



DOI: <https://doi.org/10.46296/yc.v6i11edespsep.0225>

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MICROPAVIMENTO CON ADITIVOS

ASPHALT MIX DESIGN TYPE MICRO-PAVEMENT WITH ADDITIVES

Delgado-Salvatierra Kelvin Armando ¹; Macías-Sánchez Lucia Katherine ²;
Ortiz-Hernández Eduardo ³

¹ Maestrante del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: kdelgado8915@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7754-0978>.

² Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: lucia.macias@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9921-4943>.

³ Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: eduardo.ortiz@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1885-6005>.

Resumen

Los pavimentos deben cumplir con un tiempo de vida útil apropiado según su diseño estructural, brindando seguridad y confort a los usuarios que transitan por esta infraestructura. En ese sentido, el objetivo de esta investigación radica en proponer un diseño de mezcla asfáltica tipo micropavimento con aditivos basado en especificaciones técnicas que mejoren la superficie de rodadura. Para ello, en primera instancia, se analiza la base bibliográfica de investigaciones relacionadas a los micropavimentos. Por otro lado, se determinan las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la mezcla asfáltica y se establecen los porcentajes óptimos de aditivos empleados en la mezcla asfáltica, la metodología aplicada en este diseño es la que consta en el Manual del Instituto Norteamericano del Asfalto METODOS DE DISEÑO PARA CONCRETO ASFALTICO Y OTROS TIPOS DE MEZCLAS CALIENTES, recomendada y aceptada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Las propiedades de los materiales, su dosificación y rangos tolerables han sido determinados conforme a los requerimientos.

Palabras claves: Pavimentos, Mezcla Asfáltica, Micropavimentos.

Abstract

The pavements must comply with an appropriate useful life time according to their structural design, providing safety and comfort to the users who pass through this infrastructure. In this sense, the objective of this research lies in proposing a micro-surfacing type asphalt mix design with additives based on technical specifications that improve the rolling surface. For this, in the first instance, the bibliographic base of research related to micro-surfacing is analyzed. On the other hand, the physical and mechanical properties of the materials used in the asphalt mix are determined and the optimal percentages of additives used in the asphalt mix are established. The methodology applied in this design is the one stated in the Manual of the North American Institute of Asphalt DESIGN METHODS FOR ASPHALT CONCRETE AND OTHER TYPES OF HOT MIXTURES, recommended and accepted by the Ministry of Transportation and Public Works of Ecuador. The properties of the materials, their dosage and tolerable ranges have been determined according to the requirements.

Keywords: Pavements, Asphalt Mix, Micro-pavements.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 06 de junio de 2022.

Fecha de aceptación: 02 de septiembre de 2022.

Fecha de publicación: 08 de septiembre de 2022.



1. Introducción

El mal estado de la red vial se presenta comúnmente en un gran número de países alrededor del mundo, incluyendo Ecuador, en donde se ha concluido que el deterioro se debe a diferentes factores, siendo uno de estos el desgaste de la superficie, lo que implica realizar bacheos o recapeos superficiales que demandan un elevado costo de mantenimiento (Xu et al., 2018).

Para dar solución a esta problemática se propone el uso de microaglomerados, que, al emplearse sobre mezclas asfálticas de mayor espesor, aportan un coeficiente estructural capaz de alargar la vida útil del pavimento. Los microaglomerados permiten la preparación de asfaltos tipo micropavimento, que permitirán disminuir el deterioro en la capa de rodadura de una vía, generalmente manifestado en forma de baches o fisuras (Li et al., 2020). Por lo que, estos materiales pueden aportar ventajas sustanciales en la preparación de mezclas asfálticas, como la dotación de condiciones de resistencia mecánica, resistencia al

deslizamiento y propiedades fono absorbentes. Por consiguiente, dichas mezclas deberán elaborarse en función de cemento asfáltico modificado con polímeros que presentan una discontinuidad granulométrica muy acentuada en los tamaños intermedios del total de la gradación, relleno mineral y eventualmente aditivo (Martinho et al., 2017).

