



ANÁLISIS DE PROPAGACIÓN DE FISURA DE DIFERENTES LIGANTES ASFÁLTICOS MEDIANTE ENSAYO PFRC

Luisa Karina Vargas Jara¹, Pedro Limón Covarrubias², Maricarmen Magaña Orozco³

¹ Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México, lu.varj@gmail.com

² Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México, pedro.limon@acaemicos.udg.mx

³ Asphalt Pavement & Construction Laboratories, Ixtlahuacán de los Membrillos, México, mezclas@apcl.mx

Resumen

Los pavimentos están sometidos a una serie de factores, ya sean climatológicos o las mismas condiciones de diseño, por lo que sufrirá deterioros estructurales que afecten su periodo de utilidad. El agrietamiento es un ejemplo de estos fallos y es una de las más frecuentes.

Actualmente, se utilizan pruebas de desempeño que permiten a la mezcla asfáltica determinar su falla por aplicación de resistencia a la tensión estática o dinámica, uno de los más usuales es el ensayo de fatiga, el cual utilizando la simulación de cargas reales ofrece una idea del comportamiento de la mezcla en campo, sin embargo, es un ensayo el cuál presenta múltiples dificultades tanto en tiempo como en equipo, con el paso del tiempo se han desarrollado diferentes ensayos los cuales logran una predicción del agrietamiento y son más sencillos de realizarse.

En el presente trabajo se evaluará mediante el dispositivo de rueda cargada de Hamburgo (HWT) la propagación de fisura en rueda cargada (PFRC) en mezclas con diferente tipo de asfaltos, esto bajo una serie de condiciones preestablecidas, para generar diferentes grados de deflexión en las mismas. Las probetas serán sometidas a una deflexión determinada mediante carga cíclica. Los resultados que obtenidos serán las repeticiones de carga respecto al avance de la fisura en la muestra. En el que se observará la aparición, crecimiento y modo de agrietamiento.

Con los resultados interpretados de la Prueba de Fisura mediante Rueda Cargada (PFRC) se creará un gráfico al cual se ha llamado ley de propagación, en donde se coloca en un eje el desplazamiento inducido y en el otro eje las repeticiones alcanzadas. De esta forma pudiendo diferenciar la resistencia que le otorga cada asfalto a las diferentes mezclas, en lo que se refiere a la propagación de fisura y resistencia a la carpeta asfáltica.

Palabras Clave: pavimento, deterioro, agrietamiento.

1 Introducción

El proceso evolutivo experimentado por las vías terrestres ha suscitado un genuino interés en profundizar aún más en el conocimiento de los diversos materiales y composiciones que conforman la estructura del pavimento. Este interés se refleja a través de la variedad de métodos de diseño existentes hasta la fecha y la capacidad para simular de manera precisa el comportamiento de las mezclas asfálticas. Las mezclas asfálticas exhiben un comportamiento mecánico de naturaleza compleja, dado que su desempeño se encuentra vinculado a factores tales como la temperatura, las cargas de tráfico, la duración de la aplicación de dichas cargas y algunos defectos constructivos, estos factores de deterioro disminuyen la comodidad del



usuario, inducen daños sustanciales en la estructura del mismo, provocando un impacto considerable tanto en su rendimiento funcional como en su vida útil [1, 2, 3].

La clasificación de los deterioros se agrupa en 5 subcategorías principales [3].

- Desprendimientos
- Alisamientos
- Exposición de agregados
- Deformaciones
- Agrietamientos

El agrietamiento por fatiga es uno de los principales y más frecuentes modos de falla de los pavimentos flexibles, este tipo de deterioro inicia en el extremo inferior de la capa asfáltica y se propaga por la misma con la constante aplicación de cargas hasta que aparece en la superficie, este deterioro está influenciado por factores estructurales de la carpeta asfáltica, así como las propiedades de los materiales con los que fue construido y las tensiones térmicas dadas por las variaciones de temperatura [4, 5].

