

IAG297-05-2013
ESTUDIO DE UNA GEOGRILLA EN REFUERZOS ASFÁLTICOS A TRAVÉS DE LA COMPRESIÓN DIAMETRAL.

Daniel Fernández Arnau (1)
fer.arnau.daniel@gmail.com

Luis Agustín Ricci (2)
iricci@frlp.utn.edu.ar

Hector Luis Delbono (2)
delbonoluis@hotmail.com

Gerardo Botasso (2)
gbotasso@frlp.utn.edu.ar

Gustavo Bolla (1)
bollagustavo@arnet.com.ar

- (1) UTN – Facultad Regional Paraná, Argentina
(2) LEMaC, Centro de Investigaciones Viales – UTN – Facultad Regional La Plata, Argentina

Resumen

Las geogrillas comercializadas como retardador de fisuras reflejas, en pavimentos asfálticos actúan a través de la absorción de las tensiones de tracción generadas en la masa asfáltica.

Se ha implementado un ensayo que genera tracción en el plano del material de refuerzo, poniendo de manifiesto la interacción del sistema mezcla asfáltica – geogrilla. Los valores de tensión de tracción se hallan en forma indirecta por medio de cálculos, a través de la aplicación de cargas conocidas de compresión diametral sobre especímenes cilíndricos de dimensiones establecidas, y confeccionados con mezcla asfáltica de propiedades mecánicas estudiadas.

Un segundo efecto que se pretende ilustrar en este trabajo, es la transformación de una única fisura principal en varias microfisuras diseminadas en una longitud extendida, en caso de que el mecanismo anti fisuras reflejas funcione como lo predice la teoría, evidenciando la variación de la resistencia a compresión diametral al realizar la comparativa entre muestras con y sin refuerzo ante las mismas condiciones de confección de probetas y ensayo.

Otro análisis que se ha abordado, consiste en el estudio de la variación del módulo de rigidez (según norma UNE-EN 12697-26) sobre muestras con y sin refuerzo. Esta determinación se realiza por medio de equipamiento con parámetros de temperatura, frecuencia y carga controlados, capaz de emitir pulsaciones de carga en forma neumática.

Las temperaturas de ensayo quedan comprendidas entre los escalones de 5 °C, 25 °C y 40 °C para el caso de los ensayos por carga estática (compresión diametral) llevando las probetas a la rotura. Mientras que en la determinación del módulo de rigidez se emplean temperaturas de 5 °C, 25 °C y 40 °C, contemplando a su vez la aplicación de distintas frecuencias (0,33 Hz; 0,50 Hz; 1,00 Hz; y 5,00 Hz) para cada escalón de temperatura.

Resumo

As geogrelhas comercializadas como retardador de fissuras reflexas em pavimentos betuminosos atuam por absorção das tensões de tração geradas na massa betuminosa.

Foi implementado um ensaio que gera tração no plano do material de reforço, pondo em evidência a interação do sistema mistura betuminosa-geogrelha. Os valores da tensão de tração são determinados indiretamente por meio de cálculos, com a aplicação de cargas conhecidas de compressão diametral em corpos de prova cilíndricos de dimensões definidas, preparados a partir de mistura betuminosa com propriedades mecânicas estudadas.

Um segundo efeito que se pretende ilustrar neste trabalho é a transformação de uma única fissura principal em várias microfissuras numa grande extensão caso o mecanismo antifissuras reflexas funcione conforme indicado pela teoria, evidenciando-se a variação da resistência à compressão diametral ao realizar a comparação entre amostras com e sem reforço para as mesmas condições de preparação e ensaio dos corpos de prova.

Outra análise realizada consiste no estudo da variação do módulo de rigidez (segundo a norma UNE-EN 12697-26) em corpos de prova com e sem reforço. Essa determinação é feita, para parâmetros de temperatura, frequência e carga controlados, por meio de um equipamento capaz de gerar impulsos de carga de forma pneumática.

