

IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA PATATE ECUADOR.

IMPLEMENTATION OF THE PROCESS OF CONSERVATION OF THE STRUCTURE OF THE ROAD OF THE PATATE ECUADOR ROAD.

Alex López¹; Margarita Mayacela²; Julio Tuston³ and Francisco Ramírez⁴

¹ CISLOP PROYECTOS S.A.S, Ambato-Ecuador, alexlopezingcivil@gmail.com

²Universidad Técnica de Ambato, Dirección de Investigación y Desarrollo DIDE, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato-Ecuador, cm.mayacela@uta.edu.ec

³ Constructora EDDYMICH CIA. LTDA, Ambato-Ecuador, juliotuston@hotmail.com

⁴ Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias de la Educación e Idiomas, Santa Elena – Ecuador, francisco.ramirezcabrera0920@upse.edu.ec

Resumen

La economía de la provincia de Tungurahua dedicada en su mayoría a la producción agrícola y actividades comerciales se sirve especialmente de la red vial, es por ello que se necesita que esta funcione de manera eficiente y cumpla con niveles de serviciabilidad mínimos requeridos en normativa internacional NEVI 12 y MOP 03. La presente investigación genera un plan de mantenimiento vial, en donde se realizó georreferenciación, estudios de movilidad vehicular, ensayos de suelos, ensayos de campo para conocer el estado y comportamiento estructural de la capa de rodadura. La vía de estudio posterior a la evaluación de tráfico existente se presentó como una carretera Colectora tipo II de acuerdo a la clasificación de la normativa, además se determinó que posee una subrasante de calidad aceptable con un porcentaje de capacidad de soporte (CBR) de 18%, dicha subrasante está conformada por arenas mal graduadas. En cuanto a la capa de rodadura al ser evaluada por el método (PCI), índice de condición de pavimento, se conoce que con la calificación promedio de 80.31, lo que la define dentro de la clasificación como buen estado superficialmente y de la misma manera estructuralmente pues para la evaluación de la misma con el ensayo de viga Benkelman con el cual se miden deflexiones admisibles, presentó deflexiones tipo I que hacen referencia a un comportamiento adecuado de la estructura del pavimento. La información obtenida nos ayudara a definir el tipo de mantenimiento necesario en la vía en estudio, que para este caso corresponde a un mantenimiento periódico, así como también el tiempo en el cual se deben hacer las intervenciones con las diferentes actividades que corresponden al mantenimiento vial, es decir se define que hacer y cuando hacerlo.

PALABRAS CLAVE: *Georreferenciación, Deflexiones, Estudio de suelos, PCI, Viga Benkelman, Mantenimiento periódico.*

2 Revista Investigación y Desarrollo

Artículo recibido: 10/06/2023

Artículo aceptado: 12/11/2023

Abstract

The economy of the province of Tungurahua, dedicated mostly to agricultural production and commercial activities, is especially served by the road network, which is why it is necessary for it to function efficiently and comply with minimum serviceability levels required by international NEVI regulations. 12 and MOP 03. The present investigation generates a road maintenance plan, where georeferencing, vehicular mobility studies, soil tests, field tests were carried out to know the state and structural behavior of the road surface. The study road after the evaluation of existing traffic was presented as a type II collector road according to the classification of the regulations, it was also determined that it has a subgrade of acceptable quality with a percentage of support capacity (CBR) of 18 %, said subgrade is made up of poorly graded sands. Regarding the surface layer, when evaluated by the method (PCI), pavement condition index, it is known that with an average rating of 80.31, which defines it within the classification as good superficial condition and in the same way Structurally, because for its evaluation with the Benkelman beam test with which admissible deflections are measured, it presented type I deflections that refer to an adequate behavior of the pavement structure. The information obtained will help us define the type of maintenance necessary on the road under study, which in this case corresponds to periodic maintenance, as well as the time in which interventions must be carried out with the different activities that correspond to road maintenance. , that is, it defines what to do and when to do it.

