

Optimización del desempeño de mezclas asfálticas en caliente mediante la incorporación de aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos

Juan Sandagorda¹, Jahel S. Ledezma^{1,*}

¹Laboratorio de Pavimentos y Asfaltos, Departamento de Civil, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia

*sarvialedezma@fcyt.umss.edu.bo

Resumen

El desprendimiento de agregados de la superficie del pavimento mediante la presencia del agua es un problema recurrente. Las características de los agregados, su naturaleza, mineralogía y porosidad, pueden afectar este fenómeno. Si bien se plantea la incorporación de mejoradores de adherencia como una solución en la etapa de diseño, es necesario evaluar su impacto en el desempeño de la mezcla. De esta forma, la presente investigación analizó la influencia de un aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos en el desempeño de las mezclas asfálticas. Se dosificaron mezclas asfálticas siguiendo la metodología Marshall, evaluando la dosis óptima de aditivo de adherencia a incorporar en las mezclas asfálticas convencionales y modificadas. Esto se realizó mediante ensayos de adherencia entre el agregado grueso y el ligante, utilizando diferentes concentraciones de aditivo (0.03%, 0.05% y 0.07%). Los resultados mostraron que la dosis óptima de aditivo fue del 0.07% para ambas mezclas asfálticas. Posteriormente, se evaluó la susceptibilidad a la humedad mediante la norma ASTM D4867 y la deformación permanente utilizando la rueda de Hamburgo, siguiendo la norma AASHTO T324. Al analizar los resultados de estos ensayos, se observó que las mezclas asfálticas convencionales y modificadas con la adición del aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos al 0.07% presentaron un aumento del 10.61% y 9.95% en resistencia a la humedad, respectivamente, y una disminución del 32.30% y 40.04% en la deformación permanente en comparación con las mezclas convencionales y modificadas sin aditivo de adherencia.

Palabras clave: *Aditivo mejorador de adherencia, Mezcla asfáltica convencional, Mezcla asfáltica modificada.*

Abstract

The detachment of aggregates from the pavement surface due to the presence of water is a recurring problem. The characteristics of the aggregates, such as their nature, mineralogy and porosity, can affect this phenomenon. Although the incorporation of adhesion improvers is considered as a solution in the design stage, it is necessary to evaluate their impact on the performance of the mixture. In this way, the present investigation analyzed the influence of an organosilane-based adhesion improver additive on the performance of asphalt mixes. Asphalt mixes were dosed following the Marshall methodology, evaluating the optimal dose of adhesion additive to be incorporated into conventional and modified asphalt mixes. This was done by adhesion tests between the coarse aggregate and the binder, using different concentrations of additive (0.03%, 0.05% and 0.07%). The results showed that the optimal dose of additive was 0.07% for both asphalt mixtures. Subsequently, the susceptibility to humidity was evaluated using the ASTM D4867 standard and the permanent deformation using the Hamburg wheel, following the AASHTO T324 standard. When analyzing the results of these tests, it was observed that the conventional and modified asphalt mixes with the addition of the 0.07% organosilane-based adhesion improving additive presented an increase of 10.61% and 9.95% in resistance to humidity, respectively, and a 32.30% and 40.04% decrease in permanent deformation compared to conventional and modified mixtures without adhesion additive.

Key words: *Adhesion improver additive, Conventional asphalt mix, Modified asphalt mix.*

1. Introducción

El daño ocasionado por la presencia de humedad en las mezclas asfálticas conlleva a la degradación de su capacidad estructural. Este fenómeno, conocido como deterioro por humedad, se origina debido a la penetración del agua en la microestructura de la mezcla asfáltica. Sus manifestaciones más habituales incluyen el “*stripping*”, que se refiere al desprendimiento o decapado de la capa superior de la mezcla asfáltica, y el “*raveling*”, que corresponde al desmoronamiento gradual de la capa inferior de la mezcla, provocado por el constante tráfico de vehículos (Caro & Alvarez, 2011).