En resumen, las fisuras por fatiga clásicas en el pavimento se originan en áreas débiles donde las cargas pesadas de tráfico generan deformaciones en la capa de mezcla asfáltica. Estas deformaciones dan inicio a las fisuras, que luego se propagan hacia la superficie. A lo largo de 40 años, se ha investigado ampliamente la propiedad de fatiga, lo que ha llevado a un mejor entendimiento de este mecanismo de falla y al desarrollo de equipos de laboratorio, como la viga de fatiga a flexotracción. Existen diferentes métodos de ensayo para determinar la susceptibilidad de la mezcla al agrietamiento, estos ensayos se relacionan directamente con la capacidad de soportar carga a largo plazo, el más común es el ensayo de fatiga el cual fue diseñado para hacer una simulación de la flexión experimentada por la carpeta asfáltica en una estructura de pavimento, sin embargo, este ensayo presenta una variabilidad del 50% en sus resultados y este ensayo es un proceso lento, que puede llevar varias semanas para obtener una sola curva de fatiga, se utiliza principalmente como un criterio de aceptación en lugar de un método de prueba en la producción del pavimento [4, 5, 6].

En los últimos años se han desarrollado diferentes ensayos para evaluar el agrietamiento como lo son Ensayo Overlay, Ensayo de tracción indirecta (IDT), Ensayo Semicircular Bending (SCB), Ensayo de Tensión Directa (DT) y Tensión Directa en Forma de Disco Compacto (DSCTT), entre otros, los cuales involucran tiempos de ensayo más cortos que con respecto al ensayo de fatiga, y no requieren de equipos muy sofisticados para su desarrollo, para eficientizar los tiempos de análisis y la variación entre los resultados que estos ensayos nos arrojen se requiere que sea necesario evaluar y realizar ensayos que faciliten la realización de los mismos y de secciones a escala natural para estudiar el comportamiento de diferentes estructuras y los cuales presenten una variabilidad menor en sus resultados [5, 6].

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es proponer una metodología de evaluación de agrietamiento con el equipo de Rueda Cargada de Hamburgo, mediante el análisis de fisuración que toma en cuenta la deflexión máxima contra el número de ciclos a la falla. Se compararon resultados con vigas de mezcla asfáltica, con las cuales se fabricaron vigas de 6.3 y 8.7 cm de espesor y con claros para el agrietamiento de 1.5, 3.0 y 4.5 cm., teniendo estos mismos parámetros en 5 asfaltos los cuales fueron modificados con diferentes polímeros.

2 Metodología

Se realizó la caracterización de 5 diferentes asfaltos los cuales son identificados como 001, 002, 003, 004 y 005, de los cuales se fabricaron losas de mezcla asfáltica densa de alto desempeño con tamaño nominal

de $\frac{3}{4}$ ", de las cuales se obtuvieron vigas de 6.3 y 8.7 cm de espesor y claros de distancia para inducir el agrietamiento de 1.5, 3.0 y 4.5 cm, después de esto se llevo a cabo un análisis para evaluar la variabilidad de los datos y definir la mejor metodología para realizarlo.

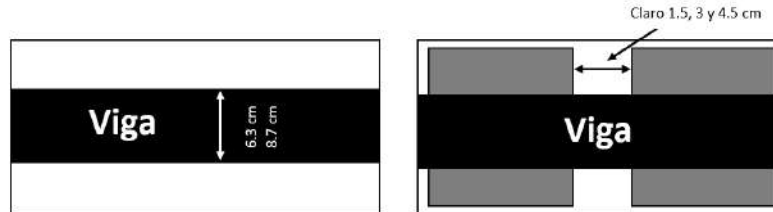


Figura. 1. Dimensiones de vigas y claros.

