



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

SEMINARIO DE GRADO

**“COMPORTAMIENTO, VIABILIDAD Y COSTOS DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO
RECICLADO PARA LA FABRICACIÓN DE MEZCLA
ASFALTICA”**

Néstor Andrés Ruiz Galeano
Brian Rodríguez Medina

MENTOR: Ing. Edgar Alexander Padilla

Bogotá. D.C, Colombia, junio de 2016

“COMPORTAMIENTO, VIABILIDAD Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA LA FABRICACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA”

Néstor Andrés Ruiz Galeano, Brian Rodríguez Medina
Universidad La Gran Colombia, Colombia,
nestor.ruiz@ulagrancolombia.edu.co, brian.rodriguez@ulagrancolombia.edu.co.

Mentor: Ing. Edgar Alexander Padilla
Universidad La Gran Colombia

Asesor(es): Licenciada, Laura Cala Cristancho.
Universidad La Gran Colombia

RESUMEN

- *Este artículo se realiza con el fin de establecer cuáles son los comportamientos mecánicos de la mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para esto se hace la Comparación de módulos dinámicos, deformación plástica y módulo resiliente. la Descripción de las etapas de la producción de mezclas de asfalto con grano de caucho reciclado con el fin de Determinar los factores que hacen que se eleven los costos en la utilización de grano de caucho reciclado en mezcla asfáltica.*

Palabras clave: módulo dinámico, Grano De Caucho Reciclado, ventajas, desventajas, mezcla asfáltica.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el tema de la contaminación ambiental causa gran preocupación debido al aumento significativo de llantas que generalmente se encuentran en quebradas, terrenos baldíos o en las calles. Hace tiempo era común disponer las llantas enteras en rellenos sanitarios sin embargo esta práctica hoy en día es rechazada debido a la forma y composición de dicho residuo.

En Colombia se han venido implementando la incorporación de grano de caucho reciclado (GCR) en los pavimentos con el fin de obtener mejoramientos de las propiedades del ligante en la mezcla asfáltica.

El presente trabajo de investigación busca realizar un análisis comparativo entre una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica modificada con grano de caucho reciclado (GCR), debido a la problemática actual de la dificultad para la evacuación final de las llantas de caucho provenientes del parque automotor e industrias afines en nuestro país, se sintetiza

las ventajas y desventajas técnicas, económicas y ambientales de utilizar el grano de caucho reciclado en mezclas asfálticas.

II. JUSTIFICACIÓN

El Ing. Humberto Quintero (Humberto Quintero O y Cia. SCA – transformación, suministro y transporte de asfalto – ponente conferencia del grupo empresarial LHS S.A.S – Mayo 2016), argumento que existen 2’500.000 llantas usadas al año en la ciudad de Bogotá, cada día 2050 llantas en promedio terminan en los espacios públicos de la ciudad, para un promedio de 750.000 llantas que finalizan calles de la capital Colombiana.

Ilustración 1: COMPOSICION PORCENTUAL DE LA LLANTA



Fuente: Humberto Quintero, conferencia Grupo Empresarial LHS S.A.S – 05/2016

Luego de analizar ciertas estadísticas de los promedios de la obtención de llantas recicladas en la ciudad de Bogotá se justifica la incorporación de los procesos de triturado de estas para la concepción y diseño de una mezcla asfáltica que se realiza según el requerimiento del proyecto, también pasará pruebas de calidad (por normativa), y para este diseño se basa en el desempeño y se tiene en consideración factores como:

- Temperatura y humedad en donde se desarrolla la obra.
- Tipo de pavimento.
- Tipo de mezcla.
- Vida útil estimada.
- Intensidad del tráfico de la vía.

El asfalto-caucho, es un cemento asfáltico convencional modificado, resultante de la interacción físico-química de GCR y polímeros elastómeros, y aditivos de tecnología de mezclas tibias, entre otros, que busca manejar adecuadamente y aprovechar el residuo de llantas con el que cuenta el país, todo esto sin afectar negativamente las características físico-químicas del asfalto, y su comportamiento facilita el manejo con temperaturas de mezclado que oscilan entre los 150 y 155°C y compactación en obra entre 120 y 115°C, contribuyendo con la rentabilidad del proyecto y con menores emisiones contaminantes.

A partir del segundo semestre del 2012, toda persona que ejecute y adelante procesos constructivos de obras de infraestructura del transporte urbano del Distrito Capital deberán prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas o neumáticos usados o llantas no conforme, en un porcentaje no inferior al 5% de metros cuadrados por cada contrato de obra, con excepción de aquellos que a la entrada en vigencia de la resolución tengan estudios y diseños aprobados. El porcentaje aumentará anualmente en cinco (5) unidades porcentuales y se espera que en unos años este porcentaje se incremente al 25%.

