



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACIÓN DEL USO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL
BICAPA EN EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO
VECINAL DV. SAYWITE – CACHORA, ABANCAY, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jorge Antonio Matias Cabrera Bellido

Asesor:

Mg. Jvan Jovanovic Aguirre

<https://orcid.org/0000-0003-1609-1704>

Lima - Perú

JURADOR CALIFICADOR

Jurado 1 Presidente(a)	JOSE LUIS NEYRA TORRES
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	NEICER CAMPOS VASQUEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	JVAN JOVANOVIC AGUIRRE
	Nombre y Apellidos

INFORME DE SIMILITUD

EVALUACIÓN DEL USO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA EN EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL DV. SAYWITE – CACHORA, ABANCAY, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	16%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%

DEDICATORIA

A Dios mi guía. Mis padres, hermanos y familia, sin duda, mi motor y motivo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme a lo largo de cada día. A mi madre, Maria Bellido, quien es mi razón para ser mejor persona día a día y me acompaño a lo largo de esta aventura. A mi padre, Jorge Cabrera, mi amigo, padre y compañero en este logro, a mis hermanos quienes siempre están para mí.

Tabla de contenidos

JURADOR CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	47
CAPÍTULO III. RESULTADOS	64
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	110
REFERENCIAS.....	116
ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de las carreteras según su demanda</i>	22
Tabla 2 <i>Clasificación de las carreteras según su orografía</i>	24
Tabla 3 <i>Principales ejes de carretera</i>	25
Tabla 4 <i>Tipos de Mantenimientos Viales</i>	28
Tabla 5 <i>Estado vial según la Rugosidad</i>	37
Tabla 6 <i>Índice de Serviciabilidad</i>	39
Tabla 7 <i>IMDA camino vecinal Dv. Saywite – Cachora</i>	43
Tabla 8 <i>IMDA proyectado a 10 años</i>	44
Tabla 9: <i>Ubicación geográfica del proyecto</i>	49
Tabla 10 <i>Ubicación estación de conteo</i>	55
Tabla 11 <i>Factor de corrección - estación Pichirhua</i>	56
Tabla 12 <i>Especificaciones para ensayos de material de cantera</i>	58
Tabla 13 <i>Resultados de los ensayos a cantera</i>	65
Tabla 14 <i>Índice de rugosidad PROG. 00+00 a 01+00</i>	83
Tabla 15 <i>Índice de rugosidad PROG. 01+00 A 02+00</i>	86
Tabla 16 <i>Índice de rugosidad PROG. 02+00 a 03+00</i>	88
Tabla 17 <i>Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 03+000 a 06+000</i>	91
Tabla 18 <i>Índice de rugosidad PROG. 06+00 a 07+00</i>	93
Tabla 19 <i>Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 07+000 a 10+000</i>	96
Tabla 20 <i>Índice de rugosidad PROG. 10+00 a 11+00</i>	98
Tabla 21 <i>Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 07+000 a 10+000</i>	101
Tabla 22 <i>Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 13+000 a 15+660</i>	104
Tabla 23 <i>Resumen de estado progresiva 00+00 a 15+640</i>	106
Tabla 24: <i>Vida útil promedio para bicapa y Slurry seal</i>	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Capa compactada de material granular.</i>	18
Figura 2: <i>Grava o gravilla.</i>	18
Figura 3: <i>Calzada de la vía</i>	19
Figura 4: <i>Vista de cantera.</i>	20
Figura 5: <i>Empalme de carreteras.</i>	20
Figura 6: <i>Principales ejes viales en el Perú</i>	26
Figura 7: <i>Red Departamental pavimentada y no pavimentada</i>	27
Figura 8: <i>Red Vecinal pavimentada y no pavimentada</i>	27
Figura 9: <i>Objetivos de un tratamiento superficial.</i>	32
Figura 10: <i>Tratamiento superficial monocapa.</i>	33
Figura 11: <i>Tratamiento superficial bicapa.</i>	33
Figura 12: <i>Tratamiento superficial monocapa doble engravillado.</i>	34
Figura 13: <i>Tratamiento superficial especial sándwich.</i>	34
Figura 14: <i>Rango "D".</i>	36
Figura 15: <i>Equipo Merlin para la medición de la rugosidad.</i>	37
Figura 16: <i>Escala de Rugosidad IRI.</i>	38
Figura 17: <i>Automóvil tipo combi, con mayor presencia en el estudio de IMDA.</i>	45
Figura 18: <i>Plano de ubicación de la región de Abancay.</i>	48
Figura 19: <i>Imagen referencial Dv. Saywite y Cachora.</i>	49
Figura 20: <i>Trazo del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora</i>	50
Figura 21: <i>Accesibilidad al camino vecinal Dv. Saywite - Cachora.</i>	53
Figura 22: <i>Corte típico de pavimento</i>	54
Figura 23: <i>Flujograma - Proceso constructivo T.S.B</i>	57
Figura 24: <i>Cantera San Luis.</i>	59
Figura 25: <i>Flujograma - Trabajos previos a la colocación del T.S.B</i>	60
Figura 26: <i>Elaboración del ensayo de Índice de Rugosidad.</i>	61
Figura 27: <i>Vida útil de los tratamientos superficiales para pavimentos</i>	63
Figura 28: <i>Limpieza de material orgánico de cantera.</i>	66
Figura 29: <i>Proceso de extracción de material de cantera.</i>	67
Figura 30: <i>Maquinaria en cantera San Luis.</i>	67
Figura 31: <i>Acopio - carguío - traslado de material de cantera.</i>	68
Figura 32: <i>Transporte de material de cantera a obra.</i>	69
Figura 33: <i>Esparcido de material de cantera.</i>	70
Figura 34: <i>Compactación de material de cantera.</i>	71
Figura 35: <i>Escarificado de material de cantera.</i>	71
Figura 36: <i>Riego de agua para óptimo contenido de humedad.</i>	72
Figura 37: <i>Riego de emulsión.</i>	72
Figura 38: <i>Riego y batido de emulsión asfáltica.</i>	73
Figura 39: <i>Batido de base estabilizada.</i>	73
Figura 40: <i>Compactado de base estabilizada con emulsión asfáltica.</i>	74
Figura 41: <i>Riego de primera capa de emulsión asfáltica</i>	75
Figura 42: <i>Riego de primera capa de emulsión asfáltica.</i>	75
Figura 43: <i>Esparcido de primera capa de agregado.</i>	76
Figura 44: <i>Esparcido de primera capa de agregado.</i>	76
Figura 45: <i>Compactación de primera capa de T.B.S.</i>	77
Figura 46: <i>Limpieza de superficie de primera capa de T.S.B.</i>	78
Figura 47: <i>Segunda capa de emulsión para T.B.S.</i>	78
Figura 48: <i>Colocación de segunda capa de agregado pétreo.</i>	79
Figura 49: <i>Foto general tratamiento superficial bicapa.</i>	80
Figura 50: <i>Etapa pre PROG. 00+00 a 01+00.</i>	82
Figura 51: <i>Etapa post PROG. 00+00 a 01+00.</i>	82
Figura 52: <i>Etapa pre PROG. 01+00 a 02+00.</i>	84
Figura 53: <i>Etapa post PROG. 01+00 a 02+00.</i>	85
Figura 54: <i>Etapa pre PROG. 02+00 a 03+00.</i>	87
Figura 55: <i>Etapa post PROG. 02+00 a 03+00.</i>	88