As temperaturas de ensaio correspondem aos patamares de 5 °C, 25 °C e 40 °C para os ensaios com carga estática (compressão diametral), sendo os corpos de prova levados à ruptura. Na determinação do módulo de rigidez são usadas temperaturas de 5 °C, 25 °C e 40 °C, com a aplicação de cargas a diferentes frequências (0,33 Hz, 0,50 Hz, 1,00 Hz, e 5,00 Hz) para cada patamar de temperatura.

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

El presente trabajo ha sido realizado conjuntamente entre la **Facultad Regional Paraná** (FRP), y el **LEMaC** Centro de Investigaciones Viales de la Facultad Regional La Plata (FRLP) de la Universidad Tecnológica Nacional. En el mismo se evalúa la respuesta mecánica de una mezcla asfáltica convencional, reforzada mediante la colocación de un producto geosintético. La evaluación se efectúa mediante ensayos que contemplan esfuerzos de tracción indirecta por compresión diametral, ya sea mediante sollicitación estática o dinámica. Los resultados obtenidos se comparan con la respuesta de probetas sin la incorporación del producto geosintético en la inter fase.

Se plantean los siguientes objetivos:

- Ampliar el conocimiento sobre la variación de la respuesta estática y dinámica de las mezclas asfálticas reforzadas con geosintéticos, mediante la determinación del módulo de rigidez, como así también la resistencia a la tracción indirecta.
- Interpretar el mecanismo de acción que ejerce el refuerzo geosintético para oponerse a la transmisión de fisuras por reflexión.

Al respecto se estudian los siguientes casos:

1. Carpeta asfáltica reforzada con mezcla asfáltica, sin incorporación de un geosintético en la inter fase.
2. Carpeta asfáltica reforzada con mezcla asfáltica, con la incorporación de un geosintético en la inter fase.

2. DESARROLLO

2.1 Descripción general

La investigación se basa en evaluar la respuesta mecánica de un grupo de probetas elaboradas con dos capas de mezcla asfáltica construidas en forma independiente, en las cuales se ha incorporado un producto geosintético en la inter fase, adherido mediante un riego asfáltico, y compararlas con otro grupo elaborado de la misma manera sin la incorporación de dicho producto.

El geosintético de refuerzo se ubicó en coincidencia con el plano horizontal que pasa por el centro de la sección de la probeta cilíndrica, en el cual se generó indirectamente el esfuerzo de tracción, a través de la ejecución de ensayos de tracción por compresión diametral y de módulo de rigidez. Ver Figura 1.

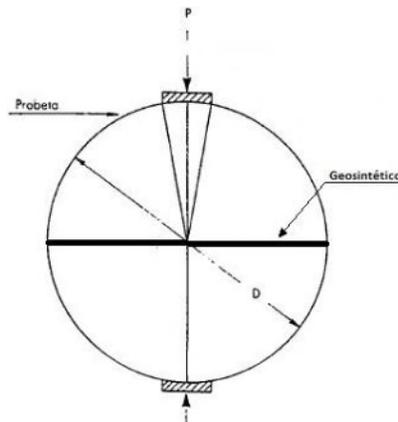


Figura 1. Ubicación del refuerzo geosintético respecto de la aplicación de carga

2.2 Marco normativo

Las normas seleccionadas para la ejecución de los ensayo del presente trabajo, han sido las siguientes:

- Ensayo de Tracción Indirecta por compresión diametral: Norma NLT-346/90.
- Ensayo de Módulo de Rigidez de mezclas asfálticas: Norma EN 12697-26.

2.3 Materiales empleados

2.3.1 Mezcla Asfáltica

Para la obtención de la mezcla asfáltica, se contó con la colaboración de la repartición pública de la ciudad de La Plata y de una empresa constructora de la región. La misma es empleada en las obras viales urbanas de la zona y provino de una planta asfáltica, cuya elaboración se efectúa bajo una dosificación y producción debidamente controladas. El esqueleto granular está conformado por áridos triturados de naturaleza granítica con incorporación de cal como filler. Los ensayos realizados sobre la mezcla asfáltica han sido los siguientes: Análisis granulométrico, Contenido de cemento asfáltico, Ensayo Marshall, Densidad Rice.