En Bolivia, este tipo de deterioro es frecuente, ya que según un comunicado de la ABC (El Deber, 2019), casi el 80% de las carreteras en el país se ven afectadas por el impacto del agua debido a las lluvias.

Es importante destacar que, a pesar de que las Especificaciones de Construcción en Bolivia (ABC, 2011) hacen referencia al uso de aditivos de adherencia como parte de la validación de los materiales utilizados en las mezclas asfálticas, no se requiere la verificación del diseño preliminar de la mezcla posterior al diseño Marshall (*Asphalt Mix Design Methods*, 2014). Esta verificación es un requisito en otros países, como Colombia y México (INVIAS 2013, AMAAC 2013), donde se evalúa la susceptibilidad de la mezcla a la humedad. Esta evaluación respalda de manera efectiva la necesidad de mejorar la adherencia de la estructura mediante la incorporación de un aditivo mejorador de adherencia y/o un llenante adecuado.

Estos aditivos, generalmente denominados “mejoradores de adherencia,” presentan en sus moléculas dos grupos simultáneos: un grupo hidrocarbonado de baja o nula polaridad que es compatible con el asfalto y un segundo grupo funcional altamente polar que se adhiere al árido, creando un puente o enlace entre estos componentes (Botasso *et al.*, 2020). La mayoría de los aditivos mejoradores de adherencia son compuestos amínicos que se hidrolizan cuando el asfalto con el aditivo entra en contacto con la humedad presente en los áridos. En este sentido, los mejoradores de adherencia de última generación actúan a escala nanométrica y están compuestos de organosilanos. Los organosilanos son moléculas puente reactivas que modifican permanentemente la superficie del agregado inorgánico, convirtiéndola en una superficie orgánica altamente compatible con el asfalto. Esta modificación se lleva a cabo mediante enlaces químicos, lo que resulta en una nueva interacción entre el asfalto y el agregado, expulsando el aire y formando una unión integral (Zydex, 2015).

2. Métodos y materiales

2.1 Caracterización de los agregados pétreos

Los agregados pétreos utilizados en esta investigación fueron obtenidos de la localidad de Villa Tunari, ubicada en el río Espíritu Santo. Se emplearon cinco tipos de tamaños de agregados (19-16 mm, 16-11 mm, 11-5 mm, 5-3 mm, 3-0 mm y polvo mineral) para el diseño de las mezclas. Se llevaron a cabo una serie de ensayos descritos en la Tabla 1 con el fin de determinar las propiedades y características de los agregados pétreos.

Tabla 1
Caracterización de los agregados pétreos

Ensayo	Unidad	Norma	Limite	Resultado	Verificación
Agregado Grueso					
Gravedad específica del agregado grueso	g/cm ³	ASTM C127	-	2.62	-
Abrasión de los Ángeles	%	ASTM C131	Máx 40%	21.93	Cumple
Caras fracturadas	%	ASTM D5821	Min 90%	95.10	Cumple
Resistencia a los sulfatos (Sanidad)	%	ASTM C2419	Máx 12%	5.29	Cumple
Agregado Fino					
Gravedad específica del agregado fino	g/cm ³	ASTM C128	-	2.58	-
Equivalente de arena	%	ASTM D2419	Min 45%	72.55	Cumple

Fuente: Autores

2.2 Caracterización del cemento asfáltico

Se utilizaron dos tipos de cementos asfálticos en esta investigación: uno clasificado con penetración 60/70 y otro modificado con polímeros SBS (Estireno

Butadieno Estireno). Los ensayos realizados para caracterizar estos cementos se presentan en la Tabla 2, donde se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio en comparación con las normas utilizadas.