Figura 56: <i>Etapa pre PROG. 03+00 a 06+00</i>	90
Figura 57: <i>Etapa post PROG. 03+00 a 06+00</i>	90
Figura 58: <i>Etapa pre PROG. 06+00 a 07+00</i>	92
Figura 59: <i>Etapa post PROG. 06+00 a 07+00</i>	93
Figura 60: <i>Etapa pre PROG. 07+00 a 10+00</i>	95
Figura 61: <i>Etapa post PROG. 07+00 A 10+00</i>	95
Figura 62: <i>Etapa pre PROG. 10+00 a 11+00</i>	97
Figura 63: <i>Etapa post PROG. 10+00 a 11+00</i>	98
Figura 64: <i>Etapa pre PROG. 11+00 a 13+00</i>	100
Figura 65: <i>Etapa pre PROG. 11+00 a 13+00</i>	100
Figura 66: <i>Etapa pre PROG. 13+00 a 15+660</i>	102
Figura 67: <i>Etapa post PROG. 13+00 s 15+660</i>	103
Figura 68: <i>Variación de IRI y PSI, PROG. 0+00 a 15+660</i>	105
Figura 69: <i>Costo aproximado por m2 de bicapa</i>	107
Figura 70: <i>Costo aproximado por m2 de Slurry seal</i>	107
Figura 71: <i>Maquinaria usada para el tratamiento superficial bicapa</i>	108
Figura 72: <i>Maquinaria usada para el tratamiento superficial Slurry seal</i>	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Determinación del IRI</i>	35
Ecuación 2 <i>Determinación de rango "D"</i>	36
Ecuación 2 <i>Determinación del PSI</i>	39

