



## Influencia del agua en mezclas densas en caliente Tipo 2 (MDC-2)

## Influence of the water in warm dense mixtures Type 2 (MDC-2)

Autores:

Alan Eduardo Sánchez Eraso  
[aesanchez33@hotmail.com](mailto:aesanchez33@hotmail.com)  
Jhon Jairo López Cueva  
Hugo Alexander Rondón Quintana  
[harondon@ucatolica.edu.co](mailto:harondon@ucatolica.edu.co)  
Luis Ángel Moreno Anselmi  
[luis.moreno@unimilitar.edu.co](mailto:luis.moreno@unimilitar.edu.co)

Fecha de presentación: Marzo de 2010  
Fecha de aceptación: Abril de 2010

### RESUMEN

Las principales causas del deterioro de mezclas asfálticas en una estructura de pavimento flexible son originadas por las cargas impuestas por el tráfico y los agentes ambientales. Con respecto a los agentes ambientales, uno de los principales modos de daño de mezclas asfálticas in situ ocurre cuando se separa el ligante asfáltico del agregado pétreo debido a la presencia de agua. El estado del conocimiento en esta área es que a pesar del alto número de investigaciones realizadas, este modo de daño y las causas que lo generan no han sido totalmente entendidas e identificadas. En este artículo se presenta la evolución en laboratorio del cambio en las propiedades mecánicas que experimenta una mezcla asfáltica densa en caliente tipo 2 (MDC-2) (de acuerdo con las especificaciones del Instituto nacional de Vías - INVIAS, 2007) y los cementos asfálticos (CA) CA 80-100 y CA 60-70 cuando son sumergidos en el agua durante un periodo de tiempo de cinco meses. La propiedad evaluada es la resistencia mecánica bajo carga monotónica de tracción indirecta mediante el ensayo Marshall. De los resultados obtenidos se concluye que esta resistencia disminuye cuando las mezclas asfálticas son sumergidas, mientras que las mezclas que son fabricadas con los cementos asfálticos sumergidos aumentan los parámetros de estabilidad y rigidez.



**Palabras Clave:** Envejecimiento, efecto del agua, cemento asfáltico, mezcla asfáltica.

## ABSTRACT

*The main reasons of the deterioration of asphalt mixtures in a structure of flexible pavement are originated by the charges imposed by the traffic and the environmental agents. Regarding with to the environmental agents, one of the principal ways of asphalt mixtures in situ happens when the asphaltic. The condition of the knowledge in this area is that in spite of the high number of realized investigations, this way of damage and the reasons that generate it have not been totally understood and identified. This article presents the evolution in laboratory of the change in the mechanical properties that experience an asphalt warm dense mixture type 2 (MDC-2) (in agreement with the specifications of the INSTITUTO NACIONAL DE VIAS - INVIAS, 2007) and the asphalt cements (CA) CA 80-100 and CA 60-70 when they are immersed in water during a period of time of five months. The evaluated property is the mechanical resistance under monotonic load of indirect traction by means of the Marshall test. From the obtained results the conclusion is that this resistance diminishes when the asphalt mixtures are plunged, whereas the mixtures that are made by the asphalt plunged cements increase the parameters of stability and inflexibility.*

**Key Words:** Aging, Water effect, Asphalt cement, Asphalt mixture.

---

## INTRODUCCIÓN

Han sido distintas las investigaciones que se han desarrollado sobre mezclas asfálticas en Colombia y el mundo. Estas investigaciones se han orientado por lo general en buscar información que permita el mejoramiento y la óptima utilización de las mismas. En Colombia, en los últimos 10 años se han presentado cambios drásticos de temperatura debido a los fenómenos del niño y de la niña (Pabon, 2006). Estos cambios generan que las mezclas asfálticas experimenten

cambios físico-químicos en sus propiedades. Algunos de estos cambios se han estudiado, mostrando que las mezclas asfálticas al estar expuestas al medio ambiente, aumentan su rigidez (p.e., Rondón y Reyes, 2009; Rondón et al., 2009). Otros autores han reportado comportamientos similares en la rigidez debido a gradientes de temperatura (Rojas y Castillo, 2008), y en general se reporta que estos materiales disminuyen su resistencia mecánica cuando las mezclas son sumergidas en agua (p.e., Leal y López, 2009).