KEY WORDS: *Georeferencing, Deflections, Soil study, PCI, Benkelman beam, Periodic maintenance.*

Introducción

Las redes viales son una herramienta fundamental alrededor del mundo, permiten el desarrollo continuo gracias a la capacidad de interconexión de lugares que genera, sin embargo, también forman parte de un gran porcentaje de siniestros que aumentan notablemente las tasas de mortalidad, lo que resulta en una preocupación para los estados, y es justamente por esta situación que el mantenimiento y conservación de vías debería constituir una de las principales prioridades, es por ello que según datos publicados por la universidad de Granada, la Unión Europea ha invertido millones de dólares en este plan. (Calvo Poyo et al., 2021)

Gran cantidad de instituciones a nivel de los países se benefician de vías en buen estado, sectores como el comercial, industrial, construcción, salud, educación, entre otros, usan estos medios en su día a día, por lo que buenas vías traen consigo avances y bienestar, tanto en lo

3 Revista Investigación y Desarrollo

Artículo recibido: 10/06/2023

Artículo aceptado: 12/11/2023

social como en lo económico. Entonces una de las estrategias más importantes constituiría un correcto plan o programa de mantenimiento vial, si el objetivo es sostener ese desarrollo. (Burningham & Stankevich, 2005) (Baltodano Contreras, 2017)

Como en todos los campos, mientras más tardía sea la preocupación por la adecuación de las vías, los daños van a ser constantes y mayores, por lo que tiende a resultar en gasto muy elevado para lo que una adecuada planificación de mantenimiento podría evitar. Un gran ejemplo podría constituir la Carretera Nacional De Sudáfrica Agency Ltd, que reportó gastos que ascendían a 6 veces más altos de lo que les hubiera costado un cuidado correcto y bien estudiado a tiempo. En Latinoamérica las condiciones viales tienden a ser precarias, pero países como el Perú han tomado iniciativas para la conservación de sus carreteras enfocándose en el desarrollo de su pueblo, así como la accesibilidad a diferentes puntos. (Rodriguez González, 2011)

La situación no es así en Ecuador, el mantenimiento y conservación de vías ha pasado a un segundo plano, la inestabilidad política, económica y social han hecho que el presente a nivel vial se limite a simples propuestas, el deterioro ha sido tan grande que muchas vías han sido abandonadas y el paso de todo este volumen vehicular a otras vías solo ha acelerado el desgaste de estas, por lo que, es una necesidad que estudios como estos sean realizados inmediatamente. (American Society of Civil Engineers, 2017)

La provincia de Tungurahua se caracteriza por una gran capacidad productora y comercial, siendo las carreteras una parte importante para lograr estabilidad. La movilidad es de suma importancia por lo que proyectos que inicien por conexiones intercantonales como la vía Patate - Baños constituiría un inicio o una base para la mejora, sobre todo al tener datos del INEC al 2010 que afirman que podría beneficiar a cerca de 5691 a 5332 familias de forma directa, e incluso a 75 % de habitantes de forma indirecta. (Instituto Nacional De Estadística y Censos, 2010)

Metodología

La presente investigación se dividió en cuatro fases: levantamiento georreferenciado, estudios de movilidad vehicular, ensayos de suelos-capas asfáltica y la generación del plan de mantenimiento vial.

Para dar el cumplimiento a la primera fase se realizó un levantamiento de la vía que consiste en la asignación de una ubicación espacial a entidades cartográficas por medio de coordenadas (UTM-WGS84) haciendo uso de equipos de alta precisión como es el GPS (GARMIN eTrex 10) tomando lectura de puntos en el eje y los laterales del asfalto para posteriormente ser procesados mediante softwares generando modelos digitales dando como resultado una franja topográfica, la forma de la vía de estudio, calicatas y así ser implantado en un plano. (ArcGIS, s/f)

Para la segunda fase que consta de estudios de movilidad vial se empleó el método de la 30va hora que consiste en ubicar una estación manual de conteo vehicular durante 12 horas en este caso de 7 am a 7 pm registrando y clasificando a los vehículos dependiendo su tipo y número de ejes haciendo uso de las siguientes fórmulas en el mismo orden para la obtención de datos como se explica a continuación: (Moncayo García Flery Jasmina, 2019; Navarro Hudiel & Bustamante Arteaga, 2021)

Se hace uso de la ecuación 1 con los valores obtenidos, buscando en los datos recolectados la hora con mayor afluencia para dividirlo para el factor urbano o rural.