RESUMEN

La presente tesis abarca la problemática generada en las vías denominadas caminos vecinales en los cuales se busca una solución viable para su mantenimiento con el fin de obtener un pavimento transitable, seguro y que llegue al periodo de vida máximo para el uso de la comunidad y usuarios de la vía, planteando como objetivo principal la evaluación del uso del tratamiento superficial bicapa teniendo como lugar de estudio al camino vecinal Dv. Saywite – Cachora. La evaluación se realizó en las etapas que conlleva la ejecución del tratamiento, partiendo desde la fase de proyección, los trabajos preliminares que se requieren antes de su ejecución, proceso constructivo del tratamiento, lo obtenido mediante una evaluación pre y post a su aplicación en el camino y una evaluación económico y técnico respecto al tratamiento Slurry seal. Se obtuvieron como resultados que la aplicación del tratamiento superficial se da en carreteras de volúmenes de tránsito bajo, además se obtuvo que para la aplicación del tratamiento superficial bicapa es necesario que exista o realizar una base estabilizada uniforme que aporte estructuralmente y que su aplicación es fácil y de rápida producción, de la evaluación pre y post se pudieron observar notables diferencias post a la aplicación del tratamiento superficial obteniendo un IRI promedio de la vía de 2.18 m/km y un índice de serviciabilidad de 3.16. De la evaluaciones técnica y económica se obtuvo que la bicapa es S/. 4.45 más cara por m² de construcción, sin embargo, su vida útil promedio es de 7.5 años y el Slurry seal es de 4 años lo cual justificaría su mayor costo. Se concluye así que el uso del tratamiento superficial bicapa es viable en vías de tránsito bajo como en caminos vecinales, en donde su lejanía justificaría su uso ya que tiene mayor vida útil respecto a otros tratamientos.

Palabras clave: Mantenimiento vial, camino vecinal, tratamiento superficial bicapa.

ABSTRACT

This thesis covers the problems generated in the roads called neighborhood roads in which a viable solution is sought for their maintenance in order to obtain a passable, safe pavement that reaches the maximum life period for the use of the community and users. of the road, proposing as the main objective the evaluation of the use of the bilayer surface treatment taking the local road Dv. Saywite - Cachora. The evaluation was carried out in the stages that the execution of the treatment entails, starting from the projection phase, the preliminary works that are required before its execution, the obtained through a pre and post evaluation of its application on the road and an economic evaluation and technical regarding Grout Seal treatment. The results were obtained that the application of the surface treatment occurs on roads with low traffic volumes in this case its IMDA is 111 vehicles / day, it is eco-friendly, it is a solution for dust control, it was also obtained that for the application of the bilayer surface treatment, it is necessary to have a uniform base that contributes structurally, from the pre and post evaluation it was possible to observe notable differences after the application of the surface treatment, obtaining an average IRI of the road of 2.18 m / km and a 3.16 serviceability index. From the technical and economic evaluation, it was obtained that the bilayer is S /. 4.45 more expensive per m² of construction, however, its average useful life is 7.5 years and the Slurry seal is 4 years which would justify its higher cost. It is thus concluded that the use of the bilayer surface treatment is viable on low traffic roads as well as on local roads, where its remoteness would justify its use since it has a longer useful life compared to other treatments.

Keywords: Road maintenance, local road, two-layer surface treatment

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La Asociación Mundial de la Carretera (2014), indica que las carreteras son parte esencial de todas las economías nacionales, siendo estas el principal activo en cuanto a transporte de un país, por ello, es importante su correcta conservación para extraer el máximo valor a la red, la mala administración o falta de inversiones generaran graves consecuencias sobre esta, principalmente depreciando su valor rápidamente.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2020) nos indica que existe una red vial de 168,359.2 Km de los cuales se divide en tres tipos de redes: Red Nacional con 27,060.9 Km, Red Departamental (Regional) con 27,505.6 Km y Red de caminos vecinales con 113,792.7 Km, siendo esta última la que cuenta con mayor cantidad de kilómetros al interior del país, teniendo un 98.3% de la red vial vecinal sin pavimentar.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2021) en el marco del programa denominado ‘Arranca Perú’ impulsado por el gobierno central se destinó para los años 2020 y 2021 la suma de S/. 255,000.000 de soles para las 7 provincias que comprenden el departamento de Apurímac las cuales son la provincia de Abancay, Andahuaylas, Antabamba, Aumaraes, Cotabambas, Grau y Chincheros monto por el cual se debe realizar el mantenimiento de más de 2866 Km de la red vial vecinal.

La presente tesis abarca la problemática de las redes denominadas caminos vecinales en las cuales se busca la solución más viable a emplearse en sus mantenimientos periódicos, con el fin de obtener un pavimento transitable, seguro, económico y de larga vida útil, centrándose principalmente en los caminos vecinales en donde se aplicó el tratamiento superficial bicapa teniendo como centro de estudio al camino vecinal Dv. Saywite – Cachora.