Actualmente existe la necesidad de profundizar en el análisis de la influencia que tienen sobre las mezclas asfálticas los agentes ambientales: agua, luz ultravioleta, gradientes de temperatura, aire. Las mezclas asfálticas al estar en contacto directo con el medio ambiente experimentan problemas de durabilidad debido principalmente a:

- Envejecimiento por oxidación que experimenta el cemento asfáltico, y por lo tanto las mezclas, cuando es solicitado a diferentes gradientes de temperatura y exposición a radiación ultra-violeta (UV) tal como ha sido ampliamente reportado por otros investigadores (p.e., Kemp y Predoehl, 1981; Welborn, 1984; Kim et al., 1987; Montepara, 1999; Montepara y Giuliani, 2000; Brown y Scholz, 2000; Bocci y Cerni, 2000; Khalid y Walsh, 2000; Khalid, 2002; Airey, 2003).

- Pérdida de adhesión y/o cohesión debido a la susceptibilidad del agregado pétreo por el agua en las mezclas asfálticas, resultando la reducción de resistencia o rigidez de la mezcla asfáltica (Mansour et al., 2007).

Los efectos del medio ambiente sobre las mezclas asfálticas son diferentes dependiendo del tipo de asfalto (Rondón y Reyes, 2009; Rondón et al., 2009), naturaleza del agregado pétreo, granulometría y grado de compactación (Mansour et al., 2007). Dentro de los factores que generan la falta de adhesividad se han identificado cuatro teorías que han sido desarrolladas para

explicar la adhesión del asfalto con el agregado pétreo (Kim y Coree, 2005):

- Teoría de la adhesión mecánica.
- Reacción química.
- El grado diferencial del secado de los agregados.
- Orientación molecular.

Para poder evaluar la pérdida de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto causado por la presencia de agua varios investigadores han establecido diversos ensayos que pueden medir este fenómeno, tales como: desprendimiento por fricción, desprendimiento por ebullición, método Australiano. Además, ensayos de pérdida de resistencia como son: pérdida de resistencia por sensibilidad al agua (TSR) y rueda de Hamburgo. Los resultados que se han obtenido en los ensayos anteriormente descritos han generado polémicas y han sido muy criticados por la diferencia en los resultados obtenidos (Covarrubias et al., 2009, 2009a).

Por lo anteriormente expuesto, en esta investigación se ejecutó una fase experimental tendiente a analizar la influencia que tiene el agua sobre el comportamiento de mezclas asfálticas. En este proyecto no se tuvieron en cuenta el efecto que puede causar el aire y los cambios de temperatura o la combinación aire-agua-temperatura tal como ocurre in situ. Para tal fin, láminas muy delgadas (4 mm de espesor) de cemento asfáltico tipo CA 80-100 y CA 60-70 fueron sumergidas en agua durante cinco meses.



Cada mes se retiraban del agua algunas láminas para fabricar mezclas asfálticas del tipo densas y gruesas en caliente MDC-2 (de acuerdo con las especificaciones del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2007), y se midió la resistencia que experimentaban en tracción indirecta bajo carga monotónica a través del ensayo Marshall. Estos resultados fueron comparados con aquellos que se obtuvieron sobre mezclas convencionales (fabricadas de la forma tradicional) sumergidas en agua. Se optó por utilizar mezclas de concreto asfáltico tipo MDC-2 debido a que son las más utilizadas en Colombia para conformar capas de rodadura, las cuales son las que se encuentran sometidas de manera directa a las condiciones del ambiente. A las láminas de cemento asfáltico sumergidas se les realizaron ensayos de penetración para medir si la consistencia del ligante variaba cuando eran sumergidas en agua.

El artículo presenta inicialmente la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el laboratorio con su

respectivo análisis, y por último se presentan las conclusiones del trabajo.

### **Metodología**

Inicialmente se definieron los tipos de cemento asfáltico a emplear: CA 60-70 y CA 80-100. Conociendo los tipos de cementos asfálticos a utilizar, se realizó la caracterización de los mismos identificando las propiedades físicas, según los ensayos normalizados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2007) tal como se muestra en la tabla 1 para el CA 80-100 y en la tabla 2 para el CA 60-70. Después se procedió a la caracterización del agregado pétreo, según las especificaciones generales para el diseño de carreteras dispuestas por el INVIAS (2007). En la tabla 3 se puede observar que los resultados obtenidos cumplen con los requisitos mínimos de la especificación INVIAS (2007) para ser utilizados como material para la fabricación de mezclas asfálticas tipo MDC-2. Este material granular fue extraído de la cantera de Subachoque - Cundinamarca.