Tráfico promedio diario Anual (TPDA)

$$TPDA_{actual} = \frac{VHP}{k} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde: TPDA actual: Tráfico promedio diario anual actual, VHP: Volumen de tráfico en la hora pico y k : Factor del TPDA según el área de estudio. (Zn. Urbana 8%-12%, Zn. Rural 12%-18%)

Una vez obtenido el valor del TPDA se calcula los vehículos que no son propios de la zona:

5 Revista Investigación y Desarrollo

Artículo recibido: 10/06/2023

Artículo aceptado: 12/11/2023

Tráfico atraído

$$T_{at} = 10\% TPDA_{actual} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: T_{at} : Tráfico atraído y el TPDA actual: Tráfico promedio diario anual actual

Se realiza la adición de los valores del tráfico existente más el tráfico atraído: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

$$TPDA = TE + T_{at} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde TPDA: Transito promedio anual, TE = Tráfico existente y el T_{at} = Tránsito atraído (10% de TE).

Teniendo el TPDA Actual se realiza la interpolación de acuerdo a número de años de diseño y con la tasa de crecimiento que puede ser considerada a partir del crecimiento poblacional o en caso de contar con el dato se hará uso con la tasa de crecimiento vehicular: (Ministerio De Transporte Y Obras Públicas, 2003)

Tráfico Futuro

$$T_f = T_a * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde: T_f : Tráfico Futuro, T_a : Tráfico actual o TPDA, n: Número de años proyectados e i: Tasa de crecimiento del tráfico.

Haciendo uso de la MOP en su sección de Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del 2003 se procede a clasificar la vía de acuerdo con el valor de vehículos del TPDAf.(Fernández, 2011)

Para la tercera fase del proyecto se llevó a cabo el ensayo de distintos elementos de la vía los cuales fueron ejecutados con 5 muestras a cielo abierto de 10 kg cada una de acuerdo a la norma especificada en la siguiente tabla para cada uno de los ensayos ejecutados:(Rico & Juárez, 2001)

Tabla 1: Normativa de Ensayos empleados

Ensayo	Normativa
Obtención de muestras alteradas	NTE INEN 686
Granulometría	ASTM D421-58
Límite Líquido	ASTM D4318 – INEN 691
Límite Plástico	ASTM D4318 – INEN 691
Proctor Modificado	AASHTO T-180 ASTM D1557
PCI	ASTM D6433-07
CBR	ASTM D1883
Deflexiones (Viga Benkelman)	AASHTO T256

Finalmente, la fase cuatro del proyecto consistió en la elaboración del plan de mantenimiento vial haciendo uso de la normativa vigente en el Ecuador como es la norma NEVI-12 en su Volumen 6 conservación vial teniendo en cuenta las condiciones in situ de la vía de estudio. (Dirección General de ServiciosTécnicos, 2014; NEVI, 2012)

Resultados

Cálculo del TPDA

En la siguiente tabla se registran los valores obtenidos del Tráfico promedio diario anual (TPDA) dividido por tipo de vehículo y el total.