Antecedentes Internacionales

Hernández, Rosales y Trigueros (2016) realizaron un estudio denominado “ Metodología para el diseño y construcción de tratamientos superficiales dobles para caminos de bajo volumen de tránsito mediante métodos de la Dimensión Mínima promedio y Texas Dot en El Salvador”, en el cual nos habla de dos métodos para desarrollar el diseño de un tratamiento superficial bicapa planteando como uno de sus objetivos la evaluación de 2 tratamientos realizados en diferentes localidades las cuales son Suchitoto y San Miguel, concluyendo que a 3 meses de la ejecución de las vías con la Bicapa no presenta daño estructural, manteniendo su funcionalidad y transitabilidad de la vía, así mismo, recomienda un buen proceso constructivo y la evaluación los materiales a utilizar para poder obtener una vía que más duradera.

Guerrero (2014) realizó un estudio denominado “Tratamiento superficial con emulsión asfáltica y análisis de costos respecto a placa huella” el cual nos explica el proceso constructivo de un tratamiento superficial doble y mono capa, sus pros y contras de su uso, los ensayos a realizarse a cada material para poder obtener la calidad requerida y a la vez también realiza un análisis de costos entre la aplicación de un tratamiento superficial y placa huella, a lo que su análisis le da un costo mucho mayor al realizar placa huella con una proporción de costo aproximada de 1 a 5, por otro lado evalúa el costo/beneficio de la aplicación de cada uno de ellos, concluyendo que el uso de un tratamiento superficial Bicapa es una opción técnica y económica viable para la aplicación en redes terciarias a nivel nacional siempre que se realicen los mantenimientos periódicos y rutinarios para su conservación.

Queirolo (2009) realizó un estudio denominado ‘‘Seguimiento de un doble tratamiento superficial para camino de alto tránsito’’ en donde realizo un seguimiento a una vía de tránsito medio alto en la cual se aplicó el tratamiento superficial de doble capa en el año 2004, plantea como principales objetivos la evaluación, funcionamiento y comportamiento del pavimento luego de los años pasados después de su aplicación, de manera visual y también realizando ensayos al pavimento como índices de rugosidad, círculo de arena y coeficiente de roce con el Péndulo Británico concluyendo su estudio que de aplicarse en zonas que cuenten con las mismas condiciones tanto climáticas, tipo de suelo, solicitudes de tránsito medias – altas se podría aplicar en caminos nuevos o también en rehabilitaciones lo cual se podría conseguir vías transitables con seguridad para el usuario a un bajo costo pero siempre con el debido mantenimiento y un seguimiento continuo para evitar deterioros rápidos.

Antecedente Nacionales

Pando (2017) realizó un estudio denominado ‘‘ Mantenimiento y mejoramiento con tratamiento superficial bicapa en vías departamentales Ju109 – tramo Acopalca – Abra Acopalca – Huancayo – Junín – 2017’’, en el cual analiza la propuesta del mejoramiento con un tratamiento superficial bicapa en la vía departamental del tramo Acopalca – Abra Acopalca planteando como objetivo principal obtener los resultados que se deberían dar en la vía con la aplicación del tratamiento superficial, desarrollando su evaluación mediante trabajos en campo y laboratorio, logrando como resultado que la aplicación de una Bicapa en la vía es una alternativa favorable para garantizar el funcionamiento de la vía además de ser de bajo presupuesto. El estudio concluye en que las partidas establecidas para el tratamiento superficial son para conservar el estado de funcionalidad de la vía y que la bicapa sería viable para el desarrollo del proyecto y población.

Trujillo (2018) realizó un estudio denominado Estudio de prefactibilidad “Tratamiento superficial bicapa de la carretera regional AR-109 del distrito de Huambo, Provincia de Caylloma, Arequipa” el cual nos habla de la viabilidad que podría tener el tratamiento superficial Bicapa en carreteras de redes terciarias en nuestro país para lo cual analiza desde diferentes puntos el uso de este tratamiento centrándose en la carretera regional AR-109 ubicada en la provincia de Caylloma, de su evaluación concluye que este tratamiento daría mejor calidad de vida a los pobladores generando un auge en el turismo y comercio, en cuanto al presupuesto que se requiere concluye que es un 36% menor al del uso de un pavimento flexible y por último en cuanto a facilidad de ejecución nos dice que su ejecución es rápida y simple logrando una vía transitable que debe tener su correcto mantenimiento.