Ensayo	Método	Unidad	CA 80-100	Resultado
<b>Ensayos sobre el asfalto original</b>				
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	ASTM D-5	0.1 mm	80-100	85
Índice de penetración	INV. E-724	-	-1/+1	-0.5
Viscosidad absoluta (60°C)	ASTM D-4402	Poises	1000 mín.	1400
Ductilidad (25°C, 5cm/min)	ASTM D-113	cm	100 mín.	>105
Solubilidad en Tricloroetileno	ASTM D-2042	%	99 mín.	>99
Contenido de agua	ASTM D-95	%	0.2 máx.	<0.2
Punto de inflamación COC	ASTM D-92	°C	232 mín.	295
<b>Ensayos sobre el residuo luego del RTFOT</b>				
Pérdida de masa	ASTM D-2872	%	1.0 máx.	0.2
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	ASTM D-5	%	48 mín.	65

**Tabla 1.** Características generales del cemento asfáltico CA 80-100 proveniente de Barrancabermeja.



Ensayo	Método	Unidad	CA 60-70	Resultado
<b>Ensayos sobre el asfalto original</b>				
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	ASTM D-5	0.1 mm	60-70	67
Índice de penetración	INV. E-724	-	-1/+1	-0.7
Viscosidad absoluta (60°C)	ASTM D-4402	Poises	1500 mín.	1750
Ductilidad (25°C, 5cm/min)	ASTM D-113	cm	100 mín.	>105
Solubilidad en Tricloroetileno	ASTM D-2042	%	99 mín.	>99
Contenido de agua	ASTM D-95	%	0.2 máx.	<0.2
Punto de inflamación COC	ASTM D-92	°C	232 mín.	275
<b>Ensayos sobre el residuo luego del RTFOT</b>				
Pérdida de masa	ASTM D-2872	%	1.0 máx.	0.4
Viscosidad absoluta (60°C)	ASTM D-4402	Poises	10000 máx.	5200
Índice de durabilidad	-	-	3 máx.	<3
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	ASTM D-5	%	52 mín.	70

**Tabla 2.** Características generales del cemento asfáltico CA 60-70 proveniente de Apiay.

ENSAYO	VALOR
Peso específico	2.56
Equivalente de arena	86%
Caras fracturadas	92%
Índice de alargamiento	10%
Índice de aplanamiento	10%
Ataque en Sulfato de sodio	12.4%
Microdeval (sin saturar)	20.3%
Resistencia al desgaste máquina de los Ángeles	22.5%

**Tabla 3.** Caracterización de los agregados.



Para cumplir con las especificaciones del INVIAS (2007) en la elaboración de mezclas densas en caliente tipo 2 (MDC - 2) se modificó la granulometría original de los agregados tomando como

referencia los valores promedios en porcentajes de la franja granulométrica que exige la especificación para la elaboración de las briquetas del ensayo Marshall como se presenta en la tabla 4.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alternativo	MDC-2
25.0 mm	1"	-
19.0 mm	3/4"	100
12.5 mm	1/2"	80-95
9.5 mm	3/8"	70-88
4.75 mm	No.4	49-65
2.00 mm	No.10	29-45
425 $\mu$ m	No.40	14-25
180 $\mu$ m	No.80	8-17
75 $\mu$ m	No.200	4-8

**Tabla 4.** Gradación de mezclas densas en caliente tipo 2 (MDC-2).

Después de establecer las propiedades de los materiales que componen las mezclas asfálticas se realizó el diseño Marshall estipulado por el INVIAS (2007) para poder determinar el porcentaje óptimo de asfalto y la proporción de agregado necesario para cada muestra

(tabla 5). Los porcentaje óptimos de cemento asfáltico de acuerdo con los datos de las tablas 6-7 son de 5.3% y 5.6% para el caso de las mezclas MDC-2 fabricadas con CA 80-100 y CA 60-70 respectivamente.