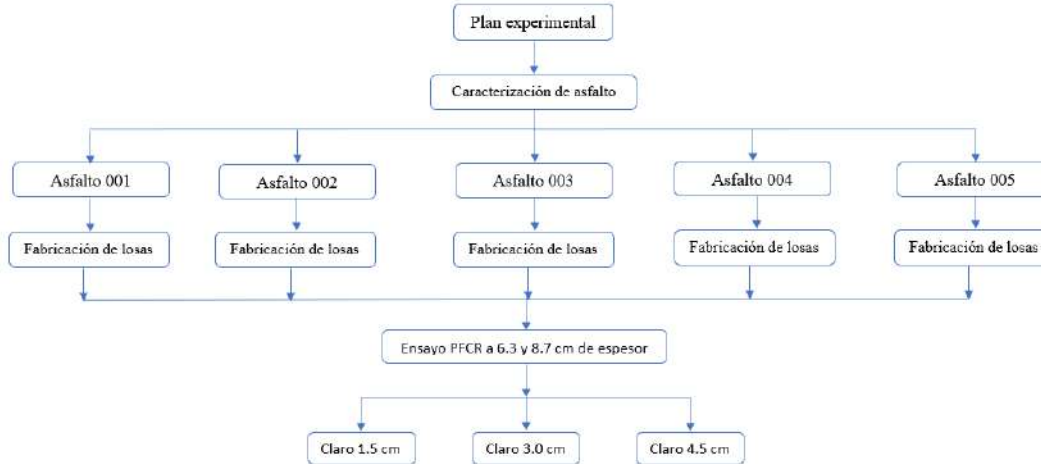


Figura. 2. Plan experimental.

3 Caracterización del asfalto

Se llevo a cabo la caracterización de los diferentes asfaltos un asfalto PG 64-22 (001), el cual fue la base para los siguientes asfaltos modificados con PPA (002), SBS, azufre y PPA (003), RET con PPA (004), y SBS y azufre (005), respectivamente, de los cuales sus resultados se muestran en las Tabla 1 Tabla 2 Tabla 3 Tabla 4 Tabla 5.

Tabla 1. Caracterización del asfalto 001.

Ensayo	Método de prueba	Resultado
Asfalto Original		
Visc. Rotacional Brookfield a 135°C; Pa.s (cP)	ASTM D4402 [7]	602.23
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s; (dmm)	M-MMP-4-05-006 [9]	53.00
Punto de Reblandecimiento; (°C)	M-MMP-4-05-009 [10]	53.25



Ángulo de Fase (δ) a 64°C (°)	ASTM D7175 [11]	83.1
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 64°C [G*/Sen δ] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	1.81
Temperatura de falla (°C)	-	68.8

Tabla 2. Caracterización del asfalto 002.

Ensayo	Método de prueba	Resultado
Asfalto Original		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s; (dmm)	M-MMP-4-05-006 [9]	52.4
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C; (%)	M-MMP-4-05-024 [12]	11.66
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	78.7
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [G*/Sen δ] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	1.9
Temperatura de falla (°C)	-	85.2
Después de RTFO		
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	69.3
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [G*/Sen δ] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	3.45
Respuesta elástica, RE 3.2 kPa en MSCR a 76°C; (%)	ASTM D7405 [13]	30.42
Jnr3.2 a 76°C; (kPa-1)	ASTM D7405 [13]	0.416
Temperatura de falla (°C)	-	90.7

Tabla 3. Caracterización del asfalto 003.

Ensayo	Método de prueba	Resultado
Asfalto Original		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s; (dmm)	M-MMP-4-05-006 [9]	39
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C; (%)	M-MMP-4-05-024 [12]	55.55
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	76.7
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [G*/Sen δ] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	1.85
Temperatura de falla (°C)	-	81.7
Después de RTFO		
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	62
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [G*/Sen δ] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	3.74
Respuesta elástica, RE 3.2 kPa en MSCR a 76°C; (%)	ASTM D7405 [13]	49.11
Jnr3.2 a 76°C; (kPa-1)	ASTM D7405 [13]	0.2635
Temperatura de falla (°C)	-	93.8

Tabla 4. Caracterización del asfalto 004

Ensayo	Método de prueba	Resultado
--------	------------------	-----------



Asfalto Original		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s; (dmm)	M-MMP-4-05-006 [9]	55.6
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C; (%)	M-MMP-4-05-024 [12]	45
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	62.1
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [$G^*/\text{Sen}\delta$] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	1.81
Temperatura de falla (°C)	-	81.7
Después de RTFO		
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	55.9
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [$G^*/\text{Sen}\delta$] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	3.38
Respuesta elástica, RE 3.2 kPa en MSCR a 76°C; (%)	ASTM D7405 [13]	75.59
Jnr3.2 a 76°C; (kPa-1)	ASTM D7405 [13]	0.1738
Temperatura de falla (°C)	-	87.6

Tabla 5. Caracterización del asfalto 005.