Rivera (2017) realizó un estudio denominado “ Evaluación del tratamiento superficial bicapa a nivel de ejecución, de la obra mejoramiento de la ruta AM-100, Bagua – La Peca; del circuito vial II – Amazonas” en el cual realizo una evaluación de la colocación del tratamiento superficial Bicapa, en una etapa inicial la vía contaba con un nivel de afirmado mejorando las condiciones de la vía tras la aplicación de la bicapa, en este estudio plantea como objetivo la evaluación de los equipos necesarios para la colocación del tratamiento, determinación del estado final de la vía, funcionalidad del espesor de las capas, medición de la textura e índice de rugosidad, logrando obtener sus resultados mediante apuntes de obra y la elaboración de los ensayos, concluyendo finalmente que lo estipulado en el expediente técnico de la obra y en los manuales proporcionados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se cumplieron a cabalidad dejando la obra a nivel de tratamiento superficial Bicapa mejorando el estado inicial de la carretera.

Antecedentes Locales

Reinoso (2018) realizó un estudio denominado ‘‘Evaluación del estado de transitabilidad y nivel de servicio del camino vecinal tramo Saywite – Ccecceray – Totoray Alta y Baja – Bacas Alta y Baja – Trancapata Alta y Baja’’, en el cual realiza una evaluación al camino vecinal en cuanto a su transitabilidad y nivel de servicio, en donde encontró en mal estado el camino debido a la despreocupación de las autoridades por realizar los mantenimientos rutinarios y periódicos que deben ejecutarse en el camino, generando demora en los viajes de los usuarios e inseguridad al manejar, todo esto debido a los ahuellamientos, hundimientos y deformaciones que presenta el camino vecinal. El estudio concluye en un mal estado tanto de la vía como de las obras de arte que son parte de esta, recomendando al finalizar realizar un correcto mantenimiento a la vía con un tratamiento superficial que pueda dejar la vía en óptimo estado.

Ancco (2018) realizó un estudio denominado ‘‘Gestión de la infraestructura vial y desarrollo turístico sostenible del distrito de San Pedro de Cachora – Abancay – Apurímac , 2018’’, en donde realiza un estudio de la relación que conlleva una buena gestión de la infraestructura con el desarrollo turístico para el pueblo de San Pedro de Cachora que es el principal ingreso a las ruinas de Choquequiera, mediante su análisis cuantitativo, logro determinar que la gestión de la infraestructura vial en el pueblo de San Pedro de Cachora es ineficaz por parte del Municipio, además de que la gestión de la misma está totalmente relacionada con el incremento de turismo para el pueblo, por ello al finalizar recomienda la ejecución de un correcto mantenimiento vial en las vías de acceso al pueblo (justamente el camino vecinal Dv. Saywite – cachora), ya que como indica su población la vía se encuentra en mal estado, además de fortalecer la gestión vial del Municipio.

Definiciones conceptuales

- **Afirmado:** Capa compactada de material granular, cuya función es la de soportar cargas y esfuerzos producidos por el tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).



Figura 1: Capa compactada de material granular.

Fuente: Elaboración propia.

- **Árido:** Material granular usado para la construcción también llamado grava o gravilla (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).



Figura 2: Grava o gravilla.

Fuente: Elaboración propia

- Asfalto de curado rápido (RC): Asfalto diluido compuesto por cementos asfáltico y un diluyente de alta volatilidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Base granular: Parte del pavimento, está establecida por material seleccionado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Calzada: Plano del pavimento cuya función es soportar las cargas originadas por los vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).



Figura 3: Calzada de la vía

Fuente: Elaboración propia

- Camino: Vía usada para la circulación de vehículos, personas y animales, con exclusión de la vía férrea (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Carretera: Camino para la circulación de vehículos motorizados de 2 ejes a más, cuyas características geométricas deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Cantera:** Espacio natural que contiene material apropiado para la construcción, rehabilitación y/o mantenimientos de carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).



Figura 4: Vista de cantera.

Fuente: Elaboración propia.

- **Empalme:** Conexión de una carretera hacia otra, uso de tránsito vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).



Figura 5: Empalme de carreteras.

Fuente: Elaboración propia.

- Emulsión: Mezcla de 2 líquidos inmiscibles entre sí (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Índice medio diario anual (IMDA): Volumen promedio de vehículos durante 24 horas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Mantenimiento vial: Conjunto de obras cuya función es la de preservar el estado de la infraestructura vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Pavimento: Construcción realizada sobre la subrasante cuya función es distribuir esfuerzo y mejorar las condiciones de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Pendiente de la carretera: Inclinación del eje longitudinal de la carretera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Proceso constructivo: Conjunto de fases obligatorias para la materialización de una estructura (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Transitabilidad: Nivel de servicio de la carretera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Bases teóricas

Carreteras

Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones en el año 2018, define a la carretera como un camino para los vehículos de por lo menos 2 ejes, cuyas características geométricas para su diseño tienen que cumplir con el reglamento propuesto por la misma entidad, clasifica a las carreteras según su demanda y su orografía de la siguiente manera:

- Según su demanda:

Tabla 1

Clasificación de las carreteras según su demanda.

