rehabilitation of asphaltic pavements using geosynthetics on anti-reflective crack systems). Ph.D.-thesis, Technological Institute of Aeronautics, São José dos Campos, Brazil.
- Montestruque G.E., Rodrigues R.M., Nods M., Elsing A., (2004), Stop of reflective crack propagation with the use of PET geogrid as asphalt overlay reinforcement, Fifth International RILEM Conference, Limoges, France.

Monser C.A., Montestruque G.E., Silva A.E.F., (2010), Evaluation of an airport pavement after almost 8 years of overlay rehabilitation with a Polyester geogrid asphalt reinforcement, 9th International Conference on Geosynthetics, Brazil.

RWTH Aachen, (2008), Institute of Road and Traffic Engineering, Untersuchung der Asphaltbewehrung HaTelit® auf das Fräsverhalten von Asphalt und der Wiederverwertung des Ausbauasphaltes. 202