



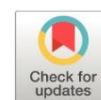


Modelo de mantenimiento de vías, con pavimento flexible de la zona central del Ecuador

Road maintenance model, with flexible pavement in the central zone of Ecuador

- ¹ Milton Rodrigo Aldás Sánchez  <https://orcid.org/0000-0003-2726-4092>
Integrante del proyecto de investigación SFFICM03, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, Avenida Los Chasquis y Calle Río Payamino, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
mr.aldas@uta.edu.ec
- ² Rodrigo Iván Acosta Lozada  <https://orcid.org/0009-0008-7590-9194>
Integrante del proyecto de investigación SFFICM03, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, Avenida Los Chasquis y Calle Río Payamino, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
ri.acosta@uta.edu.ec
- ³ Alex Xavier Frías Torres  <https://orcid.org/0000-0002-7433-819X>
Integrante del proyecto de investigación SFFICM03, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, Avenida Los Chasquis y Calle Río Payamino, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
ax.frias@uta.edu.ec
- ⁴ Byron Leonardo López Sánchez  <https://orcid.org/0009-0009-5326-5591>
Universidad Técnica de Ambato
bl.lopez@uta.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/01/2024

Revisado: 10/02/2024

Aceptado: 05/03/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i2.2978>

Cítese:

Aldás Sánchez, M. R., Acosta Lozada, R. I., Frías Torres, A. X., & López Sánchez, B. L. (2024). Modelo de mantenimiento de vías, con pavimento flexible de la zona central del Ecuador. *Ciencia Digital*, 8(2), 86-102.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i2.2978>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Viga Benkelman,
Pavimento flexible,
Muestreo,
Mantenimiento vial, Fallas viales,
Deflexiones.
SDSTs

Keywords:

Benkelman beam,
Flexible flooring,
Sampling, Road maintenance,
Road failures,
Deflections.
SDSTs

Resumen

Introducción. Este trabajo es un estudio general del mantenimiento vial con estructura de pavimentos flexibles para conservar en eficiente estado este tipo de vías, para lo que se ha tomado como referencia las siguientes muestras: vías Montalvo-Totoras, Quero-Salasaca, Manzana de Oro-Quero, Patate-Píllaro, Patate-Baños, Pelileo-Patate, Cevallos-Mocha y Ambato-Tisaleo. Estas muestras son vías pertenecientes a la red inter cantonal de la zona central del país, misma que cumple con las mejores condiciones para un análisis de pavimentos flexibles. **Objetivo:** con este estudio se pretende establecer un modelo para el mantenimiento vial con estructura de pavimentos flexibles para conservar en eficiente estado las vías de la zona central del Ecuador. **Metodología:** para esto, se realizó un procesamiento de información compilatoria sobre el estado actual del pavimento flexible de forma visual a través del Método de Índice de condición de pavimento (PCI), en el que se identificó tipo de fallas y su severidad deflexiones generadas en la Viga de *Benkelman*, que sirvieron de base para desarrollar un plan de mantenimiento general a emplearse. **Resultados:** se obtuvieron los detalles por unidades de muestreo, resultados PCI y deflexiones por viga *Benkelman* de cada una de las ubicaciones, vías y abscisas a estudiar en la presente investigación. **Conclusiones:** se presentó una propuesta de mantenimiento vial general para las vías estudiadas, donde se encontró que la red inter-cantonal necesita mantenimiento periódico en su mayor parte y rehabilitación en las zonas más deterioradas; y, además, un mantenimiento rutinario en las vías cuyo deterioro es leve. **Área de estudio general:** Ingeniería Civil. **Área de estudio específica:** Pavimentos.

Abstract

Introduction: This work is a general study of road maintenance with a flexible pavement structure to keep this type of roads in an efficient state, for which the following samples have been taken as reference, Montalvo-Totoras, Quero-Salasaca, Golden Apple-Quero roads, Patate-Píllaro, Patate-Baños, Pelileo-Patate, Cevallos-Mocha and Ambato-Tisaleo, which are patterns selected to guide the country's road maintenance, said sample are roads belonging to the inter-cantonal network of the central zone of the country, same that meets the best conditions for an analysis of flexible pavements.