CLASIFICACIÓN	CONSIDERACIONES
Autopistas de Primera Clase	<ul style="list-style-type: none"> • $IMDA > 6000$ veh/día. • Separador central entre calzadas > 6.00 metros. • Calzadas de 2 o más carriles de ancho > 3.60 metros. • Puentes peatonales en zonas urbanas. • Control total de accesos ingresos y salidas de vehículos. • Superficie de rodadura de ser pavimentada.
Autopistas de segunda Clase	<ul style="list-style-type: none"> • $4001 < IMDA < 6000$ veh/día. • Separador central entre calzadas de 6.00 a 1.00 metros. • Calzadas de 2 o más carriles de ancho > 3.60 metros. • Control parcial de accesos ingresos y salidas de vehículos. • Tiene cruces peatonales y puentes en zonas urbanas • Superficie de rodadura pavimentada.

**Carreteras de
Primera Clase**

- $2001 < \text{IMDA} < 4000$.
- Calzada de 2 carriles de ancho > 3.60 metros.
- Puede tener cruces o pasos vehiculares, en zonas urbanas se recomienda puentes peatonales.
- Superficie de rodadura pavimentada.

**Carreteras de
Segunda Clase**

- $400 < \text{IMDA} < 2000$ veh/día.
- Calzada de 2 carriles de ancho < 3.30 metros.
- Puede tener cruces o pasos vehiculares, en zonas urbanas se recomienda puentes peatonales.
- Superficie de rodadura pavimentada.

**Carreteras de
Tercera Clase**

- $\text{IMDA} < 400$ veh/día.
- Calzada de dos carriles de ancho > 3.00 metros o en casos poco recurrentes de ancho > 2.50 metros con el sustento técnico requerido.
- Superficie de rodadura con soluciones denominadas básicas o económicas como tratamientos superficiales.
- De ser superficie de rodadura pavimentada deberán cumplirse con las condiciones estipuladas en las carreteras de segunda clase.

**Carreteras de
Trochas carrozables**

- $\text{IMDA} < 200$ veh/día.
- calzadas de ancho > 4.00 metros, en cuyo caso se ejecutará plazoletas de cruce, cada 500 metros.
- Superficie de rodadura afirmada o sin afirmar.

En la Tabla 1 muestra las condiciones que deben ser tomadas en cuenta para que sea clasificada una carretera según corresponda.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

- Según su orografía:

Tabla 2

Clasificación de las carreteras según su orografía

CLASIFICACIÓN	CONSIDERACIONES
Terreno plano (tipo 1)	<ul style="list-style-type: none"> • Pendientes transversales al eje de la vía $\leq 10\%$. • Pendientes longitudinales por lo general $\leq 3\%$. • Movimiento de tierras mínimo. • Facilidad al realizar el trazo de la vía.
Terreno ondulado (tipo 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50%. • Pendientes longitudinales entre 3% y 6%. • Moderado movimiento de tierras. • Alineamientos rectos con curvas de radio amplio. • Sin dificultad de trazo de la vía.
Terreno accidentado (tipo 3)	<ul style="list-style-type: none"> • Pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100%. • Pendientes longitudinales predominantes entre 6% y 8%. • Importante movimiento de tierras. • Dificultad al realizar el trazo.
Terreno escarpado (tipo 4)	<ul style="list-style-type: none"> • Pendientes transversales al eje de la vía superior al 100%. • Pendientes longitudinales excepcionales superior a 8%. • Excesivo movimiento de tierras. • Gran dificultad en su trazo.

En la Tabla 2 muestra las consideraciones que se deben tener en cuenta para que sea clasificada una carretera según corresponda.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

Red vial nacional en el Perú

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007), nos dice que el sistema encargado de la jerarquización de carreteras en el Perú es el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) el cual divide a la red nacional del Perú en tres, las cuales son: Red vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural y todas en conjunto conforman el SINAC.

- **Red Vial Nacional:** El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007) define a la red vial nacional como la principal red de carreteras, de interés nacional, establecida básicamente por los principales ejes longitudinales y transversales, sirven de receptoras a las carreteras de la Red vial Departamental y Vecinal, establecen la base del Sistema Nacional de Carreteras.

Tabla 3

Principales ejes de carretera

Principales ejes viales	Kilómetros de carretera
Longitudinal de la costa 	<ul style="list-style-type: none"> • 2634 kilómetros de carretera
Longitudinal de la sierra 	<ul style="list-style-type: none"> • 3505 kilómetros de carretera.
Longitudinal de la selva 	<ul style="list-style-type: none"> • 1809 kilómetros de carretera
Transversal principales de norte, centro y sur 	<ul style="list-style-type: none"> • 9063 kilómetros de carretera.