En varios proyectos de construcción de infraestructura se emplean los microaglomerados como una solución superficial para mantener en óptimo estado las capas de rodadura, teniendo una muy buena aceptación, debido a que mejora de manera muy significativa la textura y rugosidad de dichas capas, aportando un mantenimiento integral de las vías a bajo costo (Usman et al., 2019; Yao & You, 2016). En Ecuador también puede masificarse la aplicación de estas soluciones constructivas para el mantenimiento vial, puesto que, en provincias como Manabí, se observan varios tramos de vías con desgaste superficial. Por lo tanto, se pretende diseñar una mezcla asfáltica tipo micropavimento, que permita dar solución a este problema y que a su



vez sea económicamente factible para su utilización en cualquier tipo de mantenimiento vial. Bajo esta premisa se formula el siguiente problema desde la arista investigativa: ¿Cómo ayudará el diseño de una mezcla asfáltica tipo micropavimento con aditivos al mantenimiento vial?

➤ **Micropavimentos**

Son mezclas con un tamaño máximo de agregado pétreo limitado inferior a 10 mm, lo que permite aplicarlas en capas de pequeño espesor. Tanto los microaglomerados en frío (se le suele llamar a las lechadas asfálticas más gruesas) como los microaglomerados en caliente son por su pequeño espesor (que es inferior a 3 cm.) tratamientos superficiales con una gran variedad de aplicaciones.

La micro pavimentación consistirá en una mezcla de asfalto emulsionado modificado con polímeros, agregado mineral, agua y aditivos, proporcionados, mezclados y esparcidos de manera uniforme sobre una superficie preparada adecuadamente. La micro pavimentación debe funcionar en secciones de diferentes espesores,

como baches, capas niveladoras y superficies fresadas. Después del curado y la consolidación inicial del tránsito, debe resistir una mayor compactación. La micro pavimentación se aplicará como una placa homogénea, se adherirá firmemente a la superficie preparada y presentará una textura resistente a los deslizamientos durante su vida útil. El micro pavimento es un sistema de tránsito rápido que permite que el tránsito se reactive poco tiempo después de su colocación (ISSA, 2010). Por lo general, estos sistemas deben aceptar tránsito recto de rodamiento sobre una superficie gruesa de 0,5 pulgadas (12,7 mm) dentro de una hora después de la colocación, en condiciones de aplicación específicas. Para que el tránsito pueda detenerse y arrancar, puede ser necesario tiempo de curado adicional.

➤ **Mezclas asfálticas finas**

Las mezclas asfálticas finas son microaglomerados o morteros asfálticos; éstas son mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico. El tamaño máximo del agregado pétreo determina el

espesor mínimo con el que se extiende la mezcla (del doble al triple del tamaño máximo) (Construpedia, 2012) su función es proporcionar una superficie de rodamiento cómoda, segura y económica a los usuarios de las vías de comunicación, facilitando la circulación de los vehículos, aparte de transmitir suficientemente las cargas debidas al tráfico a la explanada para que sean soportadas por ésta (Padilla, 2014).

Actualmente la reología de las mezclas está bien estudiada tanto desde el punto de vista experimental como del teórico, con una consecuencia práctica inmediata: la mejor adaptación de las fórmulas de trabajo y de los materiales a las condiciones reales de cada pavimento. Por ejemplo, son fácilmente asequibles estos ajustes, según la región climática o las condiciones de velocidad de los vehículos, en los métodos de diseño de pavimentos.

➤ **Método Marshall para mezclas asfálticas**

Tradicionalmente, los diseños de mezclas asfálticas de laboratorio se basan en el Método Marshall, en el

que las mezclas asfálticas se compactan con un martillo de caída de 4,5 kg. Aunque las propiedades volumétricas son razonablemente aceptadas, el logro real de las propiedades volumétricas compactadas con rodillo en el sitio aún es inverosímil (Radzi et al., 2019). Esto se debe a que los diseños de mezcla de laboratorio se desarrollaron utilizando un compactador de peso Marshall Drop y en el campo, la capa de asfalto se compacta utilizando un rodillo de alta resistencia. En los últimos años, el compactador giratorio Superpave ha entrado en juego con un enfoque de carga estática y amasado (Salem et al., 2014).