Objective: General study of road maintenance with flexible pavement structure to keep the roads of the middle area of Ecuador in efficient condition. **Methodology.** In this work, compilation information processing was conducted on the current state of the flexible pavement visually through the Pavement Condition Index (PCI) Method, in which the type of failures and their severity were identified, deflections generated in the Beam. of Benkelman, which served as a basis for developing a general maintenance plan to be used. **Results.** Details were obtained by sampling units, PCI results and deflections per Benkelman beam for each of the locations, tracks, and apses to be studied in this report. **Conclusions.** A general proposal for road maintenance of the studied roads has been presented, where it was found that the inter-cantonal network needs periodic maintenance for the most part and rehabilitation in the most deteriorated areas. And routine maintenance on roads whose deterioration is slight.

1. Introducción

En todo el mundo, el desarrollo de un país se ha medido a lo largo del tiempo por la calidad de sus carreteras y la organización del tráfico. Hoy en día, para las ciudades grandes y pequeñas es importante disponer de una red de carreteras de alta calidad en beneficio de los usuarios finales, reduciendo el tiempo y el coste de circulación de los vehículos (UMSS - Facultad de Ciencias y Tecnología, 2019). En Ecuador hay un gran interés por mejorar la calidad de la red de carreteras por la libre circulación de los caminos rurales y de los usuarios. En el 2019, Ecuador se ubicó en el puesto 35 de 141 países del mundo en cuanto a calidad vial, lo que significa que las carreteras tienen una gran importancia e impacto en varios aspectos relacionados como la economía (Abraham & Pacheco, 2020).

2. Metodología

Con una visita al sitio se evaluó el tipo de fallas existentes en la capa de rodadura, así como sus componentes viales, así como su severidad y cantidad, además de realizar un muestreo de las vías, para generar planes de mantenimiento viales factibles (Tarefder et al., 2016).

A continuación, se realizó un análisis comparativo de resultados del ensayo de la viga *Benkelman* a los cuales se realizan correcciones por brazo en relación 1:2, estacionalidad

y temperatura; posteriormente se determinó la deflexión característica, admisible y crítica, para finalmente poder evaluar el comportamiento de la rasante, capa de rodadura y el tipo de deflexión (Mamani, 2010).

Finalmente, con la información obtenida de PCI y Viga *Benkelman* se procedió a hacer un plan de mantenimiento de las vías de forma general y específico, con sus respectivos análisis de precios unitarios (APUS) y rubros, con el fin de dar una solución viable y económica al deterioro de las vías estudiadas (Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTO], 2013).

En la tabla número 1 se muestran los tipos de fallas de pavimentos según el PCI, en la primera columna se detalla el orden de las fallas, en la segunda se detalla las anomalías y en la tercera columna las unidades en las que se pueden medir.

Tabla 1

Tipos de fallas en los pavimentos

N.º	Anomalías	Unidad
1	Grieta Piel De Cocodrilo	M ²
2	Exudación	M ²
3	Agrietamiento En Bloque	M ²
4	Abultamientos Y Hundimientos	M
5	Corrugación	M ²
6	Depresión	M ²
7	Grieta De Borde	M
8	Grieta De Reflexión De Junta	M
9	Desnivel Carril-Berma	M
10	Grietas Longitudinales Y Transversales	M
11	Parqueo	M ²
12	Pulimiento De Agregados	M ²
13	Huecos	U
14	Cruce De Vía Férrea	M ²
15	Ahuellamientos	M ²
16	Desplazamientos	M ²
17	Grieta Parabólica (Slippage)	M ²
18	Hinchamiento	M ²
19	Desprendimiento De Agregados	M ²

Análisis Método PCI

El método PCI es un método simple de inspección visual del estado del pavimento que identifica el tipo de daño, la misma que es analizada según la tabla número 1, su extensión y la magnitud del daño encontrado, no requiere herramientas especiales y además es una de las formas completas de aplicar conocimientos de profesionales especializados en daños de pavimentos flexibles para poder evaluar los mismos, estos tienen

procedimientos estándar para la evaluación objetiva por parte de organizaciones como es el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y la Asociación Americana de Obras Públicas (APWA) y publicado por la *Society of Testing and Materials*, para su análisis y aplicación (*Standard Procedure for Pavement*), inspección del índice de estado de carreteras y zonas de aparcamiento (Rodríguez, 2009).