Tabla 2: TPDA de la Vía Patate – Baños

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA ACTUAL (veh/día)	TRÁFICO ATRAIDO (veh/día)	TPDA (veh/día)	TPDA (%)
Livianos	1367	137	1504	97,032
Buses	7	1	8	0,516
Pesados	34	4	38	2,451
TOTAL			1550	100

Haciendo uso de las tasas de crecimiento se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3: Tráfico futuro en la vía Patate – Baños

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO (%)	TRÁFICO FUTURO (veh/día)			TPDAf (veh/día)
		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	
2022	0,81	1504	8	38	1550
2023	0,81	1516	8	38	1563
2024	0,81	1528	8	39	1575

7 Revista Investigación y Desarrollo

Artículo recibido: 10/06/2023

Artículo aceptado: 12/11/2023

2025	0,81	1541	8	39	1588
2026	0,81	1553	8	39	1601
2027	0,66	1566	8	40	1614
2028	0,66	1576	8	40	1625
2029	0,66	1587	8	40	1635
2030	0,66	1597	9	41	1646
2031	0,66	1608	9	41	1657
2032	0,55	1618	9	41	1668
2033	0,55	1627	9	42	1677
2034	0,55	1636	9	42	1687
2035	0,55	1645	9	42	1696
2036	0,55	1654	9	43	1706
2037	0,47	1663	9	43	1715
2038	0,47	1671	9	43	1723
2039	0,47	1679	9	44	1732
2040	0,47	1687	9	44	1740
2041	0,47	1695	9	44	1748
2042	0,42	1703	9	45	1757

De acuerdo con el manual de diseño geométrico de carreteras elaborado por el MOP en el año 2003 se clasifican las vías de acuerdo con el TPDAf como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4: Clasificación de carreteras según el TPDAf

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA (MOP)	TPDAf (AÑO FINAL DE DISEÑO)
Corredor Arterial	RI – RII (2)	>8000
	I	3000-8000
Colectora	II	1000-3000
	III	300-1000
Vecinal	IV	100-300
	V	300

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La calificación del PCI resumida en la siguiente tabla:

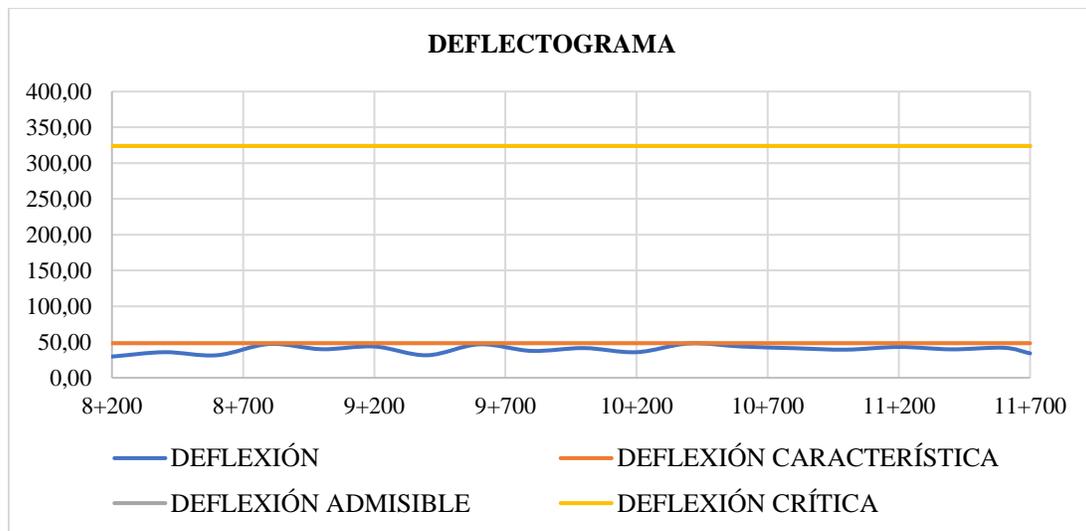
Tabla 5: PCI de las unidades de evaluación