Ensayo	Método de prueba	Resultado
Asfalto Original		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s; (dmm)	M-MMP-4-05-006 [9]	57.2
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C; (%)	M-MMP-4-05-024 [12]	50
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	77
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [$G^*/\text{Sen}\delta$] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	1.45
Temperatura de falla (°C)	-	78.2
Después de RTFO		
Ángulo de Fase (δ) a 76°C (°)	ASTM D7175 [11]	76.5
Módulo Reológico de Corte Dinámico a 76°C [$G^*/\text{Sen}\delta$] (Kpa)	ASTM D7175 [11]	2.26
Respuesta elástica, RE 3.2 kPa en MSCR a 76°C; (%)	ASTM D7405 [13]	35.53
Jnr3.2 a 76°C; (kPa-1)	ASTM D7405 [13]	0.39
Temperatura de falla (°C)	-	86.4

4 Fabricación de losas

Las losas fueron fabricadas con un compactador vibratorio diseñado bajo la norma española NLT 173/00 [14], este compactador consta de 2 motores, mismo que se puede ver en la Figura. 3, después fueron cortadas con una cortadora para mezcla asfáltica para obtener probetas con geometría prismática ya que este tipo de probeta proporciona una propagación adecuada, debido a que el tamaño de la probeta en la prueba de viga entallada no se encuentra estandarizado, en este caso se consideró especímenes de ancho 6.3 cm y de 8.7 cm. El espesor considerado para la probeta es de 5 cm. Se realiza una ranura de 1 cm por la parte inferior de las vigas la cual inducirá la aparición de la fisura en ellas al recibir un esfuerzo.



Figura. 3. Compactador de losas de mezcla asfáltica.

5 Ensayo Propagación de Fisura por Rueda Cargada (PFRC)

El estudio se lleva a cabo mediante probetas prismáticas que se someten a esfuerzos de flexo-tracción. El ensayo determina la vida útil de una viga sometida a estos esfuerzos de manera cíclica hasta que alcanza la falla; El dispositivo utilizado es la Rueda Cargada de Hamburgo, elegido por factores como accesibilidad, ya que es una prueba utilizada en los laboratorios de pavimentos para determinar deformaciones y esencial para determinar el desempeño de las mezclas. El ensayo se realiza en condiciones ambientales (25°C) y sin la intervención de humedad en las probetas. Los parámetros considerados difieren de los establecidos para el ensayo convencional, ya que al ser un método experimental que espera la aparición de grietas en las probetas no se define una cantidad de ciclos o de deformación. La expectativa de este estudio es el tiempo de aparición, que será menor en un claro de 4,5 cm, y considerablemente mayor en claros de 1.5 cm. En el centro de la viga se realizó una ranura de 1 cm con la finalidad de que este quedara justo en el centro del claro, el montaje de los especímenes es presentado en la Figura. 4.

Este ensayo tiene la finalidad de evaluar la propagación de fisura y velocidad de agrietamiento de una mezcla asfáltica, dentro de los objetivos de este ensayo es obtener parámetros sencillos como es resistencia medida a través de número de pasadas o tiempo, velocidad de agrietamiento o fisuración y evaluación de la deflexión máxima.

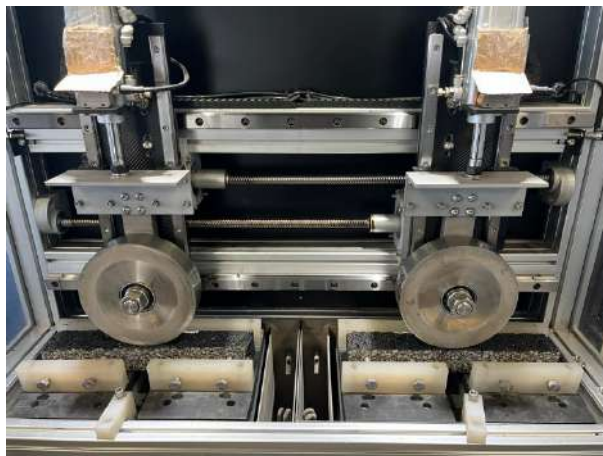


Figura. 4. Montaje de vigas en Rueda Cargada de Hamburgo.