Este método introduce los llamados valores diferenciales, que indican el estado del pavimento mediante una combinación de defectos, gravedad y cantidad el cual es representado a través de un número que varía de 0 a 100, existen rasgos de valores en los cuales se puede identificar la condición cualitativa de la capa de rodadura (Coari, 2017).

Mediante la evaluación del pavimento, se puede obtener el grado de daño, que representa el umbral de deterioro, y se pueden tomar medidas correctivas y reparadoras en función del grado de daño y del tipo de fallo, en la tabla número 2 se define los rangos de calificación en escala.

Tabla 2*Rango de Calificaciones del PCI*

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: MTOP (2013)**III-A. Análisis Viga de Benkelman**

Existen varios métodos no destructivos para medir la deformación de la resistencia de la estructura componente de una vía, siendo conocido en nuestro medio viga de *Benkelman*, el deflector de *Lacroix* y el deflector de impacto (FWD). En este caso, el método utilizado es la viga de *Benkelman*. Para realizar este ensayo, se puede hacer referencia a la norma AASHTO T256 - 01 o NLT 356/88. La viga de *Benkelman* consiste en un brazo de palanca giratorio suspendido de un marco de referencia y provisto de un disco de medición que registra el desplazamiento de la punta de la viga (Orozco et al., 2004).

Las mediciones se realizan con una regla metálica unida a un sistema de palanca que amplía la deformación del firme debido a la carga estática de las ruedas biaxiales de 81,75 kN. El punto para ensayar en la superficie de la vía estará marcado por una línea

horizontal en la misma. Esta línea es la del ensayo, debe estar a una determinada distancia del borde.

De acuerdo con el ancho promedio de la vía en estudio corresponde realizar las lecturas de deflexión del pavimento a una distancia de 0.9 metros del borde de la vía hacia el eje, se tomaron datos a cinco distancias diferentes a partir del punto inicial.

Resultados

IV-A. Muestreo

En el caso de vías de pavimento asfáltico la unidad de muestreo debe estar comprendida entre $230,0 \pm 93,0 \text{ m}^2$, con la cual obtenemos las siguientes longitudes de muestra.

En la tabla número 3, en la columna uno se muestra la ubicación de las vías en cada sector, en la columna dos se muestra la abscisa correspondiente a la vía y en tercera columna está determinado la longitud de los daños.

Tabla 3

Resultados de unidades de muestreo

Ubicación	Abscisa	Longitud (M)
Quero - Salasaca	0+000 A La 3+600	36
Quero - Salasaca	3+600 A La 5+600	35
Quero - Salasaca	5+600 A La 6+780	30
Montalvo – Totoras	0+000 A La 4+000	38.30
Manzana De Oro - Quero	0+000 A La 2+400	30
Manzana De Oro - Quero	2+400 A La 4+770	30
Manzana De Oro - Quero	4+780 A Las 5+360	30
Manzana De Oro - Quero	5+460 A La 5+760	30
Manzana De Oro - Quero	5+800 A La 8+770	30
Manzana De Oro - Quero	8+770 A Las 9+040	31.5
Patate - Píllaro	0+000 A 1+560	32
Patate - Píllaro	1+560 A 3+800	32
Patate - Píllaro	3+800 A 7600	32
Patate - Píllaro	7+600 A 11+400	32
Patate - Píllaro	11+400 A 15+320	29
Patate - Píllaro	15+320 A 19+150	36
Patate - Píllaro	19+150 A 23+000	32
Patate - Baños	0+000 A 2+350	35
Patate - Baños	2+350 A 4+700	35.4
Pelileo - Patate	0+000 A 2+085	26
Pelileo - Patate	2+085 A 4+170	30
Pelileo - Patate	4+170 A 8+260	26
Cevallos - Mocha	0+000 A 2+120	31.5