Análisis granulométricos:

En la Tabla 1 y en la Figura 2 se indican las características granulométricas de los áridos componentes de la mezcla, en muestras extraídas a pie de planta.

Contenido de cemento asfáltico:

Se determinó el contenido de cemento asfáltico por recuperación, según la Norma VN-E69-78, resultando de 4,8%. Además se conoce que el cemento asfáltico empleado es del tipo CA-20, con las siguientes características según Norma IRAM 6835.

- Viscosidad a 60 °C (dPa s) 1600 a 2400
- Viscosidad a 135 °C (mPa s) 300
- Índice de penetración de Pfeiffer -1,5 a +0,5

Tabla 1. Granulometría de los áridos recuperados en planta

Tamiz	% que pasa		
	Límite inferior según especificaciones	Curva de salida de planta	Límite superior según especificaciones
3/4	100	100	100
1/2	85	86,6	100
Nº 4	53	54,4	80
Nº 10	35	37,2	60
Nº 40	20	22,8	40
Nº 80	10	10,8	30
Nº 200	3	3,8	10



Figura 2. Curva granulométrica típicas de la mezcla asfáltica utilizada.

Ensayo Marshall (DNV-E9-86):

En la Tabla 2 se indican los valores del ensayo realizado en los tres cuerpos de prueba efectuados, según la norma mencionada.

Tabla 2. Ensayo Estabilidad- Fluencia-Marshall

Nº	Probeta				Ensayo				Relación E/F	Vacíos (%)
	Peso en aire (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Lectura del dial		Estabilidad (MPa)	Fluencia (mm)		
					divisiones	Factor				
1	1208,4	687,0	521,4	2,318	128	1,0	1056	3,0	3520	5,0
2	1207,9	691,0	516,9	2,337	146	1,0	1205	2,8	4303	4,3
3	1200,9	684,6	516,3	2,326	128	1,0	1056	3,4	3106	4,7
Promedio:				2,327						

Ensayo de Densidad Rice:

En la Tabla 3 se indican los valores del ensayo realizado

Tabla 3. Determinación de la densidad Rice

Peso Muestra (g)	P1	904,0
Volumen Muestra (cm ³)	V1	370,4
Dmáx (Densidad Rice) (g/cm ³)	Dr=P1/V1	2,441

2.3.2 Emulsión Asfáltica

La emulsión asfáltica se colocó en la inter capa que coincide con el plano medio horizontal de los cuerpos de prueba. Su función fue la de adherir la capa nueva superior y la existente inferior de la mezcla asfáltica.

En el caso del empleo de geosintéticos, mediante la misma se adhirió el refuerzo con la capa asfáltica existente. La posterior adherencia entre dicho refuerzo y la nueva capa asfáltica, dadas las especificaciones técnicas del producto geosintético utilizado, se realizó sin un nuevo riego de emulsión. No obstante es importante acotar que algunos productos similares de otros fabricantes necesitan un riego adicional de adherencia. Se empleó una emulsión asfáltica del tipo catiónica de rotura rápida, de características similares a la empleada en la mayoría de las obras de la región, para la ejecución de los riegos de liga. Sus propiedades técnicas se pueden apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de la Emulsión Asfáltica

Ensayo	Unidad	Norma IRAM	Valor	Límite Inferior	Límite Sup.
Sobre la emulsión					
Viscosidad Saybolt – Furol a 25 °C	SSF	6721	32	20	--
Residuo asfáltico por destilación	%	6719	62,5	62	--
Residuo sobre tamiz IRAM 850 µm (#20)	%	6717	0,04	--	0,1
Sobre el residuo asfáltico					
Penetración (25 °C, 100g, 5s)	0,1 mm	6576	86	70	100