En la Tabla 3 se detalla los principales Ejes que constituyen la Red Vial Nacional del Perú.

Fuente: Provías Nacional (2016). Intervención en la Red Vial Nacional.

En la siguiente figura se indica la trayectoria de los principales ejes de la Red Vial Nacional según el color colocado en la Tabla N°03 ‘‘Principales Ejes de carretera’’.



Figura 6: Principales ejes viales en el Perú

Fuente: Provias Nacional (2016). Intervención de la Red Vial Nacional.

- **Red Vial Departamental:** Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007), está integrada por las carreteras que se encuentran circunscritas en el gobierno regional de zona en donde pertenezcan, articula a la Red Vial Nacional y Vecinal.

Según el SINAC al 2015 nos dice que la red de carreteras departamental se tiene un total de 25012 kilómetros de carretera entre lo que se encuentran redes pavimentadas y no pavimentadas.

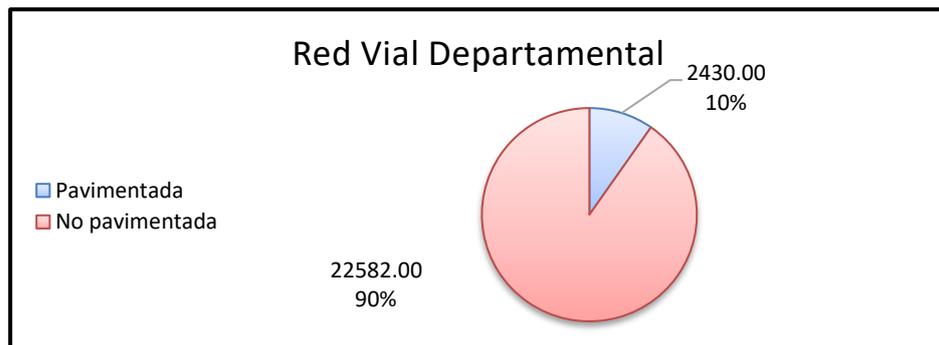


Figura 7: Red Departamental pavimentada y no pavimentada

Fuente: Provias Nacional (2016). Intervención de la Red Vial Nacional.

- **Red Vial Vecinal o Rural:** Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007), está integrada por las carreteras que se encuentran circunscritas al ámbito local su función es articular a las capitales de la provincia con las capitales de los distritos y estos a la vez con centros poblados, redes viales nacionales y departamentales.

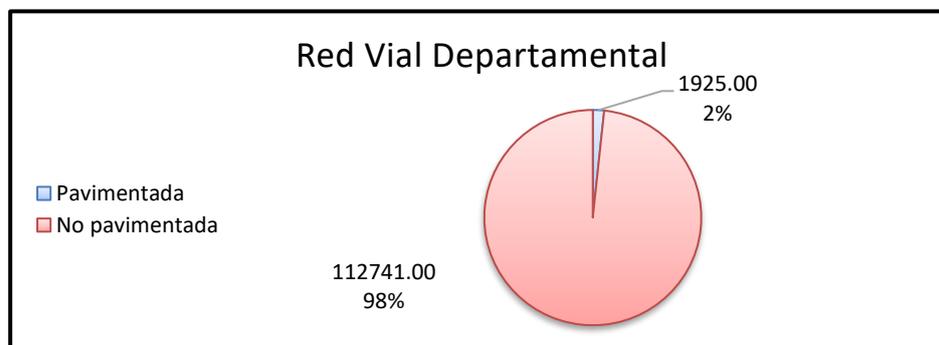


Figura 8: Red Vecinal pavimentada y no pavimentada

Fuente: Provias Nacional (2016). Intervención de la Red Vial Nacional.

Mantenimiento Vial

La Asociación Mundial de la Carretera (2014), nos indica que la conservación de las redes viales controla la depreciación del costo de la vía, además que sin una adecuada conservación el valor inicial se reduce arduamente y los usuarios de la vía podrían experimentar arduos cambios negativos.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), define a un mantenimiento vial como el conjunto de obras que deben ejecutarse de manera preventiva en todas las vías del país, de manera tal que estas se mantengan en óptimo estado, sean seguras para los usuarios y puedan prolongar su vida útil. A continuación, se mencionarán los tipos de manteamientos viales:

Tabla 4

Tipos de Mantenimientos Viales

TIPO	DESCRIPCIÓN
Conservación Rutinaria	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de obras a ejecutar en vías pavimentadas o no pavimentadas, son de corrección inmediata de los posibles fallas que presente la vía, su fin es tener a esta en un estado óptimo para la transitabilidad de los vehículos.
Conservación Periódica	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de obras a ejecutar en vías pavimentadas o en afirmado, conformadas por actividades que no pueden ser desarrolladas de manera rápida, son visibles en campo y se realiza por tramos conforme a la programación realizada.