TAMIZ	%ÓPTIMO	%RETENIDO	CA 80 - 100	CA 60 - 70
			masa (g) (5,3 % ASF)	masa (g) (5,6 % ASF)
1/2	90	10	113,6	113,3
3/8	79	11	125	124,6
4	57	22	250	249,2
10	37	20	227,3	226,6
40	20	18	198,9	198,2
80	10	7	79,5	79,3
200	4	7	73,9	73,6
FONDO	-	6	68,2	68
			<b>100</b>	<b>1.132,80</b>
			<b>ASFALTO</b>	<b>67,2</b>

Tabla 5. Dosificación muestras diseño Marshall

CA [%]	Peso unitario o [g/cm <sup>3</sup> ]	Estabilidad (E) [kg]	Vacios en la mezcla [%]	Vacios en agregados [%]	Flujo (F) [mm]	Relación E/F [kg/mm]
4.5	2.25	954	7.23	18.02	3.30	289.09
5.0	2.28	1198	5.51	17.41	3.41	351.32
5.5	2.28	1202	5.19	17.12	3.48	345.40
6.0	2.27	1105	4.89	18.60	3.60	306.94

Tabla 6. Resumen del ensayo Marshall para mezcla asfáltica MDC-2 con CA 80-100.

CA [%]	Peso unitario o [g/cm <sup>3</sup> ]	Estabilidad (E) [kg]	Vacios en la mezcla [%]	Vacios en agregados [%]	Flujo (F) [mm]	Relación E/F [kg/mm]
5.0	2.24	1406	5.63	16.55	3.36	418.45
5.5	2.25	1601	4.37	16.60	3.56	449.72
6.0	2.25	1662	3.21	17.08	3.62	459.12
6.5	2.26	1498	3.01	17.44	3.90	384.10

Tabla 7. Resumen ensayo Marshall para mezcla asfáltica MDC-2 con CA 60-70.



Una vez que se obtuvo el porcentaje óptimo de asfalto se procedió a la elaboración de 50 briquetas, de las cuales, 25 se fabricaron con CA 60-70 y 25 con CA 80-100. Las muestras se sumergieron en un tanque lleno de agua durante un período de cinco meses. Se extraen del tanque mensualmente cinco briquetas por cada tipo de cemento asfáltico y se procedió a fallarlas, para medir a través del tiempo, el cambio de sus propiedades de resistencia mecánica bajo carga monotónica. También se realizaron láminas de CA con un espesor de 4 mm, de dimensiones de 40 cm de largo por 30 cm de ancho, sumergidas también en agua para analizar el efecto del agua sobre el cemento asfáltico. Con las láminas se realizaron mensualmente cinco briquetas por cada CA para ser falladas en la prensa Marshall con el fin de comparar los resultados de las mezclas sumergidas y las mezclas elaboradas con las láminas de CA sumergidas.

Por último se realizó la prueba de penetración a los dos tipos de cemento asfáltico que fueron sometidos a la sumersión en agua para poder determinar el efecto del agua sobre cada uno de ellos.

## Resultados y análisis

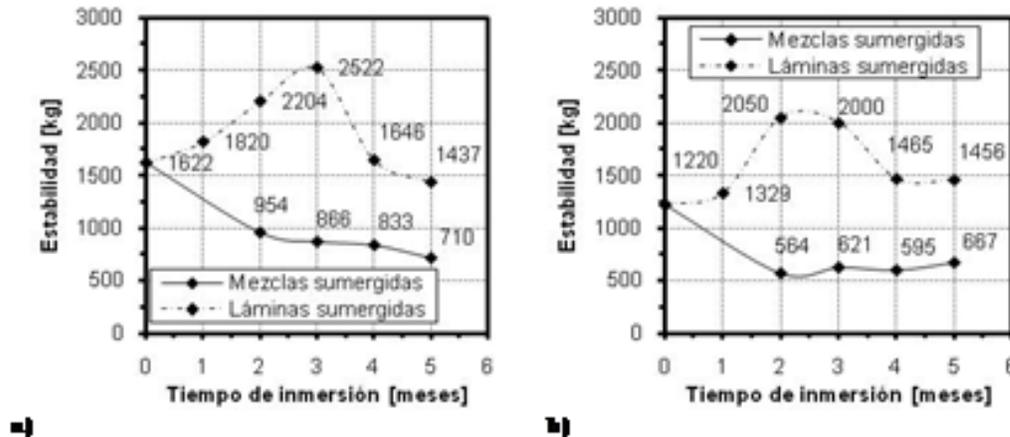
### **Evolución de los parámetros de estabilidad y rigidez en el tiempo**

En las Figuras 1-2 se observa la evolución de la estabilidad Marshall con el tiempo

de inmersión. La estabilidad Marshall físicamente puede ser entendida como la máxima carga que resiste una briqueta en tracción indirecta bajo carga monotónica.