Para elegir la dotación apropiada se recurrió al Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), en el cual bajo el título de Tratamiento bituminoso superficial de sellado (Sección D.III – Pag. 127) se cita que la dotación para una emulsión catiónica de rotura rápida o media debe estar comprendida entre los valores de 0,4 a 0,9 (lt/m²) de residuo asfáltico. En vistas de lo anterior y en conocimiento de que la capa de asfalto sobre la cual ha de aplicarse dicha emulsión presenta un buen estado superficial, debido a que fue ejecutada específicamente para la ejecución del ensayo, se adoptó la dotación mínima especificada de 0,4 (lt/m²) para el moldeo sin refuerzo. Para el caso de los bloques elaborados con refuerzo geosintético, se recurrió a una fuente bibliográfica más específica (Ricci, 2011). Se demuestra experimentalmente que la dotación óptima de emulsión asfáltica para instalación de geosintéticos en términos de adherencia se alcanza para valores de 0,6 (lt/m²) de residuo asfáltico.

2.3.3 Geosintético

El geosintético empleado como refuerzo de la capa asfáltica se compone de un producto mixto combinando una geogrilla de poliéster recubierta de material bituminoso que mejora la adherencia, con un no tejido ultra liviano que facilita la instalación del conjunto a las capas asfálticas.

Para la constatación de la resistencia de la geogrilla, se efectuaron ensayos de tracción según norma IRAM 78012, “Geotextiles y productos relacionados – Ensayo de tracción con probetas anchas”. Siguiendo lo indicado por la norma, se realiza el cálculo de la resistencia a tracción por unidad de longitud de la geogrilla.

$$\sigma_f = F_f \times C \quad (1)$$

Donde:

σ_f es la resistencia a la tracción (Kilonewton por metro)

F_f es la carga máxima registrada (Kilonewton)

C es un coeficiente según el tipo de producto. Para el caso de la geogrilla analizada, C = 5

Finalmente, la resistencia a la tracción ha sido:

Dirección principal (σ_f)' = 8,29 x 5 = 41,45 (KN/m) para una deformación promedio de 17,3 mm

Dirección perpendicular (σ_f)" = 6,11 x 5 = 30,55 (KN/m) para una deformación promedio de 13,9 mm

2.4 Confección de las probetas

Cada uno de los ensayos involucró dos tipos de muestras fabricadas con la misma mezcla asfáltica:

- Tipo 1: Sin refuerzo geosintético y con plano de transición o interfase.
- Tipo 2: Con refuerzo geosintético en el diámetro horizontal que materializa la interfase.

Por otro lado, las probetas empleadas en los ensayos de tracción indirecta por compresión diametral se confeccionaron con una pre fisura con la intención de generar una discontinuidad a partir de la cual se desarrollará una fisura durante la ejecución del ensayo destructivo, mientras que las probetas destinadas a la determinación de los módulos dinámicos se proyectaron continuas, dado que este ensayo es del tipo no destructivo y cada probeta se empleó para repetidamente.

En base a los dos argumentos anteriores, se empleó un total de cuatro tipos de cuerpos de prueba:

- Sin geogrilla - sin pre fisura (Módulo de Rigidez)
- Sin geogrilla - con pre fisura (Tracción Indirecta)
- Con geogrilla - sin pre fisura (Módulo de Rigidez)
- Con geogrilla - con pre fisura (Tracción Indirecta)

Las dimensiones de las probetas se seleccionaron en base a la norma UNE-EN 12697, Sección C.3.1.1, considerando que en el espesor de las mismas queden incluidos un total de dos espacios (dos fibras resistentes más dos separaciones). Quedando probetas constituidas de 100 mm de diámetro y 75 mm de espesor.