Tabla 3
Resultados de unidades de muestreo (continuación)

Ubicación	Abscisa	Longitud (M)
Cevallos - Mocha	2+120 A 4+960	31.5
Cevallos - Mocha	4+960 A 7+460	35
Cevallos - Mocha	7+460 A 9+480	35
Cevallos - Mocha	9+480 A 9+920	35
Ambato-Tisaleo	0+000 A 3+200	20
Ambato-Tisaleo	3+200 A 6+400	22
Ambato-Tisaleo	6+400 A 9+600	25
Ambato-Tisaleo	9+600 A 12+800	32
Ambato-Tisaleo	12+800 A 16+200	31

IV-B. PCI de las vías

Los resultados del PCI de la red de la zona central del Ecuador se muestran en la tabla 4. En la columna uno está ubicado las abscisas, en la columna dos el nombre de la vía, en la columna tres el valor promedio del PCI que como primer dato es de 94.70 Considerando al estado de la vía y en la cuarta columna se muestra la clasificación como Bueno, los distintos colores de la tabla determinan el número de vías (Ramírez & Valenzuela, 2023).

Tabla 4
Resultados PCI

Abscisas	Vía	Pci	Clasificación
0+000 A 3+496	Quero-Salasaca	94.70	Bueno
3+640 A 5+495	Quero-Salasaca	85.74	Excelente
5+360 A 6+650	Quero-Salasaca	50.83	Muy Bueno
0+000 A 4+000	Montalvo - Totoras	99.00	Excelente
0+000 A 2+400	Manzana De Oro-Quero	35.84	Malo
2+400 A 5+360	Manzana De Oro-Quero	67.92	Bueno
4+780 A 5+360	Manzana De Oro-Quero	71.00	Muy Bueno
5+460 A 5+760	Manzana De Oro-Quero	81.75	Muy Bueno
5+800 A 8+770	Manzana De Oro-Quero	76.20	Muy Bueno
8+770 A 9+100	Manzana De Oro-Quero	74.83	Muy Bueno
0+332 - 1+420	Patate - Píllaro	79.30	Muy Bueno
1+560 - 3+672	Patate - Píllaro	82.80	Muy Bueno
3+832 - 7+192	Patate - Píllaro	71.50	Muy Bueno
7+600 - 11+376	Patate - Píllaro	80.92	Muy Bueno
11+400 - 15+170	Patate - Píllaro	77.52	Muy Bueno
15+320 - 16+650	Patate - Píllaro	54.80	Regular
17+117 - 18+410	Patate - Píllaro	57.75	Bueno
18+626 - 19+165	Patate - Píllaro	36.67	Malo
19+200 - 19+232	Patate - Píllaro	30.00	Malo

Tabla 4*Resultados PCI (continuación)*

Abscisas	Vía	Pci	Clasificación
19+328 - 20+544	Patate - Píllaro	79.86	Muy Bueno
20+640 - 21+184	Patate - Píllaro	70.00	Muy Bueno
21+280 - 22+688	Patate - Píllaro	58.25	Bueno
0+00 A 2+350	Patate-Baños	82.77	Muy Bueno
2+350 A 4+700	Patate-Baños	85.36	Excelente
0+000 A 2+085	Pelileo-Patate	72.57	Muy Bueno
2+085 A 4+170	Pelileo-Patate	83.82	Muy Bueno
4+170 A 8+260	Pelileo-Patate	78.98	Muy Bueno
0+00 A 2+120	Cevallos-Mocha	85.00	Muy Bueno
2+120 A 5+000	Cevallos-Mocha	85.00	Muy Bueno
4+960 A 7+460	Cevallos-Mocha	70.00	Muy Bueno
7+460 A 9+480	Cevallos-Mocha	57.00	Bueno
9+480 A 9+920	Cevallos-Mocha	63.00	Bueno
0+00 A 3+200	Ambato - Tisaleo	69.25	Bueno
3+200 A 6+400	Ambato - Tisaleo	90.38	Excelente
6+400 A 9+600	Ambato - Tisaleo	82.27	Muy Bueno
9+600 A 12+800	Ambato - Tisaleo	83.71	Muy Bueno
12+800 A 16+200	Ambato - Tisaleo	84.79	Muy Bueno

