

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 1 de 9

FACULTAD INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

PREGRADO

BOGOTÁ D.C.

LICENCIA CREATIVE COMMONS:

Atribución <input type="checkbox"/>	Atribución compartir igual <input type="checkbox"/>	Atribución no comercial sin derivadas <input type="checkbox"/>
Atribución sin derivadas <input type="checkbox"/>	Atribución no comercial compartir igual <input type="checkbox"/>	Atribución no comercial <input checked="" type="checkbox"/>

AÑO DE ELABORACIÓN: 2021

TÍTULO

Verificación mediante el método racional de las alternativas estructurales de pavimentos flexibles para vías con bajos volúmenes de tránsito del Invias.

AUTORES

Herrera Cabrejo, Daniel Fernando y Sánchez Méndez, Juan David

DIRECTOR(ES) / ASESOR(ES)

Rosales Rodríguez, Cristhian Alexander

MODALIDAD: Trabajo de investigación

PÁGINAS: ¹⁰9 **TABLAS:** 29 **CUADROS:** N/A **FIGURAS:** 14 **ANEXOS:** 50

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 2 de 9

3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN
4. OBJETIVOS
5. ESTADO DEL ARTE
6. MARCO DE REFERENCIA
7. METODOLOGÍA
8. ALCANCES Y LIMITACIONES
9. ANÁLISIS Y RESULTADOS
10. DISCUSIONES
11. CONCLUSIONES
12. RECOMENDACIONES
13. ANEXOS
14. BIBLIOGRAFIA

DESCRIPCIÓN

Se realizó la verificación de las alternativas estructurales sin afirmado existente propuestas por Invias para bajos volúmenes de tránsito. Dicha verificación se hizo mediante la metodología racional con apoyo del software WinDEPAV 2.6 (Vasquez Valera, 2018). Se modelaron las alternativas estructurales para el caso más crítico de 500.000 ejes equivalentes de 80 KN para pavimentos de bajo volúmenes.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el desarrollo de esta investigación, se plantearon cuatro fases (Fase de reconocimiento, fase de recolección y análisis de datos, fase de modelación y fase de análisis de resultados), con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el documento.

En la fase de reconocimiento, se identificaron cuales son los parámetros y criterios de diseño, como lo es el tránsito, el clima, la capacidad portante de la subrasante, esfuerzos y deformaciones admisibles, etc; empleados en el manual de pavimentos de bajos volúmenes de tránsito del Invias.

Para la fase de recolección y análisis de datos, se determinaron cuáles serían los parámetros y criterios de diseño a emplear en el método racional, así mismo los datos que requiere el programa de diseño WinDepav 2.6

En la fase de modelación se hizo uso del programa de diseño WinDepav 2.6, introduciendo todos los datos que este requiere para poder calcular las deformaciones a tracción y a compresión de las alternativas estructurales presentadas en el manual del Invias.

Por último en la fase de análisis de resultados se compararon las deformaciones de las modelaciones con las deformaciones admisibles, verificando si alguna de dichas deformaciones era mayor a las admisibles. Esto nos indicaría que alternativas estructurales sin afirmado existente iban a fallar por ahuellamiento o por fatiga. De igual manera nos permitiría ver el comportamiento de las diferentes capas de las

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 3 de 9

estructuras modeladas y evaluar otros aspectos como los espesores o las propiedades mecánicas de los materiales.

PALABRAS CLAVE

PAVIMENTOS, TRÁNSITO, SUBRASANTE, ESFUERZOS, DEFORMACIONES, INVIAS, CAPAS, MÉTODO, DISEÑO, ALTERNATIVAS, FATIGA, AHUELLAMIENTO, MODELACIÓN