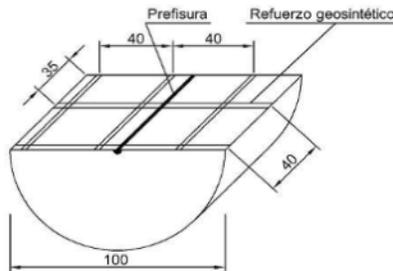


Figura 3. Semi sección de una probeta de ensayo

El proceso de elaboración de las probetas ha sido un punto vital en este trabajo. Para el cual tuvieron que ser elaborados moldes ad hoc a los fines de moldear grandes panes de los paquetes estructurales a ensayar, de los cuales luego, son extraídos mediante núcleos calados o testigos de ensayo y a posterior son seccionados para obtener el espesor adecuado de las probetas.

La secuencia de Figuras que se presenta a continuación, representa los pasos del moldeo seguidos en el laboratorio.

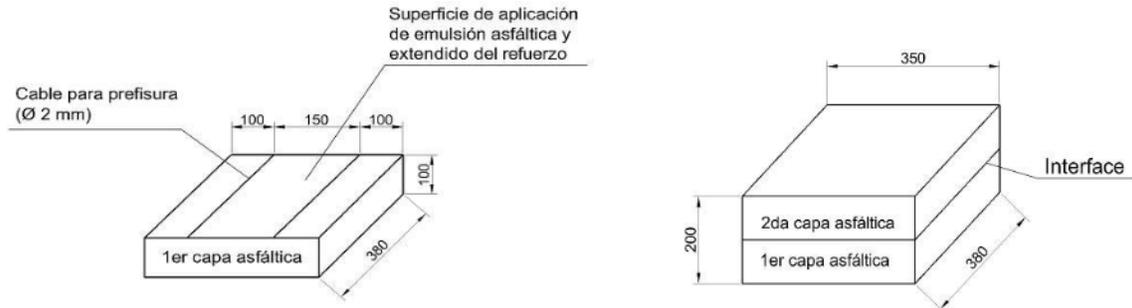


Figura 4. Elaboración de los cuerpos de prueba. Primera capa de 10 cm de espesor. Luego inter fase y segunda capa con o sin geosintético según corresponda

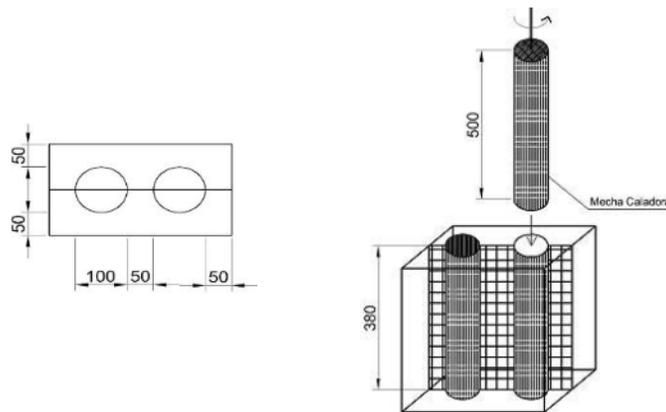


Figura 5. Elaboración de los cuerpos de prueba. Extracción de probetas con caladora

2.5 Ejecución de los ensayos

La influencia de la temperatura sobre la conducta de una mezcla asfáltica ante la acción de cargas se puede describir a grandes rasgos como dos condiciones antagónicas. Las bajas temperaturas brindarán un comportamiento rígido de la mezcla donde la aparición de fisuras y su correspondiente propagación serán aquellos fenómenos que determinen su capacidad de carga. Por el contrario, las altas temperaturas producirán una mezcla menos rígida, dando deformaciones permanentes mayores, para un mismo estado de tensiones, en este caso la rotura se alcanza por deformaciones excesivas. Por otro lado el objetivo de este estudio es el análisis del desempeño del refuerzo geosintético el cual es concebido como anti propagación de las fisuras, resulta lógico entonces el empleo de temperaturas medias - bajas, probando la concentración de tensiones característica de una fisura con la consecuente tracción que ha de ser resistida por el producto geosintético poniendo de manifiesto su aporte resistente. Finalmente, empleando este criterio, y recomendaciones de diversas normas y trabajos realizados, se decidió el empleo de los escalones de temperatura de 5, 25 y 40°C.