La metodología Marshall utiliza una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, en la cual en la ordenada se encuentran el porcentaje de material que pasa cierta malla, y en la abscisa las aberturas de las mallas en mm, graficadas en forma logarítmica. (TRANSPORTE, 2004), la selección del contenido óptimo de asfalto depende de muchos criterios. Un punto inicial para el diseño es escoger el porcentaje de asfalto para el promedio de los límites de vacíos



de aire, el cual es 4%. Todas las propiedades medidas y calculadas bajo este contenido de asfalto deberán ser evaluadas comparándolas con los criterios para el diseño de mezclas Tabla 1. Si

todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de que un criterio no se cumpla, se necesitará hacer ajustes, o rediseñar la mezcla.

Tabla 1. Criterio de diseño de mezclas Marshall

Método Marshall	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta base		Carpeta base		Carpeta base	
Criterio de la mezcla	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Compactación, numero de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75	
Estabilidad, (N) (lb)	3336		5338		8006	
	750		1200		1800	
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

2. Metodología

La investigación se ha diseñado en dependencia de una estructura metodológica exploratoria, explicativa, cualitativa y cuantitativa. Es decir, se realizó un abordaje de la problemática, analizando las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la mezcla asfáltica teniendo en cuenta la normativa de los materiales, las Normas ISSA y en última instancia el Método Marshall. Además, se explica la composición óptima de

micropavimentos preparados con aditivos. Se presentan resultados teóricos (cualitativos) y numéricos (cuantitativos), que son contrastados con la base de investigaciones referentes en este campo de estudio. Se tomó como referencia la red vial de la provincia de Manabí, puesto que como se ha mencionado, se evidencia la necesidad de implementar mezclas asfálticas más resistentes, que permitan aumentar la vida útil del pavimento. Se tomaron muestras representativas que permitan evaluar la capacidad

del microaglomerado como aditivo de las mezclas asfálticas tradicionalmente diseñadas y construidas en vías importantes de la provincia de Manabí, con la intención de reducir el desgaste superficial que se presenta en los pavimentos y además se realizaron pruebas con diferentes concentraciones de aditivos en la mezcla asfáltica, en aras de plantear concentraciones óptimas que aumenten la calidad y resistencia del pavimento.

Las técnicas empleadas en la investigación se respaldan en análisis bibliográficos, recolección de información de campo y evaluación de características de la propuesta en contraste de las normativas vigentes.

3. Resultados y discusión

Una vez que se cuenta con la caracterización de los materiales utilizados individualmente siendo el tamaño máximo nominal 9.5mm, se procede a realizar el análisis y discusión de resultados. Producto de la granulometría individual de los tres materiales utilizados en el diseño, se determinaron los porcentajes que se muestran en la tabla 2, dichos materiales son obtenidos y triturados en canteras ubicadas en el cantón Portoviejo, logrando así la curva granulométrica que se encuentra dentro de las especificaciones técnicas del MOP. (ECUADOR, 2002)