IV-C. Deflexiones (Viga Benkelman)

La tabla 5 muestra los resultados de las deflexiones de la viga de *Benkelman* de las vías. En la primera columna se presentan las abscisas, mientras que las columnas 2 contienen las lecturas de las deflexiones corregidas por estacionalidad. La tercera columna muestra la desviación estándar del grupo de datos. A partir de la columna 4 hasta la columna 6, se analizan las deflexiones características, admisibles y críticas, respectivamente. En la columna 7 se observa el radio de curvatura predominante de las vías. Por último, las columnas 8 a 10 muestran el análisis de resultados del comportamiento de la subrasante y el comportamiento del pavimento en términos de porcentaje. Finalmente, se indica el tipo de deflexión. Las fórmulas usadas se encuentran en la ASSHTO T-256 (MTO, 2013).

Tabla 5
Resultados Deflexiones (Viga Benkelman)

RESULTADOS DEFLEXIONES VIGA DE BENKELMAN DE LAS VÍAS									
ABS	D_m ($\times 10^{-2} mm$)	σ	D_c ($\times 10^{-2} mm$)	D_{adm} ($\times 10^{-2} mm$)	D_{cr} ($\times 10^{-2} mm$)	R_c (m)	Comportamiento subrasante	Comportamiento pavimento	Tipo de Deflexión
QUERO - SALASACA									
0+08 0- 3+54 0	52.30	9.33	67.65	143.39	145.32	103.57	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
3+62 0- 5+46 0	95.73	17.91	125.19	137.82	140.05	97.53	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
5+66 0- 6+66 0	85.57	18.19	115.50	137.82	140.05	139.65	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
MONTALVO - TOTORAS									
0+00 0- 4+00 0	46.58	5	54.80	135.58	138.33	127.88	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
MANZANA DE ORO - QUERO									
0+00 0- 2+40 0	84.60	6.49	95.28	144.04	144.80	100.91	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
2+40 0- 4+60 0	86.55	19.70	118.95	120.47	126.47	114.43	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
4+60 0- 5+20 0	83.45	18.04	113.13	120.47	126.47	61.37	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
5+60 0- 5+80 0	83.80	16.50	110.95	120.47	126.47	133.91	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
6+00 0- 8+60 0	91.38	14.76	115.67	122.92	128.46	95.62	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
8+60 0- 9+10 0	76.80	17.61	105.77	122.92	128.46	83.64	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
PATATE - PÍLLARO									
0+30 0- 1+50 0	48.00	3.23	53.30	205.09	189.05	88.37	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
1+80 0- 3+60 0	47.77	3.22	53.07	205.09	189.05	87.00	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
3+80 0-	49.26	7.78	62.09	172.34	165.79	90.33	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III

Tabla 5
Resultados Deflexiones (Viga Benkelman) (continuación)