2.5.1 Ensayo de tracción Indirecta por Compresión Diametral (NLT-346/90)

Los cuerpos de prueba permanecieron 24 horas bajo condiciones de temperatura controlada al valor del ensayo. Para el acondicionamiento se empleó baño maría sumergiendo las probetas en agua a temperatura controlada. Inmediatamente antes de ejecutarse el ensayo fueron retiradas para ser dispuestos en la prensa procediendo a la aplicación de la carga a la velocidad

preestablecida $0,85 \pm 0,02$ mm/s (50 mm/min), llevando la muestra hasta la rotura. En las siguientes Tablas se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 7. Tracción Indirecta. Ensayo a 5°C

Tracción Indirecta por Compresión Diametral – Resistencia a 5 °C										
	Probeta			Nro. Aro	Cte. Aro (Kg/div)	Lectura (div)	Carga (Kg)	Promedio (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
	Nro.	Diám. (mm)	Altura (mm)							
Sin refuerzo	B12	87,1	71,3	340	8,25	350	2887,50	2657,75	29,62	28,10
	B23	87,0	66,6	348	13,82	220	3040,40		33,42	
	D14	87,1	70,3	348	13,82	148	2045,36		21,28	
Con refuerzo	A11	87,1	69,6	348	13,82	243	3358,26	3008,15	35,28	31,58
	A24	87,0	69,1	348	13,82	185	2556,70		27,09	
	C12	87,4	70,0	348	13,82	225	3109,50		32,37	

Tabla 8. Tracción Indirecta. Ensayo a 25°C

Tracción Indirecta por Compresión Diametral – Resistencia a 25 °C										
	Probeta			Nro. Aro	Cte. Aro (Kg/div)	Lectura (div)	Carga (Kg)	Promedio (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
	Nro.	Diám. (mm)	Altura (mm)							
Sin refuerzo	B22	87,1	71,6	348	13,82	78	1077,96	1119,42	11,01	12,32
	B11	87,0	63,8	348	13,82	82	1133,24		13,00	
	D12	85,8	65,8	348	13,82	83	1147,06		12,94	
Con refuerzo	A13	87,1	68,8	348	13,82	112	1547,84	1322,11	16,45	14,22
	A23	87,6	66,1	348	13,82	90	1243,80		13,68	
	C13	87,5	68,3	348	13,82	85	1174,70		12,52	

Tabla 9. Tracción Indirecta. Ensayo a 40°C

Tracción Indirecta por Compresión Diametral – Resistencia a 40 °C										
	Probeta			Nro. Aro	Cte. Aro (Kg/div)	Lectura (div)	Carga (Kg)	Prom. (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Prom. (Kg/cm ²)
	Nro.	Diám. (mm)	Altura (mm)							
Sin refuerzo	B14	87,2	69,4	340	8,25	79	651,75	574,75	6,86	6,02
	B21	87,1	67,3	340	8,25	59	486,75		5,29	
	D11	87,7	71,9	340	8,25	71	585,75		5,92	
Con refuerzo	A12	87,4	68,6	340	8,25	78	643,50	569,25	6,84	6,02
	A22	87,0	71,0	340	8,25	78	643,50		6,64	
	C14	87,4	66,9	340	8,25	51	420,75		4,58	

2.5.2 Ensayo de Módulo de Rigidez (UNE - EN 12697 -26)

Los cuerpos de prueba permanecen 24 horas en cámara cerrada bajo condiciones de temperatura controlada al valor del ensayo, en el mismo recinto de acondicionamiento se ubica la máquina de ensayos permitiendo realizar las operaciones de instalación y ensayo a temperatura constante. Se procede a dar comienzo al ensayo, generando 10 pulsos de carga de pre acondicionamiento y acto seguido la aplicación de las cinco pulsaciones con las cuales se registran las cargas y deformaciones y se generan las curvas de esfuerzos y de deformaciones horizontales respecto del tiempo. Para cada escalón de temperatura (5, 25 y 40 °C) se ejecutaron los ensayos con las siguientes frecuencias de aplicación de carga: 0,33; 0,50; 1,00; y 5,00 Hz. Los ensayos válidos fueron promediados y se obtuvieron valores de Módulo de Rigidez. En las siguientes Figuras se muestran los resultados obtenidos.