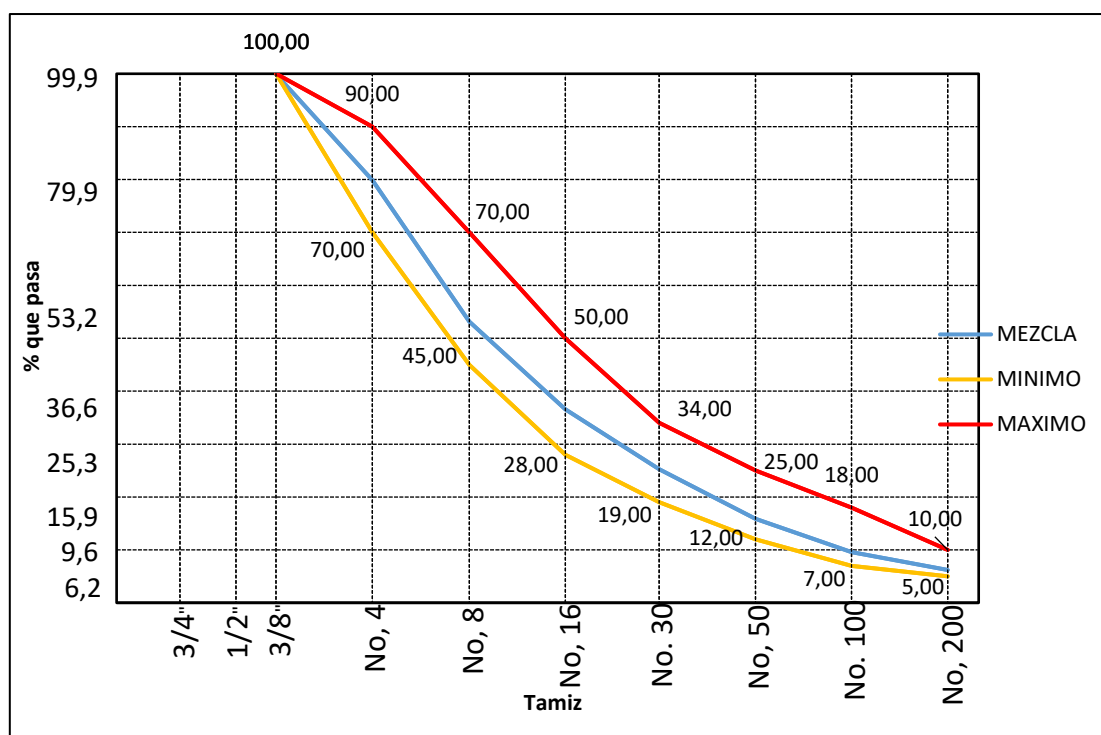
Tabla 2. Porcentajes de agregados requeridos en el diseño.

PORCENTAJES DE DISEÑO:			
RIPIO DE 3/8"	CANtera URUZCA	15	%
CISCO GRUESO	CANtera URUZCA	30	%
ARENA LAVADA	CANtera URUZCA	55	%

En la figura 1 se presenta la curva granulométrica obtenida, donde se puede apreciar que los valores determinados están dentro de los límites establecidos, cumpliendo con lo establecido por las

especificaciones del MOP-001-F 2002.

Figura 1. Curva granulometrica obtenida de la combinacion de agregados



El asfalto a utilizarse en este diseño debe de ser un asfalto modificado con los aditivos KAOWATS, DANOX ARJ y GRIPPER 67 que reduzcan la viscosidad del mismo a temperaturas entre 110° y 160°C y que aumenten el punto de reblandecimiento. La cantidad de aditivos adicionados al asfalto deberá ser aquella que permita que el asfalto modificado

cumpla con los requisitos de control calidad.

Los aditivos utilizados para esta tecnología deberán de ser incorporados en el asfalto con el objetivo de cumplir con los requerimientos. Las formulaciones de estos aditivos utilizada en el diseño se describen en la tabla 3.

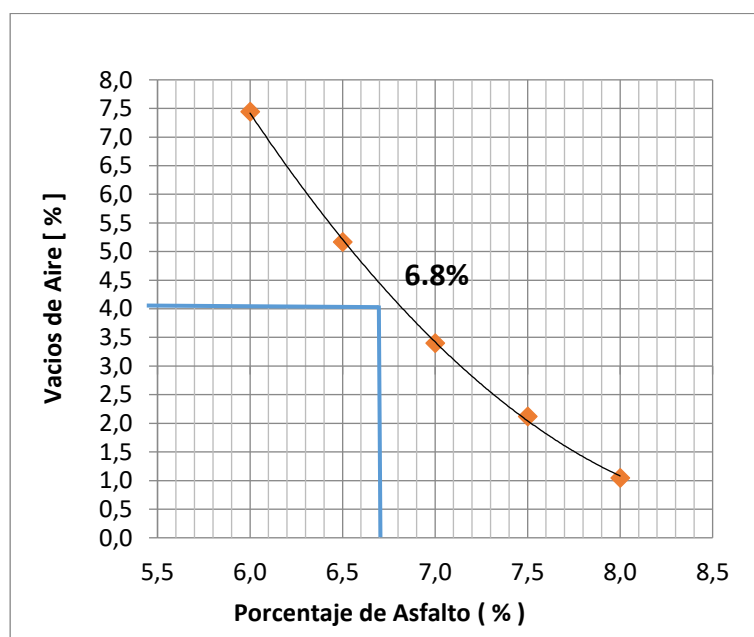
Tabla 2: Porcentajes de aditivos utilizados en el diseño.