CONCLUSIONES

- Tras el análisis, haciendo las respectivas modelaciones de las alternativas con el programa WinDepav y teniendo en cuenta algunos de los parámetros mínimos propuestos por el manual para bajos volúmenes de tránsito de Invias y valores típicos en estas estructuras de pavimento, los resultados arrojaron para cada alternativa propuesta en las 4 categorías de subrasante; una buena respuesta a las deformaciones verticales en la mayoría de modelaciones que se puedan presentar sobre la subrasante, siendo menores a las admisibles y evitando fallas por ahuellamiento en la estructura. Por otro lado, para verificar el comportamiento por fatiga, se presentaron resultados deficientes para la fibra inferior de las capas de rodadura en básicamente todas las modelaciones, concluyendo que, seguramente habrá fallas prematuras por fatiga en los pavimentos porque sus deformaciones a tracción son mucho más altas a las admisibles.
- Se concluye luego de hacer el chequeo de las alternativas, gracias a las nuevas modelaciones para todas las categorías de subrasante, pero solo con la alternativa 5 y 6 y con valores en las propiedades mecánicas de los materiales un poco más altos (comunes), que las alternativas estructurales sin afirmado existente propuestas por Invias para bajos volúmenes de tránsito, siendo dichas alternativas de gran utilidad, ya que ayudan al ingeniero a plantear las modelaciones con diversas resistencias de subrasante para un proyecto con diferentes condiciones, como por ejemplo el uso de cemento Portland o emulsión asfáltica para suplir necesidades cuando los agregados pétreos sean escasos en la zona del proyecto o también dependiendo del presupuesto que se tenga. Sin embargo, no se recomienda adoptar los valores estructurales del manual para determinar las propiedades mecánicas de los materiales siendo muy bajos comparados a los típicos en estas estructuras, influyendo de manera directa en el comportamiento del pavimento a usar. Se sugiere hacer un chequeo por el método racional para verificar los mejores espesores para las capas que componen la estructura, ya que si no presenta problemas en determinación de las propiedades mecánicas de los materiales, posiblemente necesite cambiar los espesores de las capas que componen la estructura del pavimento.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 4 de 9

- Las únicas alternativas que no presentaran fallas, son en su mayoría con tratamiento superficial doble, recalcando que no significa que estas sean las mejores estructuras entre las alternativas, ya que esta al tener un TSD y no una mezcla asfáltica, este TSD no aportará una resistencia significativa a la estructura, sino más bien de recubrimiento e impermeabilización, que durante un tiempo menor al de diseño se termina desgastando y permitiendo 74 filtración de agua en la estructura. Por estos motivos solamente se verificaron sus deformaciones verticales siendo menores a las admisibles.
- Para la alternativa 4, propuestas solo para los suelos con CBR mayores a 10% cumplen la deformación a tracción para la mezcla asfáltica y la deformación vertical para la subrasante, pero no cumple su deformación a tracción en la base estabilizada con emulsión asfáltica; se concluye que al no cumplir por un valor relativamente muy cerca al admisible es probable que con un espesor de 20 cm cumpla la estructura del pavimento.
- Se concluye que de acuerdo a los resultados presentados para la categoría S2 con un valor de CBR igual a 4%, se deben hacer mejoramientos en la subrasante para tener un buen comportamiento con una capa usualmente de terraplén y de tal manera no presentar fallas por ahuellamiento, de esta forma usar las alternativas estructurales de mínimo CBR del 5% para la subrasante. Con estos mejoramientos se pudo evidenciar en los resultados para categoría S1, se presentaron deformaciones verticales más bajas hasta para un CBR de 8% modelados por el programa.
- Independientemente de que no se hayan mencionado las alternativas estructurales con afirmado existente, es evidente que al presentarse dicho afirmado abaratan los costos de las estructuras, ya que aportarán una mayor estabilidad en esta. El manual aconseja no tocar el afirmado y considerar una subrasante de CBR= 3% siendo muy similar a las alternativas para la categoría S1.
- El factor de daño, no mencionado directamente en el documento, pero adicionalmente presentado en los resultados del programa; es un plus que da el software WinDepav siendo la relación del número de ejes equivalentes de diseño y el número de ejes admisibles calculados por el programa, esto indica que la estructura si cumplirá con el número de ejes de diseño para su periodo de diseño estructural.
- En la investigación propuesta por los ingenieros Erasmo Hernández y Juan Culma de la Universidad Cooperativa de Colombia, se evidencia que a la hora de utilizar la metodología de Invias para bajos volúmenes de tránsito y modelar en un programa por el método racional, se puede chequear una estructura que

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 5 de 9

no pueda soportar las deformaciones y tengan fallas estructurales antes de cumplir su periodo de diseño estructural ligadas a espesores deficientes.