7+60 0	51.86	7.51	64.21	279.00	238.00	109.54	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
11+4 00	57.44	5	65.66	133.10	136.41	149.17	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
15+3 20	44.91	3.37	51.87	180.67	171.80	98.30	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
16+4 00	46.48	3.37	52.01	180.67	171.80	94.07	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
17+8 00	47.50	5.63	56.67	180.67	171.80	85.80	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
18+0 00 - 19+0 00	40.47	2.88	45.24	194.14	181.38	98.53	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
20+6 00	47.15	1.32	49.39	194.14	181.38	98.18	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
21+2 00	42.36	3.86	48.75	194.14	181.38	97.87	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
22+6 00									
PATATE - BANOS									
0+000 - 2+350	52.89	21.09	87.58	180.20	170.10	223.75	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
2+350 - 4+700	86.35	22.42	123.23	180.20	171.46	132.43	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
PELILEO - PATATE									
0+000 - 2+085	47.72	10.2	64.5	162.46	158.56	103.65	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
2+085 - 4+170	56.04	12.34	76.34	134.22	158.56	94.50	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
4+170 - 8+260	81.30	26.69	125.21	134.22	137.28	106.08	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
CEVALLOS - MOCHA									
0+000 - 2+120	115.03	12.27	135.21	177.90	139.37	97.74	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
2+120 - 5+000	113.06	17.94	142.57	148.59	169.81	83.39	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
4+960 - 7+460	74.79	25.49	116.72	148.59	148.23	186.08	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
7+460 - 9+480	108.80	34.73	165.93	148.59	148.23	92.59	$D_c < D_{adm}$	$R_c < 100$	III
9+480 - 9+920*	42.60	5.02	50.86	148.59	148.23	146.75	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
AMBATO - TISALEO									
0+000 - 3+200	105.25	5	113.48	153.34	158.15	153.39	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
3+200 - 6+400	57.86	9	72.66	144.02	151.80	224.49	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
6+400 - 9+600*	47.95	10.83	65.76	188.6	144.78	214.17	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
9+600 - 12+800	87.86	24.64	128.4	180.32	177.46	85.58	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I
12+800 - 16+200	72.67	5	80.89		171.54	100.26	$D_c < D_{adm}$	$R_c > 100$	I

IV-E. Plan de mantenimiento vial general

A partir de los resultados del PCI y de la viga de *Benkelman*, se estableció planes de mantenimientos viales acorde al tipo de falla que se visualizó en el sitio, en las diferentes vías analizadas para prolongar la duración y la vida útil de las mismas, Según el dato del PCI se determina el tipo de intervención que se debe realizar. Según el tipo de intervención por (ASTM Internacional, 2002), nos señala que para un rango de 0 -25 su clasificación será “Malo” con una intervención de reconstrucción; Para el rango 55 – 25 su clasificación será de “regular” con una intervención de rehabilitación; Para el rango 85 – 56 su clasificación será de “muy bueno” con una intervención de mantenimiento periódico; Para el rango 100 – 86 su clasificación será de “excelente” con una intervención de mantenimiento rutinario.

Mantenimiento Rutinario

Son medidas preventivas y permanentes destinadas a preservar los elementos componentes de la resistencia de las vías y mantenerlos en condiciones óptimas después de su construcción o rehabilitación. Las reparaciones menores del firme, los terraplenes y la nivelación de la vía, etc. y otros elementos componentes de estas, que se pueden realizar a mano. De este modo, las vías son seguras, fiables y utilizables durante todo el año (Chávez, 2014).

Mantenimiento Periódico

Se trata de una serie de acciones llevadas a cabo durante un periodo de un año o más, con el objetivo de preservar la integridad estructural de la carretera, abordar defectos específicos importantes y prevenir el desarrollo o el empeoramiento de daños más graves. Este tipo de mantenimiento comprende actividades de tratamiento superficial y reparación (Ramírez & Valenzuela, 2023).

Rehabilitación

La rehabilitación de un pavimento flexible es la mejora del estado de un pavimento devolviéndole su estado original y asegurando que el pavimento tiene suficiente capacidad estructural para soportar la carga de tráfico sin alterar la geometría de la sección transversal (Norambuena et al., 2009).

Reconstrucción

La reconstrucción implica la demolición, retirada y sustitución parcial o completa de los pavimentos asfálticos existentes en el caso de pavimentos con problemas estructurales excesivos, altos índices de deterioro, falta de vida útil restante o incluso subrasante. El pavimento sustituido puede soportar más tráfico, igual que un pavimento nuevo (Rondón & Reyes, 2007).

IV-F. Procedimiento de mantenimiento por fallas

Para el mantenimiento por tipo de falla se lo realiza según su nivel de severidad bajo (L), Medio (M), Alto (H) (UMSS - Facultad de Ciencias y Tecnología, 2019).