UNIDAD	Abscisa (m)		Área (m2)	PCI	CONDICIÓN	INTERVENCIÓN
	Inicial	Final				
U1	8+200	8+240	186.40	61.0	BUENO	REHABILITACIÓN
U2	8+440	8+480	141.20	84.0	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
U3	8+680	8+720	165.20	82.0	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
U4	8+920	8+960	158.00	80.0	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
U5	9+160	9+200	230.00	78.0	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
U6	9+400	9+440	196.00	79.0	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
U7	9+640	9+680	195.20	58.0	BUENO	REHABILITACIÓN
U8	9+880	9+920	196.00	80.0	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
U9	10+120	10+160	189.20	93.0	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
U10	10+360	10+400	232.00	96.0	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
U11	10+600	10+640	232.00	0.0	NO EXISTE ASFALTO	CONSTRUCCIÓN
U12	10+840	10+880	168.00	69.0	BUENO	REHABILITACIÓN
U13	11+080	11+120	216.00	88.0	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
U14	11+320	11+360	212.00	96.0	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
PROMEDIO:				80.31		

Deflexiones en la capa de rodadura

En la siguiente figura se presenta el deflectograma correspondiente a la vía de estudio en los tramos ensayados en el año 2022:

Figura 1: Deflectograma de la vía Patate-Baños abs. 8+200 – 11+700, 2022



Análisis Granulométrico

Para el análisis granulométrico se hace uso de la clasificación del suelo por el método AASHTO Y SUCS respectivamente como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6: Clasificación del suelo

CALICATA	GRAVA	ARENA	LIMOS	CLASIFICACIÓN	
				AASHTO	SUCS
1	0%	86%	14%	A-2-4 Arena Limosa	Arena limosa SM
2	0%	92%	8%	A-1-b Arena	Arena limosa SM
3	0%	94%	6%	A-3 ARENA FINA	Arena mal graduada SP
4	0%	97%	3%	A-1-b Arena	Arena mal graduada SP
5	0%	92%	8%	A-1-b Arena	Arena limosa SM

Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg obtenidos por medio de los ensayos basados en la norma INEN 691 se muestran en síntesis en la siguiente tabla:

Tabla 7: Límites de Atterberg

CALICATA	TIPO DE MATERIAL	LÍMITE LÍQUIDO LL	LÍMITE PLÁSTICO LP	ÍNDICE PLÁSTICO IP
1	Arena limosa SM	19.38%	18.77%	0.61%
2	Arena limosa SM	22.32%	21.34%	0.98%
3	Arena mal graduada SP	21.61%	21.11%	0.50%
4	Arena mal graduada SP	24.53%	24.06%	0.47%
5	Arena limosa SM	18.81%	18.46%	0.35%

Proctor Modificado “B”

La siguiente tabla se presenta la humedad óptima y el peso volumétrico seco de las muestras ensayadas:

Tabla 8: Resultados ensayo Proctor Modificado tipo B

Calicata	Tipo de Material	Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	Humedad Óptima %
1	Arena limosa SM	1.727	13.41
2	Arena limosa SM	1.544	19.2
3	Arena mal graduada SP	1.646	10.1
4	Arena mal graduada SP	2.031	8.16
5	Arena limosa SM	2.024	6.58

Relación de Soporte de California CBR

El CBR obtenido en las diferentes muestras se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 9: Tabla CBR de las muestras recolectadas

CALICATA	VALOR CBR	USO	CLASIFICACIÓN
1	11%	Subrasante	Regular -Buena
2	19%	Subrasante	Regular -Buena
3	30%	Subrasante	Excelente
4	22%	Subrasante	Excelente
5	7%	Subrasante	Mala