Tabla 2

Caracterización del cemento asfáltico

Ensayo	Unidad	Norma	Límite	Cemento asfáltico		Verificación
				60/70	SBS	
Penetración a 25°C	mm	ASTM D5		62.33 (Min 60)	56.83 (Min 40)	Cumple
Peso específico del asfalto a 25°C	g/cm ³	ASTM D71	-	1.000	0.998	-
Ductilidad a 25°C	cm	ASTM D113	Min 100	125.20	86.14	Cumple
Recuperación elástica a 25°C	%	ASTM D6084	Min 50	93.80	87.20	Cumple
Punto de ablandamiento	°C	ASTM D36	-	45.80	71.50	-
Punto de inflamación	°C	ASTM D92	Min 230°C	332.60	306.60	Cumple
Adhesividad del cemento asfáltico y el agregado fino		INVIAS E744	Min 4	10	10	Cumple

Fuente: Autores

2.3 Composición granulométrica

La composición granulométrica de los agregados para la mezcla asfáltica se ajustó a los límites establecidos por los requisitos de gradación para mezclas asfálticas, según las especificaciones técnicas de la Administración Boliviana de Carreteras (ABC, 2011). Se evaluaron dos combinaciones granulométricas, siendo el primer diseño una mezcla asfáltica convencional compuesta por 18% del tamaño de

agregado 19-16 mm, 10% del tamaño de agregado 16-11 mm, 15% del tamaño de agregado 11-5 mm, 8% del tamaño de agregado 5-3 mm, 48% del tamaño de agregado 3-0 mm y 1% de Filler. El segundo diseño empleó una combinación con 17% del tamaño de agregado 19-16 mm, 10% del tamaño de agregado 16-11 mm, 14% del tamaño de agregado 11-5 mm, 10% del tamaño de agregado 5-3 mm y 49% del tamaño de agregado 3-0 mm. Ambas propuestas se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3

Gradación de la combinación granulométrica de los diseños establecidos

Tamiz	Abertura	Grad. densa Convencional	Grad. densa Modificada	Gradación faja "C"		Tolerancia	Gradación faja "C" + Tolerancia	
				Inf.	Sup.		Inf.	Sup.
in	mm							
1"	25	100	100	100	100	±7	93	107
3/4"	19	100	100	97	100	±7	90	107
1/2"	12.5	79.9	79.9	76	88	±7	69	95
3/8"	9.5	67.9	67.9	68	80	±7	61	87
N.º 4	4.8	52.5	52.5	49	59	±5	44	64
N.º 8	2	41.2	41.2	36	45	±5	31	50
N.º 16	1.2	29.3	29.3	22.6	31	±5	17.6	36
N.º 30	0.6	21.4	21.4	17.1	25.3	±5	12.1	30.3
N.º 50	0.3	14.2	14.2	10.1	16.6	±5	5.1	21.6
N.º 100	0.2	6.6	6.6	5.4	10.2	±3	2.4	13.2
N.º 200	0.1	2.25	2.25	3	7	±2	1	9

Fuente: Autores

La Figura 1 muestra las franjas granulométricas de la gradación “C”, que confirman que la mezcla asfáltica convencional cumple con los límites propuestos por la ABC.