Aditivo	Dosis respecto a el asfalto (%)
KAOWATS	3.5
DANOX ARJ	1.0
GRIPPER 67	0.5

Una vez obtenida la combinación granulométrica se aplicó el método Marshall utilizando diferentes porcentajes de asfalto, de esta manera se analiza el comportamiento de la mezcla mediante las propiedades volumétricas de la mezcla

compactada determinando varias gráficas, como el que se muestra en la figura 2, representando el porcentaje asfalto (%) vs vacíos de aire (%), obteniendo así el porcentaje óptimo de asfalto al 4% de vacíos, siendo este 6.8%.

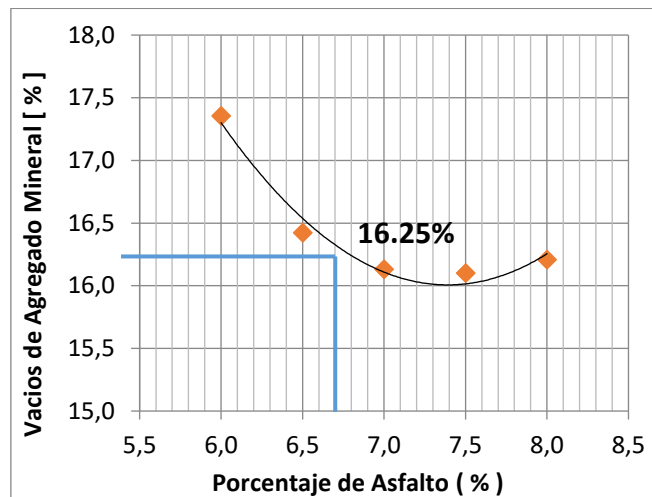
Figura 2. Curva de porcentaje de vacíos Vs. Porcentaje de Asfalto



Los Vacíos en el Agregado Mineral (VMA) consideran los volúmenes ocupados por los vacíos de aire atrapados y el asfalto efectivo. El diseño considera un porcentaje mínimo de VMA dependiendo del tamaño del agregado. Si el porcentaje del VMA son bajos la

película de asfalto será delgada y la mezcla será susceptible a oxidación. Dentro de las especificaciones de diseño de mezclas asfáltica se estipula que este valor tiene que ser superior al 14%, mostrando el cumplimiento de este requerimiento en la figura 3.

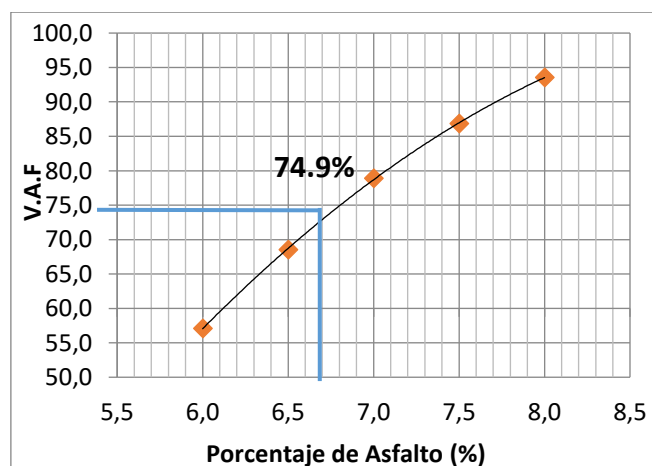
Figura 3. Curva agregado mineral



Los Vacíos Llenos de Asfalto, VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de

aire del VMA, y luego dividiendo por el VMA, expresando el valor final como un porcentaje. Este tiene que estar comprendido entre el 65% y 75% según las Especificaciones del Instituto del Asfalto. Figura 4.