Discusión

El cálculo del Tráfico promedio diario Anual (TPDA) definido como el volumen de total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, permitió obtener un resultado de 1550 vehículos/día (tabla2), valor que permite el cálculo de tráfico futuro en la vía Patate Baños, mediante tasas de crecimiento, hasta el año 2042, una TPDAf de 1757 vehículos/día (tabla 3). Posteriormente se realizó la clasificación de la carretera analizada, que con el valor de TPDAf, se categorizo con función de Colectora clase II (tabla 4). Mediante el uso del índice de condición de pavimentos PCI, para evaluar el estado e identificar fallas en la capa de rodadura de la vía Patate – Baños se pudo obtener 14 muestras o unidades descritas desde U1 a U14, que como resultado dejan un PCI de 80.31 que de acuerdo con la norma ASTM D6433-07, permite definirla como una vía en muy buen estado, y realizar intervenciones de acuerdo a lo descrito en la tabla 5. Las deflexiones medidas en la capa de rodadura de la Vía Patate – Baños se tomaron de acuerdo a la normativa AASHTO T256. Todos los resultados obtenidos permitieron asegurar mediante el método CONREVIAL una deflexión de Tipo I, lo que quiere decir que es una vía con comportamiento estructural adecuado tanto en su capa asfáltica como subrasante, a su vez se muestra en la figura 1, un deflectograma de los tramos ensayados en esta vía, y concluye en que la deflexión no tiene condiciones críticas. La clasificación del suelo se realizó mediante el método AASHTO y SUCS, para lo cual se estudiaron varias calicatas, que permitieron concluir que las subrasantes evaluadas corresponden principalmente a

11 Revista Investigación y Desarrollo

Artículo recibido: 10/06/2023

Artículo aceptado: 12/11/2023

arenas, en su mayoría de tipo A-1-b, según el primer método nombrado, y que se resumen en la tabla 6. Estos límites se basan en la norma INEN 641, y permitieron definir que este suelo tiene una frontera semisólida que es simple de sobrepasar. Los resultados en la tabla 7, permiten afirmar que índice de plasticidad asciende a un 0.58% que puede explicar por qué con baja humedad la estructura cambie tanto su manejabilidad y consistencia. Bajo las normas AASHTO T -180 y ASTM D1557 ha sido evaluado el Proctor modificado tipo “B”, por lo que la tabla 8 muestra los resultados obtenidos en este ensayo y permiten decir que las arenas no requieren mucha humedad si se pretende obtener una densidad máxima, basta con un promedio de 11,49% de humedad, sin embargo, si la idea es mejorarlo se deberían incluir agregados gruesos en su composición. Este apartado se realiza en base con la normativa ASTM – 1883, la tabla 9 resume el análisis de las 5 calicatas, valor de CBR, el uso y permite una clasificación, por lo que se afirma que la subrasante estudiada arroja un promedio de 18 %, para la normativa AASHTO 93 y la define como Regular – Buena. La tabla 10 describe el plan de conservación vial rutinario, de acuerdo a la guía de mantenimiento para pavimentos asfálticos de vías locales en Bogotá para el 2019, que define 4 actividades, limpieza, sello de fisuras, pintura asfáltica y bacheo superficial. Mientras que la tabla 11, plantea un plan de mantenimiento periódico con actividades como sellos bituminosos, imprimación reforzada y reposición de capa de rodadura en concreto asfáltico.

Conclusiones

La vía Patate-Baños entre las abscisas 8+200 y 11+700 en una proyección de 20 años es definida como Colectora II según el MTOP con insuficiencias en el ancho de vía pues actualmente es de 5.36m siendo 7.30 el óptimo de acuerdo con la NEVI Vol. 2ª debido al TPDAf de 1757 veh/días obtenidos en el proyecto, por lo que en un futuro próximo deberá ser ampliado el número de carriles existentes en la vía.

El método PCI concluyó que, en la actualidad, la capa de rodadura de la vía Patate-Baños entre las abscisas 8+200 y 11+700 se encuentra en etapa de mantenimiento según la ASTM D6433-07 pues a pesar de estar en muy buen estado necesita correcciones y tratamientos superficiales.

12 Revista Investigación y Desarrollo

Artículo recibido: 10/06/2023

Artículo aceptado: 12/11/2023

El comportamiento estructural del asfalto de la vía Patate-Baños entre las abscisas 8+200 y 11+700 arrojó deflexiones de curva corta y poco profunda en el ensayo de Viga Benkelman significando un buen comportamiento estructural de la rasante y subrasante según el método CONREVIAL.