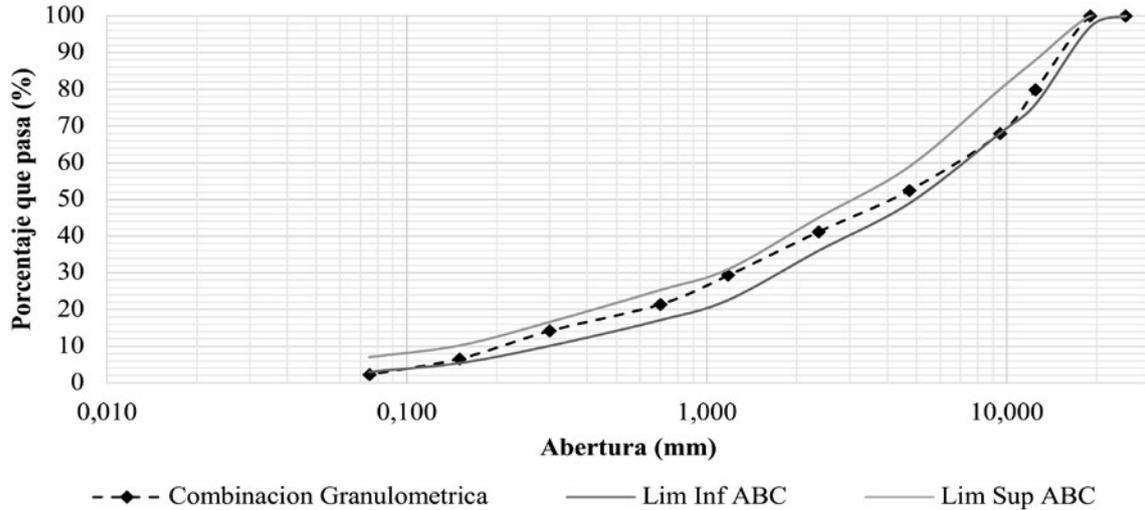


Figura 1. Curva granulométrica de las combinaciones para una mezcla asfáltica convencional.

Del mismo modo, la Figura 2 presenta la composición granulométrica de la mezcla asfáltica modificada, la cual también se ajusta a los límites de la normativa nacional de la ABC.

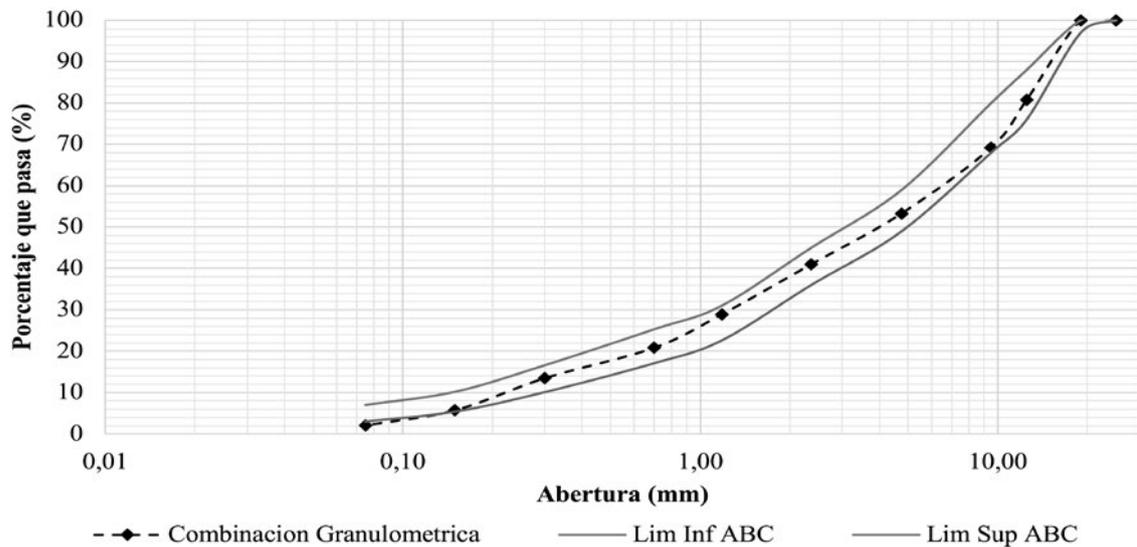


Figura 2. Curva granulométrica de las combinaciones para una mezcla asfáltica modificada.

2.4 Dosificación óptima de aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos

La dosificación del aditivo mejorador de adherencia en el uso de mezclas asfálticas convencional y modificada se determinó evaluando las respuesta pétreo-ligante mediante el ensayo de la DNER ME 078/94 (1994).

2.5 Evaluación de mezclas de susceptibilidad a la humedad

La evaluación de la susceptibilidad a la humedad se llevó a cabo mediante la comparación de la resistencia a la tensión indirecta. Para esto, se fabricaron 6 especímenes para cada mezcla, y la dosificación de cada una se ajustó para obtener un volumen de vacíos (VTM) de $7\pm 1\%$. Posteriormente, se evaluaron 3 especímenes en condiciones secas y 3 especímenes en condiciones de saturación al vacío. El procedimiento del ensayo se basó en la norma ASTM D4867 (ASTM, 2014).