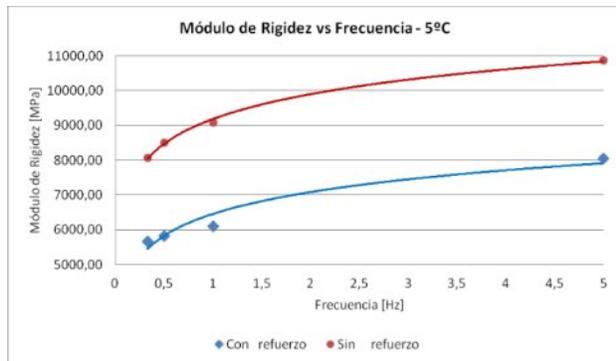


Figura 6. Resultados de Módulo de Rigidez – Temperatura 5 °C

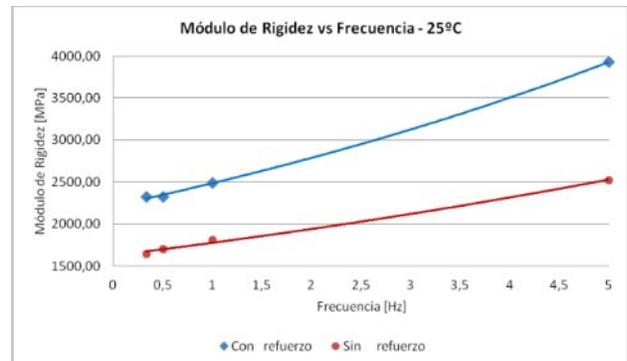


Figura 7. Resultados de Módulo de Rigidez – Temperatura 25 °C

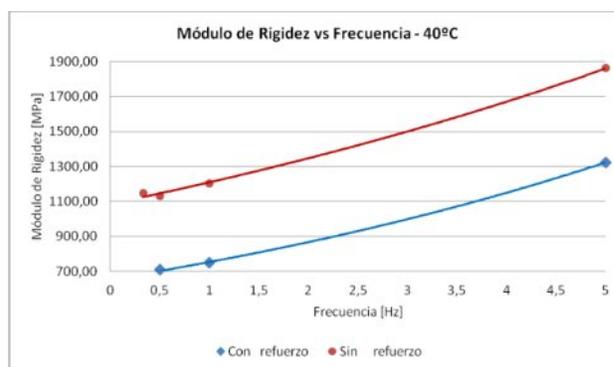


Figura 8. Resultados de Módulo de Rigidez – Temperatura 40 °C

2.6 Discusión de los resultados

En el ensayo de Tracción Indirecta, en general se evidencia un efecto positivo en la resistencia en las pruebas con refuerzo geosintético produciendo un incremento en sus valores que variará según la temperatura de ensayo. En la prueba a 5 °C los especímenes con refuerzo brindaron una resistencia 12,4% mayor que aquellos sin refuerzo. En la prueba a 25 °C este porcentaje de aumento en la resistencia a tracción indirecta pasa a ser un 15,4%. Finalmente para la prueba de los 40 °C los valores de resistencia final dieron un mismo promedio. De aquí se concluye que el refuerzo influye positivamente en la resistencia a tracción indirecta aumentándola y este aumento es máximo a los 25 °C. Adicionalmente para temperaturas mayores a 25 °C el incremento de resistencia a tracción indirecta gracias a la incorporación de una geogrilla en su inter fase se reduce a un ritmo de aproximadamente cuatro veces más rápido que para las temperaturas menores a 25°C.