6 Resultados.

6.1 Velocidad de propagación de fisura

Se realizó un análisis de los ciclos necesarios para propagar la fisura, considerando que será necesario más ciclos para el claro de 1.5 cm que para el de 4.5, estos resultados los veos presentados en las tablas Tabla 6, Tabla 7,

Tabla 6. Propagación de fisuras con el asfalto 001 y viga de 6.3 cm

Asfalto		Viga de 6.3 cm								
Claro		4.5			3.0			1.5		
		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
001	1 cm	6582	0.0079	0.0108	11156	0.0047	0.0051	8366	0.0062	0.0038
	2 cm	11346	0.0092		18732	0.0056		24498	0.0042	
	3 cm	12102	0.0129		29116	0.0054		64138	0.0024	
	4 cm	15632	0.0133		41422	0.005		86502	0.0024	

Tabla 7. Propagación de fisuras con el asfalto 001 y viga de 8.7 cm

Asfalto		Viga de 8.7 cm								
Claro		4.5			3.0			1.5		
		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
001	1 cm	5869	0.0089	0.0091	7894	0.0066	0.0087	53874	0.0010	0.0013
	2 cm	13534	0.0077		12460	0.0083		86960	0.0012	
	3 cm	17922	0.0087		14944	0.0104		113278	0.0014	
	4 cm	18700	0.0111		21950	0.0095		140614	0.0015	

Tabla 8. Propagación de fisuras con el asfalto 002 y viga de 6.3 cm

Asfalto		Viga de 6.3 cm								
Claro		4.5			3.0			1.5		
		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
002	1 cm	1420	0.0366	0.0459	9488	0.0055	0.0117	18710	0.0028	0.0034
	2 cm	2235	0.0465		9980	0.0104		33653	0.0031	
	3 cm	3225	0.0484		11235	0.0139		43158	0.0036	
	4 cm	4000	0.0520		12225	0.0170		51561	0.0040	

Tabla 9. Propagación de fisuras con el asfalto 002 y viga de 8.7 cm

Asfalto		Viga de 8.7 cm								
Claro		4.5			3.0			1.5		
		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
002	1 cm	3170	0.0164	0.0207	7843	0.0066	0.0068	7949	0.0065	0.0068
	2 cm	5538	0.0188		18452	0.0056		12620	0.0082	
	3 cm	7102	0.0220		22455	0.0069		26781	0.0058	
	4 cm	8122	0.0256		26110	0.0080		31221	0.0067	

Tabla 10. Propagación de fisuras con el asfalto 003 y viga de 6.3 cm

Asfalto		Viga de 6.3 cm								
Claro		4.5			3.0			1.5		
		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
003	1 cm	9258	0.0056	0.0080	40054	0.0013	0.0017	122314	0.0004	0.0005



2 cm	15628	0.0067		57530	0.0018		242330	0.0004
3 cm	17348	0.0090		84466	0.0018		257271	0.0006
4 cm	19666	0.0106		117734	0.0018		331494	0.0006

Tabla 11. Propagación de fisuras con el asfalto 003 y viga de 8.7 cm

Asfalto		Viga de 8.7 cm								
		4.5			3.0			1.5		
Claro		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
003	1 cm	26698	0.0019		26818	0.0019		56608	0.0009	
	2 cm	43768	0.0024		103506	0.0010		265876	0.0004	
	3 cm	67153	0.0023	0.0024	184130	0.0008	0.0012	517656	0.0003	0.0005
	4 cm	73244	0.0028		207396	0.0010		553490	0.0004	