2.6 Evaluación de mezclas a la deformación permanente

La evaluación de la deformación permanente de las mezclas asfálticas en el laboratorio es importante para prevenir la aparición temprana de patologías en los revestimientos asfálticos, como la deformación plástica, la deformación por consolidación y la deformación mecánica. El ensayo “*Hamburg Wheel Tracking*” es una simulación que caracteriza el comportamiento de la deformación permanente mediante repeticiones de carga de ejes de tránsito sobre las muestras de mezcla asfáltica hasta que se alcance el fallo o se desarrolle una deformación de 20 mm, bajo condiciones de humedad. Para esto, se realizaron dos especímenes para cada mezcla ensayada, y ambas mezclas se diseñaron para obtener un volumen de vacíos de $7\pm 1\%$. El procedimiento del ensayo se basó en la norma AASHTO T324 (AASHTO, 2004). Para llevar a cabo el ensayo en la rueda de Hamburgo, se necesitaron 4 probetas

sumergidas en agua a una temperatura de 50°C durante 30 minutos de acondicionamiento. Luego, una rueda de acero de 203 mm de diámetro y 47 mm de espesor recorrió la longitud de la muestra aplicando una carga de 705 ± 4.5 N a una velocidad de 50 ± 5 pasadas por minuto hasta alcanzar 20,000 pasadas o hasta que la muestra desarrolle una deformación de 20 mm.

3. Resultados y discusión

3.1 Diseño de las mezclas asfálticas

El diseño de la mezcla convencional se basó en los parámetros volumétricos proporcionados por el método de diseño Marshall, que incluyen la densidad, el volumen de vacíos (VTM), el volumen de vacíos llenos de asfalto (VFA), el volumen de vacíos en el agregado mineral (VMA), la estabilidad y la fluencia, según las especificaciones del Instituto del Asfalto (Asphalt Mix Design Methods, 2014). Los resultados de los diseños propuestos se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultados obtenidos de los diseños de mezclas asfálticas

Parámetros volumétricos de la mezcla	Unidad	Limites		Diseño de mezclas asfálticas método Marshall	
		Min.	Máx.	60/70 convencional	SBS modificado
Cemento asfáltico óptimo	%	---	---	5.1	5.5
Compactación por golpes	golpes	---	---	75	75
Estabilidad mínima	N	8006	---	15600	17300
Flujo	0.25 mm	8	16	8.1	12.2
Vacíos con aire "VTM"	%	3	5	4.4%	4.6%
Vacíos en el agregado mineral "VMA"	%	14.4	---	15.3	16.6
Vacíos llenos de asfalto "VFA"	%	65	75	71	72
Densidad	g/cm ³	---	---	2.326	2.298

Fuente: Autores

3.2 Dosificación óptima de aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos

En la Tabla 5 se muestra un resumen de los ensayos y resultados obtenidos, por parte de los ensayos de adherencia, en un análisis a la mejora de la incorporación de aditivo mejorador de adherencia.

Tabla 5

Resultados obtenidos de dosis óptima de aditivo de adherencia a base de organosilanos

Resultados obtenidos	Porcentaje de cubrimiento del pétreo con el cemento asfáltico	
	Convencional 60/70	Modificado SBS
Sin aditivo	28.80	65.48
Dosis de 0.03%	60.03	78.09
Dosis de 0.05%	88.21	89.45
Dosis de 0.07%	95.84	96.47

Fuente: Autores

Según las especificaciones técnicas de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC, 2011), el porcentaje mínimo de cubrimiento de ligante al agregado grueso debe ser del 95%. Para lograr este porcentaje, se determinó que una dosis del 0.07% del peso del asfalto proporciona una adherencia del 95.84% con cemento asfáltico convencional 60/70 y del 96.47% con cemento asfáltico modificado SBS.

3.3 Evaluación de la susceptibilidad a la humedad

El ensayo fue realizado conforme la norma ASTM D4867 (2014). Los resultados de la evaluación de la susceptibilidad a la humedad de las mezclas asfálticas convencional y modificada se presentan en la Tabla 6, donde se muestra el promedio del porcentaje de vacíos de cada grupo ensayado.