FUENTES

- Acosta Ariza, Manuela Alejandra y Alarcón Romero , Pedro Alejandro . 2017. ANÁLISIS DE LA CANTIDAD Y EL ESTADO DE LAS VÍAS Terciarias EN COLOMBIA Y LA OPORTUNIDAD DE LA INGENIERIA CIVIL PARA SU CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO. Universidad Catolica de Colombia. Bogotá : s.n., 2017.
 - Aplicada, Geotecnia. 2020. Metodo racional para diseño de pavimentos flexibles. Cartagena de indias : s.n., 2020.
 - Calderon, Erasco Esneider Hernandez y Culma Ramirez, Juan Carlos. 2019. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VIA DEL BARRIO EL MIRADOR EN EL. Ibagué - Tolima : s.n., 2019.
 - Corredor, Gustavo. 2008. Maestría en vías terrestres - Módulo III - Diseño de pavimentos I. s.l. : Seccion para delegados de la camara de construccion, 2008.
 - Dalla Paola, Nick Thom. 2016. Realiability in pavement design. University of Nottingham, Digital Object Identifier.2016.
 - Damien Bateman. 2018. Pavement Design: Future challenges and opportunities, The future of transport. 2018.
 - Federación de enseñanza de. 2011 TIPOS DE ESFUERZOS FISICOS. P 15, Andalucía : Revista digital para profesionales de la enseñanza, 2011.
 - Gil, Juan Esteban y Higueroa, Édgar. 2019. Del total de la red vial terciaria con la que cuenta Colombia, 96% está en mal estado. La República. 2019.
 - Gonzales, Antonio Perez. 2018. Mecapedia - Enciclopedia virtual de Ingeniería Mecanica. [En línea] Dpto. Ingeniería Mecanica y Construcción, 09 de Marzo de 2018. [Citado el: 18 de Febrero de 2021.] http://www.mecapedia.uji.es/coeficiente_de_Poisson.htm.
 - González, Ricardo Sánchez. 2003. CONFIABILIDAD EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS. Universidad de los ANDES . Bogotá : s.n., 2003.
-

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 6 de 9

-
- Gonçalves y Ceratti, 2009. Study of permanente deformations in asphalt concrete layers, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil.

 - Higueroa Sandoval, Carlos Hernando. 2008. Diseño de estructuras de pavimentos en afirmado. s.l. : Faculta de Ingenieria UPTC, 2008.

 - H. Huang Yang. 2004. Pavement Analysis and Design. University of Kentucky.108
 - Josue Hernandez, Karla Rosales y Wilfredo Trigueros. 2016. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO . San salvador : Universidad de el salvador, 2016.

 - Lizcano, Fredy Alberto Reyes. 2003. DISEÑO RACIONAL DE PAVIMENTOS. Bogotá : Centro editorial Javeriano, 2003.

 - Madrid, Universidad Carlos III de. 2013. Uc3m. [En línea] 2013. https://uc3m.libguides.com/guias_tematicas/citas_bibliograficas/une-iso690.

 - Maria Zambrano y Eduardo Tejeda. 2019. Materiales granulares tratados con emulsion asfaltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles., 3, Ecuador : Revista Arquitectura e Ingeniería, 2019, Vol. 13.

 - Medina Ramírez, Víctor Hugo. 2003. Aplicaciones de las emulsiones asfálticas y los asfaltos diluidos en mezclas asfálticas en frío utilizando agregados del río Aguaytía - Ucayali. s.l. : Universidad Nacional de Ingeniería, 2003.

 - Montejo Fonseca, Alfonso. Ingeniería de pavimentos.

 - Monzalve, Lina. 2012. DISEÑO DE PAVIMENTE FLEXIBLE Y RIGIDO. Universidad del Quindío, ingeniería.

 - Quintero Castiblanco , Carlos Eduardo y Bolívar Palomino, Simón Andrés. 2019. ANÁLISIS DEL ESTADO DE LAS VÍAS SECUNDARIAS EN COLOMBIA Y LA OPORTUNIDAD DE LA INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO. Universidad Catolica de Colombia . Bogotá : s.n., 2019.

 - Rondon, Hugo Alexander y Reyes, Fredy. 2009. DEFORMACIÓN PERMANENTE DE MATERIALES GRANULARES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES: ESTADO DEL CONOCIMIENTO. Medellin : Universidad de Medellin, 07 de 05 de 2009.
-