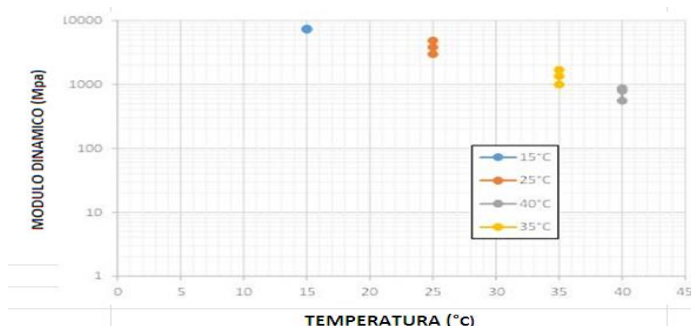
III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados prueba de módulo resiliente mezcla tipo MDC-1

BRIQUETA	TEMP. (°C)	FREC. (Hz)	Módulo promedio (Mpa)	Densidad (kg/m3)
5	15	10	7498	2198
5	15	5	7275	
5	15	2.5	7310	
3	25	10	4870	2207
3	25	5	3836	
3	25	2.5	2994	
*	35	10	1700	*
*	35	5	1350	
*	35	2.5	1000	
5	40	10	874	2198
5	40	5	799	
5	40	2.5	555	

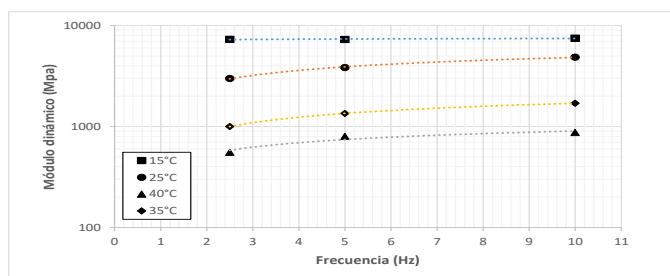
Su comportamiento a esfuerzos triaxiales es óptimo a diferentes repeticiones de carga para bajas temperaturas y módulos de capacidad de resistencia bajos ante esfuerzos que se presentan internamente en la mezcla.

Módulo resiliente en función de la temperatura correspondiente a la mezcla tipo MDC-1



Cuando es sometida a altas temperaturas se tiene una respuesta negativa a la resistencia de los esfuerzos que sufre la mezcla y tienden a separarse sus componentes.

Módulo dinámico en función de la frecuencia y la temperatura correspondiente a la mezcla tipo MDC-1



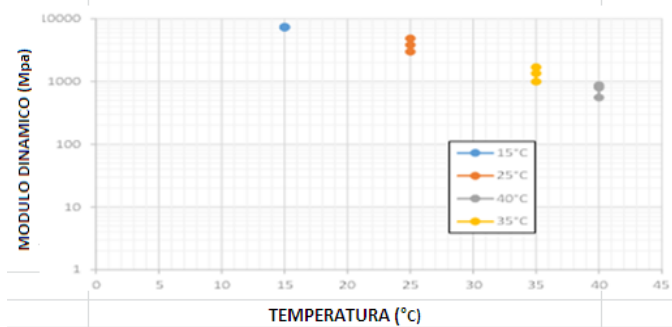
El módulo resiliente es mucho más alto cada que la frecuencia aumenta y es mucho más bajo afectando la capacidad portante de la mezcla cuando el número de repeticiones de carga es más lento a temperaturas más altas.

Resultados prueba de módulo resiliente mezcla tipo MDC-2

BRIQUETA	TEMP. (°C)	FRECUENCIA (Hz)	Módulo promedio (Mpa)	Densidad (kg/m3)
10	15	10	9138	2134
10	15	5	8208	
10	15	2,5	6718	
10	25	10	3586	2134
10	25	5	2758	
10	25	2,5	2038	
*	35	10	1100	2134
*	35	5	820	
*	35	2,5	550	
10	40	10	628	2134
10	40	5	429	
10	40	2,5	307	

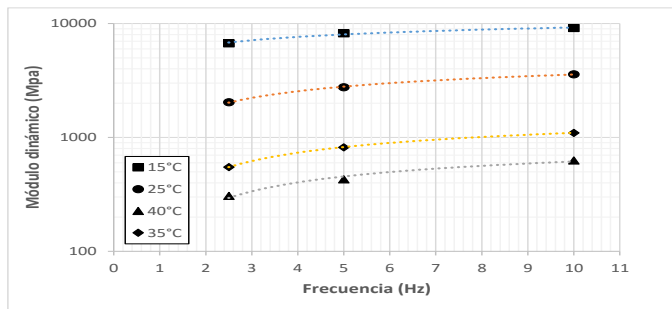
- La capacidad portante de este tipo de mezclas es mucho más alto, debido al porcentaje contenido de asfalto.
- Bajas significativas a altas temperaturas.
- Importancia del porcentaje de asfalto.