Tabla 6

Resultados obtenidos del ensayo de susceptibilidad a la humedad para mezclas asfálticas evaluadas

Tipo de mezcla	Cemento asfáltico	Cantidad de aditivo en la mezcla (%)	Descripción de cuerpos de prueba	Porcentaje de vacíos promedio (VTM) (%)	Resistencia a la tracción indirecta promedio (kPa)	Relación de resistencia a la tracción (%)
Convencional	60/70	0,00	Acondicionado	7,32	582,153	86,99
			Seco	7,49	669,201	
		0,07	Acondicionado	6,50	738,105	97,60
			Seco	6,49	756,288	
Modificado	Modificado SBS	0,00	Acondicionado	6,91	615,796	87,78
			Seco	6,90	701,536	
		0,07	Acondicionado	6,35	612,126	97,73
			Seco	6,63	626,333	

Fuente: Autores

En la Figura 3 muestra los resultados de la mezcla asfáltica convencional con la incorporación de un aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos en una dosis del 0.07%, así como los resultados de la mezcla asfáltica modificada con la misma dosis de aditivo.

En la Figura 3 se puede observar la evaluación de la resistencia a la tensión indirecta de la mezcla asfáltica convencional con cemento asfáltico 60/70. Se evidencia que la adición del aditivo mejorador de adherencia al 0.07% resulta en una mejora significativa en la resistencia en comparación con la mezcla sin aditivo. Además, se observa que la mezcla asfáltica modificada con cemento asfáltico SBS (65/80) muestra una mejora del 9.95% en la resistencia a la humedad al utilizar un aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos en una dosis del 0.07% en relación con el peso del ligante.

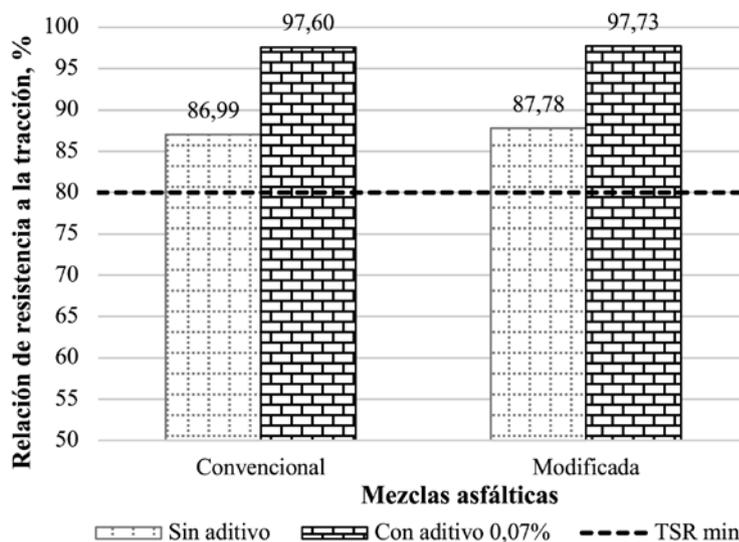


Figura 3. Resultados obtenidos del ensayo de susceptibilidad a la humedad de las mezclas asfálticas estudiadas.

3.4 Evaluación de la susceptibilidad a la deformación permanente

En la Tabla 7 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de rueda de Hamburgo, donde se observa el número de pasadas y deformación producida por cada rueda para cada diferente tipo de mezcla asfáltica.