Se ejecutaron los ensayos de granulometría y límites de Atterberg de la vía Patate-Baños entre las abscisas 8+200 y 11+700 concluyendo que la subrasante de la misma está conformada por arenas mal graduadas y en menor proporción de limos además con un índice de plasticidad promedio de 0.58% que hace referencia a que un mínimo incremento de humedad provoca que el suelo pase de sólido a semisólido.

El ensayo de las calicatas mediante el Proctor Modificado y CBR indicó una compactación óptima con una humedad de 11.49% lo que determinó que con el CBR promedio de 18% según la norma AASHTO 93 es Regular-Bueno al ser usado como subrasante concluyendo que la vía no presentara problemas estructurales causados por la subrasante.

Se ha desarrollado un plan de mantenimiento vial rutinario y periódico de acuerdo a las condiciones de la vía Patate-Baños entre las abscisas 8+200 y 11+700, basado en la guía NEVI en el volumen 6, este plan recoge las soluciones que dependen del daño presentado y analizado en la capa asfáltica, para que la vía de estudio cumpla con las condiciones de servicio.

Agradecimiento: Gracias a la Universidad Técnica de Ambato, a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE-UTA) por apoyar el proyecto de investigación PFICM27 “Aplicación de vibración ambiental para el estudio de la frecuencia natural de estructuras de edificación de hormigón armado existentes en la zona urbana del cantón Latacunga”.

Bibliografía

American Society of Civil Engineers. (2017). *Transportation Infrastructure | ASCE's 2021 Infrastructure Report Card*. <https://infrastructurereportcard.org/cat-item/roads/>

ArcGIS. (s/f). *Georreferenciación y sistemas de coordenadas | ArcGIS Resource Center*. Recuperado el 11 de mayo de 2022, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>

Baltodano Contreras, W. E. (2017). *Modelo de gestión de conservación vial basado en criterios de sostenibilidad para reducir los costos de mantenimiento vial en la carretera desvío Salaverry-Santa*.

Burningham, S., & Stankevich, N. (2005). *Why road maintenance is important and how to get it done*.

Calvo Poyo, F. J., Navarro-Moreno, J., Oña López, J. J. de, & others. (2021). *Efecto de los recursos económicos invertidos en construcción y mantenimiento de carreteras sobre la accidentabilidad en Europa*.

Dirección General de ServiciosTécnicos. (2014). *Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México 2014* (Primera Ed). https://www.academia.edu/15022670/Guia_de_procedimientos_y_tecnicas_para_la_conserv_de_carreteras

Fernández, R. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular* (J. C. Dextre, Ed.; Primera). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Instituto Nacional De Estadística y Censos. (2010). CENSO 2010-FASCÍCULO TUNGURAHUA. INEC.

Ministerio De Transporte Y Obras Públicas. (2003). *NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2012). Volumen No. 2 - Libro A Norma para estudios y diseños viales. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, Volumen 2A*, 1–382.

Moncayo García Flery Jasmina. (2019). *Diseño Geométrico de la Vía que Comunica a la Comunidad El Tigre con El Recinto Pimpiguasi*.

Navarro Hudiel, S. J., & Bustamante Arteaga, F. J. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. *Revista*

Ciencia y Tecnología El Higo, 11(1), 43–68.
<https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717>

NEVI. (2012). Conservación vial. *Ministerios de Transporte y Obras Públicas del Ecuador*, 6, 1–508. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_6.pdf

Rico, A., & Juárez, E. (2001). *Mecánica de suelos I: Fundamentos de la mecánica de suelos*. https://www.academia.edu/38530731/Mecánica_de_suelos_Tomo_I_-_Eulalio_Juárez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodríguez

Rodríguez González, R. A. (2011). *Modelo de gestión de conservación vial para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en los caminos rurales de las poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la provincia de Chimborazo*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.