Figura 4. Curva de porcentaje de V.A.F

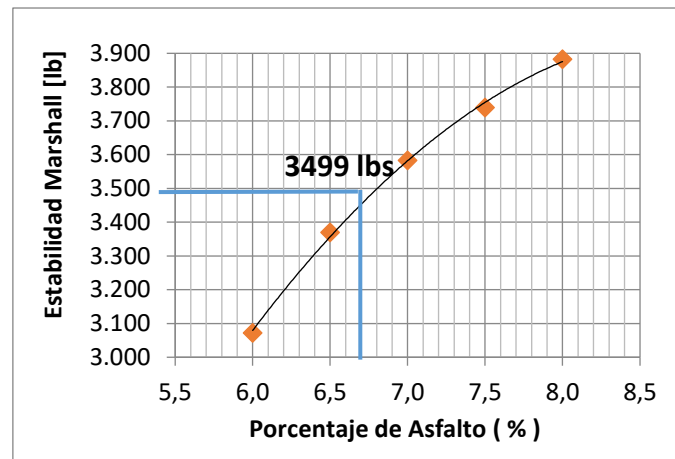


La estabilidad Marshall representa la resistencia estructural de la mezcla compactada y esta va afectada principalmente por el contenido de

asfalto, la composición granulométrica y el tipo de agregados. El valor de la estabilidad es un índice de la calidad del

agregado, teniendo esta que ser superior a 2200 libras, lo cual cumple tal como se muestra figura 5.

Figura 5. Curva de estabilidad Marshall Vs Porcentaje de Asfalto



La gravedad específica del asfalto, se calculan usando el método de Prueba Rice, que es una característica dominante del asfalto de la mezcla caliente (HMA) usada para calcular el porcentaje de vacíos de aire compactado. Este cálculo, realizado de acuerdo con AASHTO T 209 y ASTM D2041 (AASHTO, 1993) se utiliza en el diseño de mezcla para la determinación de la densidad máxima teórica y vacíos de aire en el

lugar. También se utiliza para calcular la cantidad de asfalto absorbido en la mezcla y proporcionar valores teóricos para las operaciones de compactación. La tabla 3 muestra los valores obtenidos del diseño y en ella se cumple la condición donde la gravedad específica aparente debe ser mayor a la gravedad específica efectiva y esta a su vez debe ser mayor a la gravedad específica bulk.

Tabla 3. Valores del obtenidos del diseño

PORCENTAJE OPTIMO DE ASFALTO (%)	Pb=	6.8
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK (Kg/m ³)	Gsb=	2.609
GRAVEDAD ESPECIFICA EFECTIVA (Kg/m ³)	Gse=	2.725
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE (Kg/m ³)	Gsa=	2.810



4. Conclusiones

Mediante este estudio fue posible determinar que la mezcla asfáltica de micropavimentos puede ser aplicada para mantenimientos superficiales que se presenta en los pavimentos ya que cumple con los requerimientos de diseño. En este contexto, fue posible generar los lineamientos en los que se sustenta el diseño y construcción de la mezcla de los microaglomerados en caliente, como una posible técnica de mejoramiento vial, ante el continuo desgaste que sufren las carpetas asfálticas. La estructura del agregado, que depende de la gradación, es un factor importante para determinar las propiedades volumétricas. El proceso de diseño para determinar la combinación óptima de agregados actualmente es iterativo y los ingenieros confían casi exclusivamente en la experiencia. Este enfoque requiere mucho tiempo y, a menudo, da como resultado mezclas subóptimas.

Asimismo, fue posible obtener la descripción de cada uno de los pasos y procedimientos a seguir para la colocación y mantenimiento de este tipo de carpeta asfáltica tipo

micropavimento, lo que en consecuencia permitió cumplir los requisitos técnicos exigidos en las normativas pertinentes.

Bibliografía

- Aguilar Añazco, A. B., & Valdivieso Gaguancela, D. M. (2019). Comparación del Módulo de Rigidez por Tensión Indirecta utilizando el Método Marshall y Método Superpave de mezclas asfálticas con polímeros SBS (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Al-Hdabi, Abbas & Al-Nasire, Jaafar & Mohsin, Nadia. (2020). Asphalt mix design Using Matlab Computer Program. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 888. 012025. 10.1088/1757-899X/888/1/012025.
- Awuah-Offei, Kwame & Askari Nasab, Hooman. (2011). Aggregate Cost Minimization in Hot-Mix Asphalt Design. Journal of Materials in Civil Engineering. 23. 554-561. 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000211.
- BARRERA ROSAS, E. L. O. Y. (2020). Comportamiento Mecánico Y Volumétrico Durante La Compactación De Las Mezclas Asfálticas Diseñadas Mediante En