Las mezclas sumergidas fabricadas con CA 60-70 presentan una disminución de la estabilidad con el tiempo de inmersión en el agua. La pérdida de estabilidad en el quinto mes fue de 56.2% con respecto a la mezcla sin periodo de inmersión. Caso contrario se observa cuando la mezcla asfáltica es fabricada con las láminas sumergidas en agua ya que presentan en el tercer mes un incremento en la estabilidad de 55.5%. En los dos siguientes meses (mes cuarto y quinto) presenta una caída de su estabilidad de 43.0% aproximadamente con respecto al valor de la estabilidad del tercer mes con tendencia a estabilizarse (Figura 1a). Un comportamiento similar se observa para las mezclas elaboradas con CA 80-100 (Ver Figura 1b).

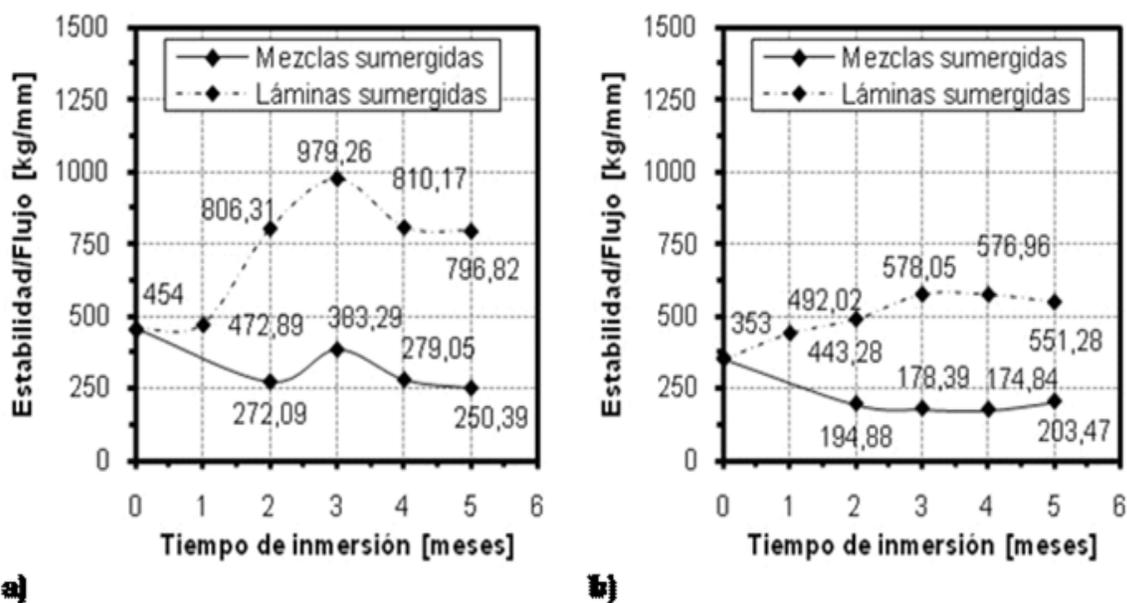
La estabilidad para las mezclas asfálticas sumergidas muestran una pérdida de 53.8% con respecto a la mezcla que no tuvo el proceso de inmersión. Las mezclas asfálticas elaboradas con láminas de CA sumergidas incrementan la estabilidad en los dos primeros meses en un 68.0%, después del segundo mes el comportamiento del CA sumergido es similar a lo observado con el CA 60-70 con tendencia a disminuir.



**Figura 1.** Evolución de estabilidad con respecto al tiempo con a) AC 60-70 sumergido en agua y mezcla asfáltica sumergida a una temperatura de 18°C. b) AC 80-100 sumergido en agua y mezcla asfáltica sumergida a una temperatura de 18°C.