Tabla 7

Resultados obtenidos del ensayo de deformación permanente según número de pasadas para las mezclas asfálticas evaluadas

Tipo de mezcla	Cemento asfáltico	Cantidad de aditivo en la mezcla (%)	Rueda	Porcentaje de vacíos promedio (VTM) (%)	Ahuellamiento desarrollado (mm)	Ahuellamiento promedio (mm)
Convencional	60/70	0,00	1	8,47	20,09	20,10
			2	7,67	20,11	
		0,07	1	7,50	13,83	13,61
			2	7,67	13,39	
Modificado	Modificado SBS	0,00	1	7,33	7,18	5,57
			2	6,91	3,95	
		0,07	1	7,67	2,34	3,34
			2	6,77	4,34	

Fuente: Autores

En la Figura 4 se muestra la comparación promedio de la deformación permanente presentada por las dos ruedas evaluadas para las mezclas asfálticas convencional y modificada.

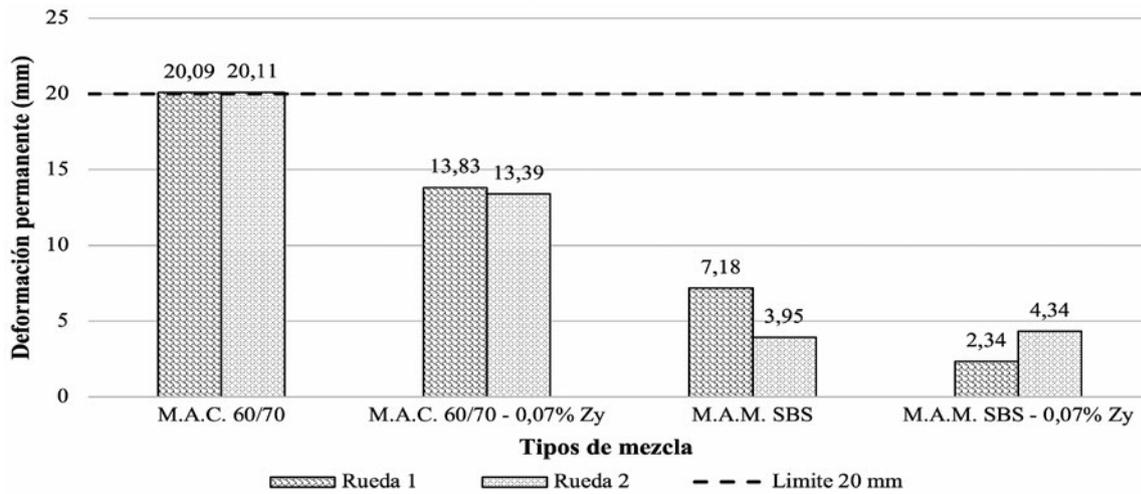


Figura 4. Resultados obtenidos del ensayo de deformación permanente de las mezclas asfálticas estudiadas.

Al analizar la Figura 4, se observa una notable mejora en términos de deformación (ahuellamiento) en la mezcla convencional al agregar un aditivo mejorador de adherencia al 0.07%. En contraste, la mezcla asfáltica convencional sin aditivo no cumple con la deformación admisible, alcanzando los 20.10 mm en la pasada 19860. Cabe destacar que la deformación máxima permitida en el ensayo es de 20 mm a las 20000 pasadas. Por otro lado, la mezcla asfáltica convencional con aditivo logra completar las 20000 pasadas con una deformación de 13.61 mm, cumpliendo con el límite máximo establecido. Estos resultados indican claramente los beneficios favorables del aditivo mejorador de adherencia a base de organosilanos en términos de deformación permanente.

En la Figura 4 también se puede apreciar una notable mejora en la mezcla asfáltica modificada al agregar un aditivo mejorador de adherencia al 0.07%, en comparación con la mezcla modificada sin aditivo. En términos de deformación promedio en las dos ruedas, la mezcla modificada sin aditivo alcanza una deformación de 5.57 mm a las 20000 pasadas, cumpliendo con los parámetros del ensayo de deformación permanente. Por otro lado, al agregar un aditivo mejorador de adherencia del 0.07% al cemento asfáltico modificado SBS (65/80), se logra una mejora significativa en la deformación, llegando a tan solo 3.34 mm a las 20000 pasadas. Estos resultados demuestran claramente los beneficios del aditivo en la reducción de la deformación permanente en la mezcla asfáltica modificada.