Módulo resiliente en función de la temperatura correspondiente a la mezcla tipo MDC-2



- Modulo alto a bajas temperaturas, soportando más esfuerzos.
- Más rigidez, menos elasticidad.
- A menor temperatura menor módulo.

Módulo resiliente en función de la frecuencia y la temperatura correspondiente a la mezcla tipo MDC-2.



- Por contenido de asfalto, la frecuencia pasa a tener un grado más de importancia.
- Con cada disminución de repeticiones se ve afectado a una baja temperatura por ser más elástica manifestando una diferencia mayor en un rango de

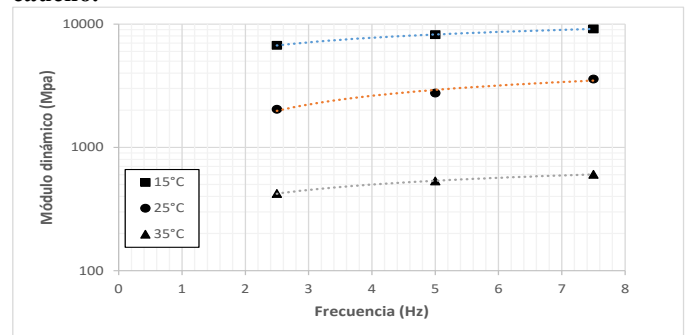
igual temperatura, en comparación de la mezcla tipo MDC-1.

Resultados prueba de Módulo de resiliente mezcla tipo Asfalto-caucho

BRIQUETA	TEMP. (°C)	FREC. (Hz)	Módulo Promedio (Mpa)	Densidad (kg/m3)
4	15,00	7,50	9027	2192
4	15,00	5,00	7415	
4	15,00	2,50	5947	
4	25,00	7,50	3748	2192
4	25,00	5,00	2624	
4	25,00	2,50	1383	
3	35,00	7,50	605	2155
3	35,00	5,00	534	
3	35,00	2,50	422	

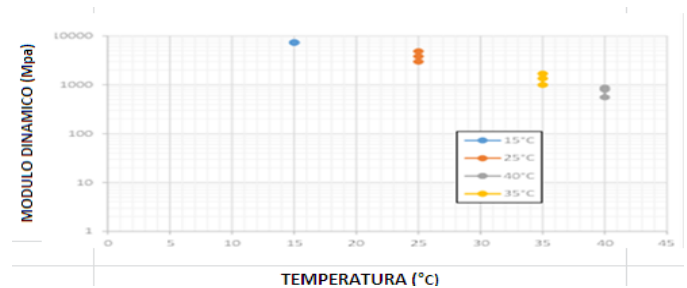
- Afirmación de una mayor resistencia en comparación de las mezclas tipo MDC-2.
- Contenido de asfalto mayor.
- A altas temperaturas menor modulo, desfavorable en comparación de las mezclas convencionales.

Módulo resiliente en función de la frecuencia y la temperatura correspondiente a la mezcla tipo asfalto caucho.



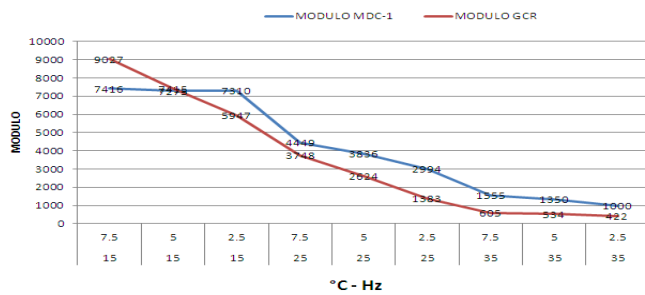
- Susceptible a bajas representativas del modulo resiliente por contenido de asfalto.
- Ahuellamiento por contenido de asfalto similar a la mezcla tipo MDC-2.

Módulo resiliente en función de la frecuencia y la temperatura correspondiente a la mezcla tipo asfalto caucho.