De los ensayos de Módulo de Rigidez se puede decir que, se aprecia una proporcionalidad entre la frecuencia de ensayo y los valores de módulo dinámico obtenidos, siendo mayores estos últimos cuando aumentan los primeros. Además durante la construcción de las curvas mostradas en las Figuras 6, 7 y 8 se apreció una dispersión notablemente mayor de los valores de Módulo, para la frecuencia de 5 Hz, respecto al caso de bajas frecuencias donde es apreciable la concentración de los valores obtenidos. Se evidencia una influencia positiva de la presencia del refuerzo en el escalón de temperatura de 25 °C, produciendo un incremento en los valores de Módulo de Rigidez obtenidos. Esta influencia no se presentó para los dos escalones de

temperatura restantes, apreciándose, por el contrario, una disminución de los valores. Éste fenómeno puede verse justificado en el hecho que el ensayo de Módulo de Rigidez trabaja en un rango de cargas y deformaciones recuperables, por lo tanto en la baja deformación que el material trabaja no pueden desarrollarse las resistencias de tracción que aportan las geogrillas. En ese caso la geogrilla pasa a ser una discontinuidad que no aporta al monolitismo de la estructura, y por ende redundante en menores valores de Módulo de Rigidez.

CONCLUSIONES

Los objetivos iniciales de este trabajo se limitaron al desarrollo de una nueva herramienta para el estudio de mezclas asfálticas con inter capa de productos geosintéticos, en particular geogrillas, en caso que la misma resulte técnica y económicamente viable.

Se ha logrado entender de mejor manera el mecanismo de acción que ejerce el refuerzo geosintético para oponerse a la transmisión de fisuras por reflexión. El cual requiere una deformación apreciable en el plano de discontinuidad para permitir su desarrollo.

En el ensayo de Tracción Indirecta por compresión diametral, se puede concluir que una mezcla a 5 °C tiene un comportamiento elástico mayor y frágil, la presencia de la geogrilla permite “coser” la zona de mayores deformaciones colaborando en la resistencia puesto que la carga de rotura se alcanza cuando se supera la capacidad de compresión, tendiente a una rotura frágil sin acusar grandes deformaciones. Para temperaturas mayores a los 40°C la mezcla es suficientemente viscosa admitiendo mayores deformaciones antes de la rotura, permitiendo un deslizamiento por la superficie de la geogrilla, anulando el efecto de “costura” que la misma es capaz de proporcionar en el caso de una respuesta más elástica de la muestra.

Para el caso de la evaluación mediante el ensayo de Módulo de Rigidez, no se pudieron constatar los beneficios de la incorporación de la geogrilla como elemento de refuerzo en la inter fase fuera del entorno de temperaturas de 25 ± 5 °C, dado que el rango de cargas y deformaciones producidas se mantiene dentro del límite recuperable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NORIEGA, M.H.L. (2010). Tesis de Maestría. Relación entre el Módulo Resiliente hallado por Retrocálculo y el encontrado en Ensayos de Laboratorio. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
2. HILLS, J.F. & HEUKELOM, W. (1971). Steifigkeitsmodul und Poissonzahl von Asphalt. Revista Bitumen 5/71. Holanda.
3. RICCI, L. (2011). Tesis de Maestría en Ingeniería del Transporte - Orientación Vial. Evaluación de la Adherencia entre Capas Asfálticas con Intercapa de Geosintético. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
4. KOERNER, R.M. (2005). Designing with Geosynthetics. Prentice Hall. Estados Unidos.
5. BOTASSO, G., FENSEL, E y RICCI, L. (2004). Caracterización de Geosintéticos para uso vial. Comisión Permanente del Asfalto. Argentina.
6. BASTOS, G.A. (2010). Dissertacao de Mestrado. Comportamiento Mecánico de Misturas Asfálticas Reforcadas com Geogrelhas para Pavimentos Flexiveis. Pontificia Universidade Católica de Rio de Janeiro. Brasil.