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 7 de 9

- Rondon, Hugo Alexander y Reyes, Fredy. 2015. PAVIMENTOS, Materiales, construcción y diseño. Bogotá, 2015.
- Rondón Quintana , Hugo Alexander y Reyes Lizcano , Fredy Alberto . 2011. PAVIMENTOS Materiales, construcción y diseño. Bogotá : ECO ediciones, 2011.
- Sandoval, Higueroa. 2010. Diseño de estructuras de pavimentos en afirmado.. 24, s.l. : Revista Facultad de Ingeniería, 2010, Vol. 17.
- Sánchez, Ana María. 2020. Mintransporte informó que ya se firmaron 183 convenios de obra y empezarán en noviembre, los otros 755 se harán en el primer semestre de 2021. La República. 27 de octubre de 2020.109
- Sánchez, Fernando. 2016. Materiales para Base y subbase
- Varela, Luis Ricardo Vasquez. 2018. WinDEPAV 2.6. [En línea] igepav, 2018.
- Zuñiga, Rosa. 2015. LABORATORIO NACIONAL DE VIABILIDAD - Mezcla asfáltica en caliente. Ministerio de obras públicas. 2015

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Estructura pavimento alternativa 1, categoría S1. 76
 - Anexo 2. Modelación alternativa 1, S1. 76
 - Anexo 3. Estructura pavimento alternativa 3, categoría S1. 77
 - Anexo 4. Modelación alternativa 3, S1. 77
 - Anexo 5. Estructura pavimento alternativa 5, categoría S1. 78
 - Anexo 6. Modelación alternativa 5, S1. 78
 - Anexo 7. Estructura pavimento alternativa 6, categoría S1. 79
 - Anexo 8. Modelación alternativa 6, S1. 79
-

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 8 de 9

Anexo 9. Estructura pavimento alternativa 1, categoría S2. 80

Anexo 10. Modelación alternativa 1, S2. 80

Anexo 11. Estructura pavimento alternativa 3, categoría S2. 81

Anexo 12. Modelación alternativa 3, S2. 81

Anexo 13. Estructura pavimento alternativa 5, categoría S2. 82

Anexo 14. Modelación alternativa 5, S2. 82

Anexo 15. Estructura pavimento alternativa 6, categoría S2. 83

Anexo 16. Modelación alternativa 6, S2. 83

Anexo 17. Estructura pavimento alternativa 1, categoría S3. 84

Anexo 18. Modelación alternativa 1, categoría S3. 84

Anexo 19. Estructura pavimento alternativa 2, categoría S3. 85

Anexo 20. Modelación alternativa 2, S3. 85

Anexo 21. Estructura pavimento alternativa 3, categoría S3. 86

Anexo 22. Modelación alternativa 3, S3. 86

Anexo 23. Estructura pavimento alternativa 5, categoría S3. 87

Anexo 24. Modelación alternativa 5, S3. 87

Anexo 25. Estructura pavimento alternativa 6, categoría S3. 88

Anexo 26. Modelación alternativa 6, S3. 88

Anexo 27. Estructura pavimento alternativa 1, categoría S4. 89

Anexo 28. Modelación alternativa 1, S4. 89

Anexo 29. Estructura pavimento alternativa 2, categoría S4. 90

Anexo 30. Modelación alternativa 2, S4. 90

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 9 de 9

Anexo 31. Estructura pavimento alternativa 3, categoría S4. 91

Anexo 32. Modelación alternativa 3, S4. 91

Anexo 33. Estructura pavimento alternativa 4, categoría S4. 92

Anexo 34. Modelación alternativa 4, S4. 92

Anexo 35. Estructura pavimento alternativa 5, categoría S4. 93

Anexo 36. Modelación alternativa 5, S4. 93

Anexo 37. Estructura pavimento alternativa 6, categoría S4. 94

Anexo 38. Modelación alternativa 6, S4. 94

Anexo 39. Modelación propuesta 1, alternativa 5, S1. 95

Anexo 40. Modelación propuesta 2, alternativa 5, S1. 96

Anexo 41. Modelación propuesta 1, alternativa 5, S2. 97

Anexo 42. Modelación propuesta 2, alternativa 5, S2. 98

Anexo 43. Modelación propuesta 1, alternativa 5, S3. 99

Anexo 44. Modelación propuesta 2, alternativa 5, S3. 100

Anexo 45. Modelación propuesta 1, alternativa 5, S4. 101

Anexo 46. Modelación propuesta 2, alternativa 5, S4. 102

Anexo 47. Modelación propuesta alternativa 6, S1. 103

Anexo 48. Modelación propuesta alternativa 6, S2. 104

Anexo 49. Modelación propuesta alternativa 6, S3. 105

Anexo 50. Modelación propuesta alternativa 6, S4. 106