En la Figura 2 se observa la evolución de la relación entre la estabilidad/flujo (llamada también rigidez Marshall por algunos investigadores) con el tiempo. La rigidez Marshall de las mezclas fabricadas con CA 60-70 tiende a disminuir con el tiempo de inmersión en el agua (ver Figura 2a). La pérdida total de rigidez Marshall en los cinco meses de inmersión es de 44.8% con respecto a la mezcla que no tuvo un proceso de inmersión. Los resultados de la mezclas elaboradas con el cemento asfáltico sumergido (laminas sumergidas) en los tres primeros meses muestra un incremento de 115% y en el

quinto mes de 75.5% con respecto al mes cero. En el cuarto y quinto mes la mezcla asfáltica muestra una disminución de su rigidez con respecto al valor obtenido en el tercer mes con tendencia a estabilizarse. Las mezclas asfálticas sumergidas y fabricadas con CA 80-100 disminuyen la rigidez Marshall tendiendo a estabilizarse. Las laminas de CA sumergidas cuando son usadas para la elaboración de las mezclas asfálticas generan un aumento en la rigidez de las mezclas en el quinto mes de 56.2% con tendencia a estabilizarse (Ver Figura 2b).



**Figura 2.** Evolución de estabilidad con respecto al tiempo con a) AC 60-70 sumergido en agua y mezcla asfáltica sumergida a una temperatura de 18°C. b) AC 80-100 sumergido en agua y mezcla asfáltica sumergida a una temperatura de 18°C.

Resultados similares a los presentados en las Figuras 1-2 pero analizando el módulo, cuando las mezclas asfálticas son sumergidas por un período de 24 horas a 60°C, han sido reportados por (Covarrubias et al., 2009a).

**Ensayos de penetración sobre las láminas de CA sumergidas en agua**

Con el fin de evaluar si el ligante cambia sus propiedades en presencia del agua y

para tratar de explicar lo observado en las Figuras 1-2, se realizaron ensayos de penetración a los CA de las láminas sumergidas. En las tablas 8-9 se observa que los CA 80-100 y CA 60-70 adquieren una consistencia más rígida en presencia del agua lo que ayuda a entender el aumento en estabilidad y rigidez de las mezclas observado en las Figuras 1-2.



<b>Tipo de CA</b>	<b>Penetración [1/10 mm]</b>
<b>60 – 70</b>	<b>56</b>
<b>80 – 100</b>	<b>78</b>

Tabla 8. Penetración a 1 mes de sumersión en el agua.

<b>Tipo de CA</b>	<b>Penetración [1/10 mm]</b>
<b>60 – 70</b>	<b>36</b>
<b>80 – 100</b>	<b>49</b>

Tabla 9. Penetración a 5 meses de sumersión en el agua.

## CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos, indicaron que el agua afecta la estabilidad y rigidez Marshall en las mezclas asfálticas.
- La pérdida de rigidez y estabilidad Marshall puede ser causado por el aumento en la consistencia del cemento asfáltico, generando pérdida de la adherencia y la cohesión con el agregado pétreo.
- El agua afecta las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica de

manera diferente según el tipo de cemento asfáltico utilizado.

- En próximas investigaciones se debe medir la influencia del agua sobre el cambio en las propiedades químicas, geológicas y de resistencia mecánica bajo carga cíclica que experimentan ligantes y mezclas asfálticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Airey, G. D. (2003). State of the art report on ageing test methods for bituminous pavement materials.