Tabla 12. Propagación de fisuras con el asfalto 004 y viga de 6.3 cm

Asfalto		Viga de 6.3 cm								
		4.5			3.0			1.5		
Claro		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
004	1 cm	15522	0.0034		39192	0.0013		131454	0.0004	
	2 cm	22376	0.0046		117386	0.0009		244794	0.0004	
	3 cm	32944	0.0047	0.0043	153562	0.0010	0.0011	264908	0.0006	0.0005
	4 cm	46288	0.0045		167456	0.0012		412533	0.0005	

Tabla 13. Propagación de fisuras con el asfalto 004 y viga de 8.7 cm

Asfalto		Viga de 8.7 cm								
		4.5			3.0			1.5		
Claro		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
004	1 cm	2242	0.0232		53020	0.0010		130818	0.0004	
	2 cm	10858	0.0096		49348	0.0021		229878	0.0005	
	3 cm	21940	0.0071	0.0119	61538	0.0025	0.0019	240046	0.0006	0.0006
	4 cm	26330	0.0079		96788	0.0021		276344	0.0008	

Tabla 14. Propagación de fisuras con el asfalto 005 y viga de 6.3 cm

Asfalto		Viga de 6.3 cm								
		4.5			3.0			1.5		
Claro		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
005	1 cm	6486	0.0080		25682	0.0020		282668	0.0002	
	2 cm	10298	0.0101		47818	0.0022		302714	0.0003	
	3 cm	20852	0.0075	0.0082	83830	0.0019	0.0019	341688	0.0005	0.0004
	4 cm	28268	0.0074		122963	0.0017		406714	0.0005	

Tabla 15. Propagación de fisuras con el asfalto 005 y viga de 8.7 cm

Asfalto		Viga de 8.7 cm								
		4.5			3.0			1.5		
Claro		Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}	Ciclos	cm/min	\bar{X}
005	1 cm	26580	0.0020		54698	0.0010		44914	0.0012	
	2 cm	51852	0.0020		89540	0.0012		269626	0.0004	
	3 cm	66802	0.0023	0.0022	217216	0.0007	0.0009	486558	0.0003	0.0005
	4 cm	84532	0.0025		277220	0.0008		707264	0.0003	



Como podemos observar en las tablas anteriores la velocidad de propagación de fisura por las muestras se presentaba a menor por las muestras que tenían un claro de 1.5 cm, con diferencias de más del 100% con respecto a la velocidad de propagación en comparativa con los claros de 3.0 y 4.5 cm, también podemos observar que las muestras que presentan una menor dispersión entre los 3 claros, son las vigas con ancho de 8.7 cm., las vigas que se ensayaron en claros de 3.0, presentan una buena relación entre la diferencia de las vigas de 1.5 y 4.5 cm.

6.2 Análisis de la Deflexión

Se llevo a cabo un análisis de la deflexión ecuación (2) de las vigas calculando le momento de inercia con la ecuación (1), considerando una carga triangular por el paso de la rueda sobre los especímenes de prueba, en la siguiente tabla se presentan los resultados de deflexión de las muestras analizadas.

$$I = \frac{ab^3}{12} \quad (1)$$

$$\delta_{max} = \frac{PL^4}{120EI} \quad (2)$$

Tabla 16. Deflexiones de las mezclas.

Muestra	Claro	δ_{max}	Pasadas
001 (6.3 cm)	4.5	0.0000506422	15632
	3.0	0.0000150376	41422
	1.5	0.0000018823	86502
002 (6.3 cm)	4.5	0.0000293569	4000
	3.0	0.0000087819	12225
	1.5	0.0000009395	51561
003 (6.3 cm)	4.5	0.0000402895	19666
	3.0	0.0000101937	117734
	1.5	0.0000013230	331494
004 (6.3 cm)	4.5	0.0000255988	46288
	3.0	0.0000080321	167456
	1.5	0.0000009447	412533
005 (6.3 cm)	4.5	0.0000373685	282268
	3.0	0.0000100980	122963
	1.5	0.0000012145	406714
001 (8.7 cm)	4.5	0.0000318588	18700
	3.0	0.0000098601	21950
	1.5	0.0000012462	140614
002 (8.7 cm)	4.5	0.0000360217	8122
	3.0	0.0000093713	26110
	1.5	0.0000011698	31221
003 (8.7 cm)	4.5	0.0000232574	73244
	3.0	0.0000073168	207396
	1.5	0.0000009290	553490
004 (8.7 cm)	4.5	0.0000323834	26330
	3.0	0.0000111059	96788
	1.5	0.0000014713	276344
005 (8.7 cm)	4.5	0.0000274206	84532