Piel de Cocodrilo:

L: No haga nada; Sello Superficial; Recubrimiento.

M: Parchado Parcial o completo; Recubrimiento; Reconstrucción.

H: Parchado Parcial o completo; Recubrimiento; Reconstrucción

Exudación o Sangrado:

L: No haga nada.

M: Aplique arena/agregado y rodillo.

H: Aplique arena/agregado y rodillo.

Agrietamiento en Bloque:

L: Sellar grietas sobre 1/8 in; Sello Superficial

M: Sellar grietas; Reciclar superficie, Escarificar en caliente y recubrir

H: Sellar grietas; Reciclar superficie, Escarificar en caliente y recubrir

Bombeo y Hundimiento:

L: No haga nada

M: Molido en frio, Parchado longitudinal superficial, parcial 0 totalmente

H: Molido en frio, Parchado profundo superficial, parcial 0 totalmente (recubrir)

Corrugación:

L: No haga nada.

M: Reconstrucción

H: Reconstrucción

Depresiones:

L: No haga nada

M: Parchado profundo superficial, parcial o total

H: Parchado profundo superficial, parcial o total

Agrietamiento de Borde:

L: No haga nada; Sellar las grietas mayores a 1/8 in

M: Sellado de grietas; Parchado profundo parcial

H: Parchado profundo parcial

Agrietamiento Reflejo de Juntas

L: Sellado de grietas mayores a 1/8 in

M: Sellado de grietas; Parchado profundo parcial

H: Parchado profundo parcial; Reconstrucción de Juntas

Agrietamiento Reflejo de Juntas

L: Sellado de grietas mayores a 1/8 in

M: Sellado de grietas; Parchado profundo parcial

H: Parchado profundo parcial; Reconstrucción de Juntas

Caída Externa de Vía/Hombreira

L, M, H: Rellenar las hombreras hasta emparejar con el borde del pavimento.

Agrietamiento Longitudinal y Transversal

L: No haga nada; Sellado de grietas mayores a 1/8 in

M: Sellado de grietas

H: Sellado de grietas; Parchado profundo parcial

Parchados

L: No haga nada

M: No haga nada; Reemplazar el Parchado.

H: Reemplazar el Parchado.

Agregados Pulidos

L, M, H: No haga nada; Tratamiento Superficial; Recubrimiento; Moler y recubrir.

Baches

L: No haga nada; Parchado profundo parcial o total

M: Parchado profundo parcial o total

H: Parchado profundo total

Cruce de Ferrocarril

L: No haga nada

M: Parchado próximo y profundo, Superficial o Parcial; Reconstrucción del Cruce

H: Parchado próximo y profundo, Superficial o Parcial; Reconstrucción del Cruce,

Ruteo:

L: No haga nada; Moler y recubrir

M: Parchado profundo superficial, parcial o total; Moler y recubrir.

H: Parchado profundo superficial, parcial o total; Moler y recubrir

Empellones:

L: No haga nada; Moler

M: Moler; Parchado profundo parcial o total.

H: Moler; Parchado profundo parcial o total.

Agrietamiento Media Luna

L: No haga nada; Parchado profundo parcial

M: Parchado profundo parcial

H: Parchado profundo parcial

Protuberancia

L: No haga nada

M: No haga nada; Reconstrucción.

H: Reconstrucción

Intemperismo:

L: No haga nada; Sello Superficial; Tratamiento Superficial.

M: Sello Superficial; Tratamiento Superficial; Recubrimiento.

H: Tratamiento Superficial; Recubrimiento; Reciclaje; Reconstrucción

3. Conclusiones

En esta investigación se presentó una propuesta de un plan de mantenimiento vial general para las vías estudiadas, mediante el procesamiento de las condiciones de la capa de rodadura, los cuales permitieron el procesamiento de datos.