- Método Marshall (Doctoral Dissertation, Universidad Autónoma De Chihuahua).
- Construction. 7. 10.14455/ISEC.2020.7(2).MAT-08.
- Construpedia, (2012). Clasificación de las mezclas asfálticas. Por el tamaño máximo del agregado pétreo. <https://www.construmatica.com/construpedia>
- Garnica Anguas, P., Delgado Alamilla, H., & Sandoval Sandoval, C. D. (2005). Análisis comparativo de los métodos Marshall y Superpave para compactación de mezclas asfálticas. Publicación técnica, (271).
- GARNICA ANGUAS, P., Flores Flores, M., Gómez López, J. A., & Delgado Alamilla, H. (2005). Caracterización geomecánica de mezclas asfálticas. Publicación técnica, (267).
- Guevara Palma, M. R., Mendez Delgado, H. A., & Pimentel Gomez, J. C. (2010). Diseño de mezclas asfálticas densas en frío basadas en el método Marshall modificado de la universidad de Illinois. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Issa, Amjad. (2020). THE IMPACT OF ADDING WASTE TIRE RUBBER ON ASPHALT MIX DESIGN. Proceedings of International Structural Engineering and
- Li, J., Guo, W., Meng, A., Han, M., & Tan, Y. (2020). Investigation on the micro deformation mechanism of asphalt mixtures under high temperatures based on a self-developed laboratory test. Materials, 13(7), 1791. <https://doi.org/10.3390/ma13071791>
- Low, Dr & Hwee, Boon & Guwe, Vincent. (2022). Performance-Related Evaluation Of Porous Asphalt Mix Design.
- Martinho, F. C. G., Picado-Santos, L. G., & Capitão, S. D. (2017). Mechanical properties of warm-mix asphalt concrete containing different additives and recycled asphalt as constituents applied in real production conditions. Construction and Building Materials, 131, 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.051>
- Padilla, (2014). Universidad Politécnica de Cataluña. Empleo de mezclas asfálticas en construcción firme. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14>
- Peng, B. & Gong, W. & Meng, X. & Li, W. & Li, K. (2015). A study on gradation design method of



- micro asphalt gravel middle layer mixtures. 39. 259-263. 10.3963/j.issn.2095-3844.2015.02.007.
- Radzi, Hanani & Muniandy, Ratnasamy & Salihudin, Hassim & Law, Teik Hua & Mohd Jakarni, Fauzan. (2019). An overview of asphalt mix designs using various compactors. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 512. 012031. 10.1088/1757-899X/512/1/012031.
- Salem, Hassan & Uzelac, Djordje & Matic, Bojan. (2014). Temperature Zoning of Libya Desert for Asphalt Mix Design. Applied Mechanics and Materials. 638-640. 1414-1426. 10.4028/www.scientific.net/A MM.638-640.1414.
- Usman, K. R., Hainin, M. R., Idham, M. K., Warid, M. N. M., Yaacob, H., Hassan, N. A., Azman, M., & Puan, O. C. (2019). Performance evaluation of asphalt micro surfacing—a review. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 527, No. 1, p. 012052). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/527/1/012052/meta>
- Usman, Kabiru & Hainin, Mohd Rosli & Idham, Mohd & Naqiuddin, M & M. Warid, M. Naqiuddin & Abdulrahman, Suleiman. (2020). Modified Marshall Test assessment for emulsified asphalt cold mixes. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 498. 1 - 9. 10.1088/1755-1315/498/1/012023.
- Xu, J., Hao, P., Zhang, D., & Yuan, G. (2018). Investigation of reclaimed asphalt pavement blending efficiency based on micro-mechanical properties of layered asphalt binders. Construction and Building Materials, 163, 390-401. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.030>
- Yao, H., & You, Z. (2016). Effectiveness of micro-and nanomaterials in asphalt mixtures through dynamic modulus and rutting tests. Journal of nanomaterials, 10. <https://doi.org/10.1155/2016/2645250>