3.0	0.0000071079	277220
1.5	0.0000009530	707264

Como podemos observar en la Se llevo a cabo un análisis de la deflexión ecuación (2) de las vigas calculando le momento de inercia con la ecuación (1), considerando una carga triangular por el paso de la rueda sobre los especímenes de prueba, en la siguiente tabla se presentan los resultados de deflexión de las muestras analizadas.

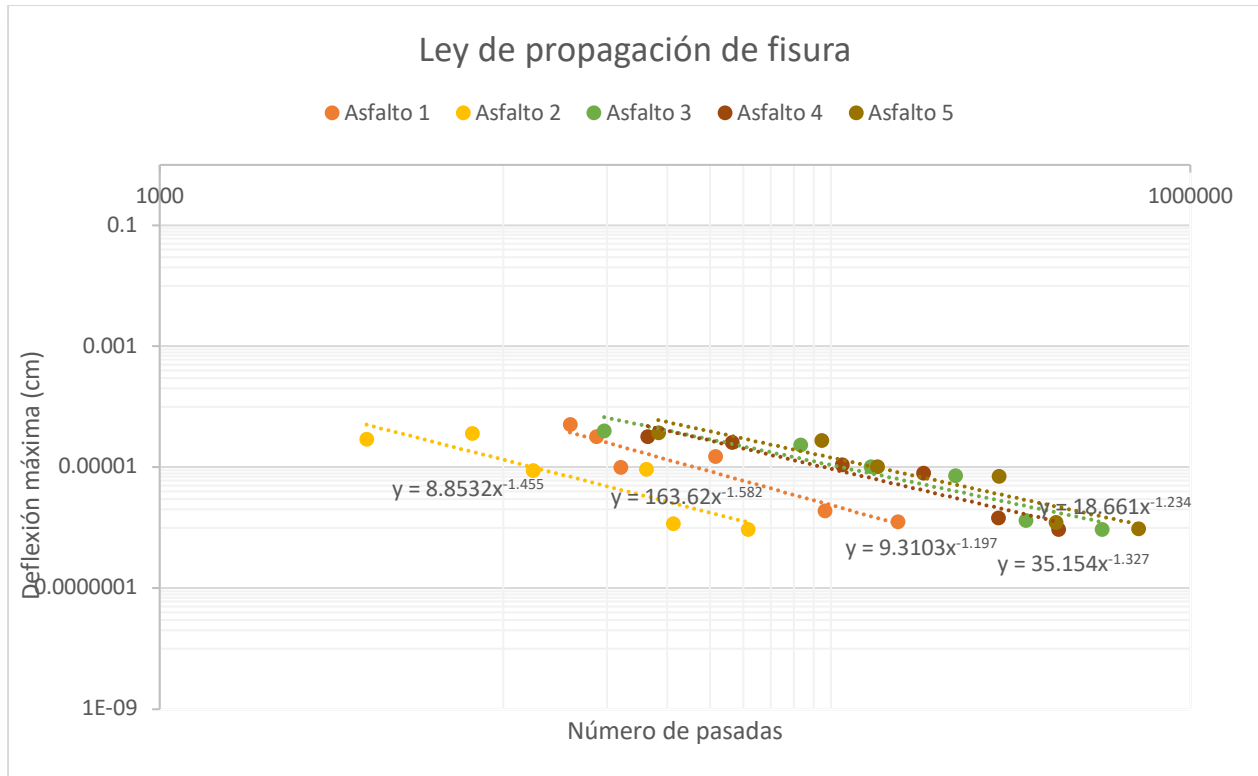
$$I = \frac{ab^3}{12} \quad (1)$$

$$\delta_{max} = \frac{PL^4}{120EI} \quad (2)$$

Tabla 16, las deflexiones de las mezclas disminuyen con relación al ancho del claro y a la longitud de la viga.