- Se analizaron las fallas presentes en la capa de rodadura de las vías propuestas, que permitió obtener un valor de PCI promedio de secciones donde se determinó que la red Intercantonal necesita un Mantenimiento periódico en su mayor parte y rehabilitación en las zonas más deterioradas. y un Mantenimiento Rutinario como tercera parte para las vías que presenten leve deterioro, pero en lugares específicos.
- Utilizando la Viga *Benkelman* y después de realizar las correcciones pertinentes, fue posible identificar las deflexiones presentes en el pavimento de las vías propuestas, también se determinaron las deflexiones críticas, admisibles y

características, A partir de estos valores se identificó que las deflexiones son “Tipo I y Tipo III”.

- A futuro se incrementará el tamaño de la base de datos, en cada vía propuesta ya que las condiciones en las que se evalúan la capa de rodadura no son las mismas, con esto se pretende cubrir dos aspectos relevantes, el primero será presentar una base de datos de referencia de estudio actual del estado de la capa de rodadura de Tungurahua, y segundo, proporcionar planes de mantenimiento vial óptimos y viables.

Los autores queremos expresar el Agradecimiento a la Dirección de Investigación de la Universidad Técnica de Ambato (DIDE) por el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo conseguido a través del proyecto de investigación: “Evaluación del estado de la capa de rodadura en la red vial intercantonal de la provincia de Tungurahua y su efecto en la conservación vial. UTA-CONIN-2022-0028-R del grupo de investigación GeReNIS.

4. Conflicto de intereses

Los autores deben declarar si existe o no conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

5. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

6. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

7. Referencias Bibliográfica

- Abraham, N., & Pacheco, C. (2020). *La política de transportes en Ecuador, 1925-1962: la carretera Manta-Quevedo* [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador]. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7438>
- ASTM Internacional. (2002). *D6433 Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys*. <https://www.astm.org/d6433-03.html>
- Chávez, A. (2014). Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales. *Infraestructura Vial*, 16(28): 13–24. <https://doi.org/10.15517/IV.V16I28.14582>
- Coari Pelinco, E. (2017). *Aplicación de la metodología PCI para la evaluación* [Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1464>

- Mamani, C. (2010). *Medida de la deflexión de un pavimento empleando dispositivo de carga estática no continua, viga benkelman*.
https://www.academia.edu/43366170/MEDIDA_DE_LA_DEFLEXIÓN_DE_UN_PAVIMENTO_EMPLEANDO_DISPOSITIVO_DE_CARGA_ESTÁTICA_NO_CONTINUA_VIGA_BENKELMAN
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTOP]. (2013). *MMP. Métodos y muestreo de pruebas de materiales*. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_1.pdf
- Norambuena, J., Zamora Barraza, D., Castro-Fresno, D., & Vega-Zamanillo, A. (2009). Análisis térmico de geo sintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 17(1): 95–100.
<https://doi.org/10.4067/S0718-33052009000100010>
- Orozco, J. M., Rodolfo Téllez Gutiérrez, O., Solorio, R., Alfonso, M., Salazar, P., Ariadna, M., Loo, S., & Torras Ortiz, S. (2004). *Certificación ISO 9001:2000 Laboratorios acreditados por EMA sistema de evaluación de pavimentos versión 2.0*.
- Ramírez Medina, D. A., & Valenzuela Robles, L. S. (2023). Plan de mantenimiento periódico del pavimento en el tramo Paradero Las Retamas – Puente Los Ángeles. *Infraestructura Vial*, 25(44): 1–13. <https://doi.org/10.15517/IV.V25I44.51309>
- Rodríguez Velásquez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/a6954c3f-4409-43cc-b563-bc758df4ee90/content>
- Rondón, H., & Reyes, A. (2007). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17(2): 41–65. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>
- Tarefder, R. A., Ahmad, M., & Hossain, M. I. (2016). Pavement maintenance procedures with and without milling materials. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 9(1), 20–29.
<https://doi.org/10.1016/J.IJPRT.2016.01.001>
- UMSS - Facultad de Ciencias y Tecnología. (2019). *Manual completo diseño de pavimentos*. <https://www.libreriaingeniero.com/2019/06/manual-completo-diseno-de-pavimentos-umss.html>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones