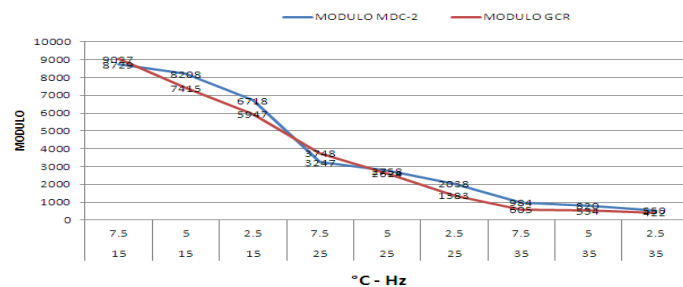
- A menor temperatura, mayor modulo, mostrando una mayor resistencia.
- Similitud al comportamiento de la mezcla tipo MDC-2.

Comparación entre los módulos dinámicos de la mezcla MDC-1 con mezcla asfalto caucho.



- Mezcla asfalto caucho más resistente a bajas temperaturas.
- Mas plástica a altas temperaturas.

Comparación entre los módulos dinámicos de la mezcla MDC-2 con mezcla asfalto caucho



- Similitud en cuanto a rigidez, teniendo en cuenta de que ambas mezclas tienen contenido alto de asfalto.

- Al aumentar el porcentaje de asfalto en mezclas de tipo MDC-1 aumenta la deformación.
- En comparación de la mezcla tipo MDC-1 y MDC-2 la deformación alcanzada por la mezcla tipo MDC-2 es inferior tanto al 1% como al 2% incluso sin adición de asfalto caucho, se concluye que ambas mezclas no proveen una estructura adecuada para este tipo de mezclas.
- Se evaluó una mezcla tipo GG-1 (Gap Graded) ya que las mezclas asfalto-caucho por vía húmeda no se pueden fabricar con gradaciones densas.
- La mezcla asfalto-caucho en comparación con la mezcla tipo MDC-1 es de mayor resistente a bajas temperaturas, y por lo general será menor resistente a altas temperaturas por el contenido de asfalto.
- La mezcla tipo GG-1 con GCR presenta mayor resistencia que una mezcla tipo MDC-2, al ser sometida a bajas y altas temperaturas.
- Por el comparativo realizado entre una mezcla tipo MDC-2 y una mezcla tipo asfalto-caucho, es viable su reemplazo por su comportamiento mecánico, teniendo en cuenta el porcentaje de GCR utilizado y variables como temperatura y frecuencias.
- Para la obtención de este tipo de mezclas los costos adicionales para su fabricación son indirectos.
- La diferencia de precio por kilogramo se promedia entre 600 y 800 pesos, el cual hace aumentar los costos, pero se alarga la vida útil del pavimento, y se ahorra en mantenimientos, por las características presentadas.
- De una forma indirecta se le da solución a la finalidad de las llantas usadas que generan un gran problema ambiental.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aumentar el porcentaje de grano de caucho reciclado (GCR) en la mezcla asfáltica para mejorar sus propiedades mecánicas. Puesto que la cantidad de GCR que se está involucrando en el asfalto-caucho por vía húmeda es del 19% en promedio.
- Tener en cuenta el porcentaje de GCR utilizado en las mezclas ya que si sobrepasamos los límites afectamos directamente las propiedades físicas de esta.
- Tener en cuenta a que temperatura se va implementar este modificante y las densidades de los materiales debido a que estas pueden variar según el sitios de extracción.

Ventajas y desventajas del (GCR) en mezclas asfálticas

MECANICAS

- A mayor porcentaje de GCR, mayor modulo a bajas temperaturas.
- A mayor contenido de GCR, menor modulo a altas temperaturas.

AMBIENTALES

- Dar solución a la problemática ambiental.

ECONOMICAS

- Alargamiento de vida útil del pavimento, y ahorro en costos de mantenimiento.
- Sobrecosto en elaboración de mezcla asfáltica modificada.

IV. CONCLUSIONES

VI.REFERENCIAS

- RONDÓN QUINTANA, Hugo Alexander. Mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho de llanta: Estado del conocimiento y análisis de utilización en Colombia. Noviembre, 2011.
- COLOMBIA. Instituto de desarrollo urbano (2005), normatividad sobre mezclas con diversos materiales bajo un régimen estándar para vías en Colombia, Bogotá D.C.
- COLOMBIA. Instituto de desarrollo urbano, (2011), normatividad sobre mezclas en caliente con caucho para vías, Bogotá D.C
- REYES, Oscar y CAMACHO, Javier. Incidencia en el Ahullamiento y Propiedades Mecánicas de una Mezcla Asfáltica por la Adición de Desperdicio de Llanta Usada. Ingeniería y Competitividad, Vol. 6, p.46-55: Bogotá. 2004.