6.3 Grafica de Ley de Propagación

En la Gráfica 1, se presentan las graficas de ley de propagación en los cuáles podemos observar la resistencia que le otorgo el asfalto y la resistencia de la carpeta asfáltica, podemos observar que el asfalto 1 y 2, fueron los que obtuvieron una menor resistencia en el número de pasadas respecto a la deflexión analizada. Por otra parte, el asfalto 5 fue el que obtuvo mayor resistencia en el número de pasadas respecto a las deflexiones analizadas.



Gráfica 1. Ley de propagación de fisura en vigas

7 Conclusiones

1. El comportamiento de las mezclas asfálticas depende del ligante asfáltico utilizado, en este caso mediante la propagación de fisura.
2. El ensayo de propagación de fisura PFRC puede determinar el comportamiento de mezclas asfálticas en relación al posible avance de fisura de abajo hacia arriba.
3. Asfaltos con un alto grado de desempeño PG no garantizan una velocidad de fisura baja o una resistencia a la propagación alta.
4. Por otra parte, tampoco existe una relación entre los valores de Jnr bajos o Respuestas elásticas altas en el ensayo de MSCR con respecto a la propagación de fisura medida mediante el ensayo de PFRC, ya que valores bajos de Jnr, no garantizan una alta resistencia.
5. Por último, el asfalto 5 que tiene SBS y azufre, fue el que presentó mayor resistencia con respecto a la propagación de fisura, analizada mediante una ley de propagación y medida con el ensayo PFRC.

8 Referencias



- [1] G. Palma, Estudio del comportamiento a fatiga de mezclas asfálticas mediante el ensayo BTB, Concepción: Universidad de Concepción, 2022.

- [2] N. D. Ramírez-Beltrán y B. Colucci, «Aplicación de la distribución weibull para estimar la vida remanente de pavimentos flexibles,» *Desastres naturales, accidentes e infraestructura civil 41*, pp. 41-50, 2001.

- [3] Consejo de directores de carreteras e ibérica e iberoamérica , M5.1. Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles, vol. 11, México: Colección de documentos, 2002.

- [4] Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), Evaluación de resistencia al agrietamiento por fatiga de mezclas asfálticas mediante el enfoque de energía disipada, San José: Unidad de Materiales y Pavimentos , 2014.

- [5] F. Pérez-Jiménez, G. Valdés, R. Botella, R. Miró y A. Martínez, «Evaluación del proceso de fatiga de mezclas asfálticas mediante un nuevo procedimiento cíclico de barrido de deformaciones - EBADE.,» *Revista de la Construcción*, vol. 10, nº 2, pp. 55-65, 2011.

- [6] M. K. Mora Valverde, J. P. Aguiar Moya, M. Jiménez Acuña y W. Sequeira Rojas, «Análisis de la variabilidad asociada a ensayos de fatiga en mezclas asfálticas,» *Infraestructura Vial*, vol. 23, nº 41, pp. 20-30, Febrero 2021.

- [7] M. Jiménez Acuña , «Overlay Tester: equipo de laboratorio para evaluar la resistencia al agrietamiento en mezclas asfálticas,» *Métodos y Materiales*, vol. 3, nº 1, pp. 29 - 43, 2013.

- [8] American Society for Testing and Materials, ASTM D4402/D4402M-15, West Conshohocken: ASTM, 2015.

- [9] Secretaría de Comunicaciones y Transportes, M·MMP·4·05·006/00, CDMX: SCT, 2000.

- [10] Secretaría de Comunicaciones y Transportes, M·MMP·4·05·009/00, CDMX: SCT, 2000.

- [11] American Society for Testing and Materials, ASTM D7175-15, West Conshohocken: ASTM, 2015.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.



XII CONSEJO DIRECTIVO
AMAAC
LA FUERZA DE LA UNIÓN

[12] Secretaria de Comunicaciones y Transportes, M-MMP-4-05-024/2021, CDMX: SCT, 2021.

[13] American Society for Testing and Materials, ASTM D7405, West Conshohocken: ASTM, 2015.