- International Journal of Pavement Engineering. Vol. 4 (3), 165-176.
- Bocci, M. and Cerni, G. (2000). The ultraviolet radiation in short-and long-term aging of bitumen. Proc. 2nd Eurasphalt & Eurobitume. Congress. Session 1: Performance Testing and Specifications for Binder and Mixtures. Barcelona. Pp. 49-58.
  - Brown, S. F. & Scholz, T. V. (2000). Development of laboratory protocols for the ageing of asphalt mixtures. Proc. 2nd Eurasphalt & Eurobitume. Congress, Session 1: Performance Testing and Specifications for Binder and Mixtures. (Barcelona) Pp.83-90.
  - Covarrubias, P. L., Aranda, O. L., Cremades, I., Limón, F. & Miró, R. (2009a). Pérdida de Módulo Resiliente por inmersión en agua. XV CILA. Congreso Ibero-Latinoamericano do Asfalto. Lisboa -Portugal.
  - Covarrubias, P. L., Aranda, O. L., Navarro, I. S., Ortiz, M. C., Ibañez, I. C. & Navarro, J. O. (2009). Análisis y comparación de los diferentes métodos de sensibilidad al agua de las mezclas asfálticas basado en el protocolo AMAAC. XV CILA. Congreso Ibero-Latinoamericano do Asfalto. Lisboa - Portugal. P. 437
  - Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2007). Especificaciones generales de Construcción de carreteras. Bogotá D.C. Colombia.
  - Kemp, G. R. & Predoehl, N. H. (1981). A comparison of field and laboratory environments of asphalt durability. Proc. Assn. Asphalt Paving Technol., 50. Pp: 492-537.
  - Khalid, H. A. & Walsh, C. M. (2000). Relating mix and binder fundamental properties of aged porous asphalt materials. Proc. 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Session 1: Performance Testing and Specifications for Binder and Mixtures. Barcelona. Pp.398-405.
  - Khalid, H. A. (2002). A new approach for the accelerated ageing of porous asphalt mixtures. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Transport 153, Issue 3. Pp.171-181.
  - Kim, O-K., Bell, C. A., Wilson, J. E. and Boyle, G. (1987). Development of laboratory oxidative aging procedures for asphalt cements and asphalt mixtures. Transportation Research Record, 1115, Transportation Research Board: Washington D.C. Pp. 101-112.
  - Kim, S. & Coree, B. J. (2005). Evaluation of HMA moisture sensitivity using the Nottingham Asphalt Test Equipment. Final Report IOWA State University.
  - + Leal, D. R. & López, E. A. (2009) Influencia del medio ambiente y el agua en mezclas densas en caliente (MDC-2). Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Colombia: Bogotá D.C.



- Mansour S., Bonaquist R. & Tandon V. (2007). Improved Conditioning and testing procedures for HMA moisture susceptibility. NCHRP Report 589. Washington, D.C.
- Montepara, A. (1999). A theoretical-interpretative model of the relationship between UVradiation ageing of bitumen and viscosity variation. Proc. of Eurobitume Workshop, paper No. 075. Luxemburg.
- Montepara, A. (1999). A theoretical-interpretative model of the relationship between UVradiation ageing of bitumen and viscosity variation. Proc. of Eurobitume Workshop, paper No. 075. Luxemburg.
- Pabón, J. D. (2006). Variabilidad climática y cambio climático en la Sabana de Bogotá: Departamento de Geografía Universidad Nacional de Colombia: Bogotá D.C. Pp. 26-29.
- Rojas, E. M. & Castillo, G. A. (2008). Comportamiento de mezclas asfálticas densas en caliente MDC-2 sometidas a cambios de temperatura. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia: Bogotá D.C.
- Rondón, H. A. & Reyes, F. A. (2009). Influencia de las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá sobre el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica. Revista Ingeniería de Construcción. Vol. 24 (2). Pp. 195-207.
- R- ondón, H. A., Reyes, F. A. & Moreno, L. a. (2009). Influencia de las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá D.C. sobre la resistencia mecánica de una mezcla densa en caliente, XV CILA. Congresso Ibero-LatinoAmericano do Asfalto:Lisboa (Portugal). P. 923.
- Welborn, J. Y. (1984). Physical properties as related to asphalt durability: State of the art. Transportation Research Record, 999, Transportation Research Board, Washington D.C. Pp. 31-36.



## PERFIL DE LOS AUTORES

**ALAN EDUARDO SÁNCHEZ ERASO:** Ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia. Área de interés VIAS Y PAVIMENTOS: Correo electrónico: aesanchez33@hotmail.com. Empresa Esving ingeniería y proyectos Ltda. Calle 81No. 114-25 Bogotá.

**JHON JAIRO LÓPEZ CUECA:** Ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia.

**HUGO ALEXANDER RONDÓN QUINTANA:** Ingeniero Civil, Magíster en Ingeniería Civil y Doctor en Ingeniería. Profesor Investigador, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia. Dirección: Dg. 47, 15-50, sede El Claustro (Bogotá D.C., Colombia), Teléfono: 3277300 ext. 3137, Fax. 2858792, Correo electrónico: harondon@ucatolica.edu.co

**LUÍS ÁNGEL MORENO ANSELMÍ:** Ingeniero Civil, Magíster en Ingeniería Civil. Profesor asistente, Universidad Militar Nueva Granada INSEDI. Dirección: Cra. 11 No. 101-80 (Bogotá D.C., Colombia), Teléfono: 6343200 ext. 219, Correo electrónico: luis.moreno@unimilitar.edu.co