4. Conclusiones

En el estudio realizado sobre las mezclas asfálticas convencionales y modificadas, se cumplió con los requisitos de gradación "C" establecido por la ABC. Para la mezcla asfáltica modificada con cemento asfáltico modificado SBS, se determinó que el porcentaje óptimo de ligante es del 5.5%, lo cual resulta en una mayor estabilidad y un porcentaje de vacíos del 4.6%. En el caso de la mezcla asfáltica convencional, se encontró que el porcentaje óptimo de ligante es del 5.1%, también con una mayor estabilidad y un porcentaje de vacíos del 4.4%.

Asimismo, se evaluó la dosificación óptima de un aditivo mejorador de adherencia en las mezclas asfálticas. Los resultados mostraron que, sin aditivo, el cemento asfáltico convencional 60/70 presentó un valor de adherencia del 28.8%. Sin embargo, al agregar un aditivo al 0.07%, la adherencia aumentó significativamente a 95.84%. Para el cemento asfáltico modificado SBS, la adherencia sin aditivo fue del 65.46%, pero al añadir el aditivo al 0.07%, se registró una mejora en la adherencia del 96.4%.

Estos hallazgos demuestran mejoras sustanciales en las mezclas asfálticas convencionales y modificadas al incorporar un aditivo de adherencia a base de organosilanos al 0.07%. Se observó un incremento del 10.61% y 9.95% en la resistencia a la humedad de las mezclas asfálticas convencionales y modificadas, respectivamente. Además, se evidenció una reducción significativa del 32.30% y 40.04% en la deformación permanente, respectivamente, en comparación con las mezclas convencionales y modificadas sin aditivo de adherencia.

5. Recomendaciones

Realizar un estudio de análisis de comparación del desempeño de las mezclas asfálticas donde se incorpore diferentes aditivos de adherencia con el propósito de realizar un análisis de costo-beneficio de los aditivos mejoradores de adherencia.

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Laboratorio de Pavimentos y Asfaltos por brindar los medios necesarios por los cuales fue posible ejecutar este proyecto.

6. Referencias bibliográficas

- AASHTO T324. (2004). *Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA)*. American Association of Highway and Transportation Officials. USA.
- ABC. Administradora Boliviana de Carreteras. (2011). *Manual de especificaciones técnicas de construcción*. Bolivia
- AMAAC. (2013). Asociación Mexicana del Asfalto. Protocolo AMAAC PA-MA-01/2013: Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño. México.
- Asphalt Mix Design Methods. (2014). *Asphalt Mix Design Methods* (Vol. Seventh Edition). USA.
- ASTM D4867.(2014). *Standard Test Method for Effect of Moisture on Asphalt Concrete Pavement Mixtures*. USA: American Society of Testing and Materials.
- Botasso, G. H., Rebello, O. R., Soengas, C., & Balige, M. (2020). *Metodología para la evolución en la incorporación de promotores de adherencia en cementos asfálticos*. Rio de Janeiro - Brasil: XVI CILA - Congreso Ibero - Latinoamericano del Asfalto.
- Caro, S., & Alvarez, A. (2011). *Evaluación de la susceptibilidad al daño por humedad de mezclas asfálticas empleando propiedades termodinámicas*. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de Los Andes. Bogotá. Colombia.
- DNER-ME 078/94. (1994). Agregado graúdo - adhesividade a ligante betuminoso. Departamento Nacional de Estradas Rodagem. Brasil.
- El Deber. (13 de febrero de 2019). *ABC: el 80% de carreteras presentan problemas por lluvias y derrumbes*. https://eldeber.com.bo/bolivia/abc-el-80-de-carreteras-presentan-problemas-por-lluvias-y-derrumbes_76565.
- INVIAS. (2013). Instituto Nacional de Vías. *Especificaciones generales de Construcción de Carreteras*. Ministerio de Transporte. Colombia
- Zydex. (2015). *Zycotherm Nanotecnología Para Pavimentos Asfálticos*. http://www.brem.com.pe/14_Spanish_ZT_July2015.pdf