En la Tabla 4 muestra los tipos de mantenimientos viales y una descripción concisa de lo que consiste. Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación vial.

Base estabilizada

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) define a una base tratada como una base granular que puede ser de material de préstamo o propio del suelo que cumplan las especificaciones según el material adicionado que puede ser asfalto, cal o cemento, su función es estructural y ayuda a reducir el espesor de la estructura del pavimento.

Base estabilizada con emulsión asfáltica

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015) nos dice que, la estabilización de un suelo con emulsión asfáltica consiste en la ejecución de una o más capas de estabilización con emulsión catiónica, de acuerdo a lo proyectado en cada proyecto, básicamente esta estabilización está compuesta por 3 elementos los cuales son: asfalto, agua y un agente emulsionante.

Ensayos en laboratorio que se deben realizar al material para base estabilizada con emulsión asfáltica

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015), establece ensayos de laboratorio que deben ser realizados al material a emplearse para la base estabilizada el cual puede ser de préstamo o propio del suelo.

Análisis granulométrico de suelos por tamizado

El análisis granulométrico se realiza para separar los diferentes tamaños de partículas que constituyen una muestra de suelo, así se tiene la cantidad por cada tamaño, se realiza con tamices (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Limite Liquido

Se determina como el porcentaje de contenido de agua presente en el suelo en donde este se halla en el límite entre líquido y plástico, es usado como parte de los sistemas de clasificación de ingeniería (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Limite plástico

Se define como la humedad más baja en donde se puedan realizar barritas de suelos de 3.2 mm de diámetro, rodando el suelo sobre la mano o un vidrio, sin que estas se rompan, es usado como parte de los sistemas de clasificación de ingeniería (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Índice plástico

El índice plástico se define como la diferencia encontrada de los valores del límite líquido y plástico del suelo ensayado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Contenido de humedad

El contenido de humedad por secado tiene como fin hallar la humedad que está presente en una muestra de suelo, se realiza mediante el secado en horno de laboratorio (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Desgaste de los ángeles

El desgaste por medio de la máquina de los ángeles es una medida de degradación de los agregados, se realiza para obtener la resistencia al desgaste (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Análisis del contenido de sales

El análisis de contenido de sales se realiza con el fin de determinar el contenido de cloruros y sulfatos, de los agregados en bases estabilizadas y mezclas asfálticas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Proctor modificado

El proctor modificado se refiere a la compactación de suelos en laboratorio usando una energía modificada, esto para determinar la relación entre el contenido de humedad y peso unitario seco del suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Cbr de suelos

California bearing ratio o CBR es denominado el valor de la relación de soporte, se puede realizar en muestras preparadas en laboratorio o también sobre muestras inalteradas en el terreno (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Determinación de materia orgánica

Determina el contenido de materia orgánica mediante el dicromato de potasio que se reduce por acción de la materia orgánica presente en el suelo ensayado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio

El ensayo de durabilidad al sulfato de sodio y magnesio se realiza con el fin de determinar la resistencia de los agregados a la desintegración, se realiza por intermedio de soluciones saturadas de sulfatos de sodio y magnesio (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Tratamientos superficiales

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), indica que un trabajo de tratamiento superficial consiste en la colocación de una o más capas de tratamiento sobre la superficie de la vía que puede ser una base imprimada o cualquier otra, elaborada tal que cumpla las especificaciones y requerimientos del proyecto.

Hernández, Rosales y Trigueros (2016) nos dicen que, un tratamiento superficial no tiene capacidad estructural, su ejecución es sino relacionada a la funcionalidad de la vía, cuya función principal es brindar una superficie estable y antideslizante en cualquier clima que se emplee, siendo así una capa sellante que evita la filtración del agua protegiendo las capa que estas por debajo de esta.

Objetivos del tratamiento superficial

Según Kröger y Kröger (2018) en un estudio que realizaron llamado “Tratamientos superficiales de alto desempeño”, nos indican los objetivos principales de la ejecución de un tratamiento superficial, dados por la siguiente figura:



Figura 9: Objetivos de un tratamiento superficial

Fuente: Kröger y Kröger (2018). Tratamientos superficiales de alto desempeño.

Tratamientos superficiales con gravillas

Según Bañon (2000), nos dice que se refieren a los tratamientos superficiales que conllevaban la aplicación de unos o varios riegos de ligantes seguidos la extensión de gravilla, según su tipología que está en función de las aplicaciones que se den de ligante, se distinguen diversos tipos de riegos con gravilla:

- Riegos monocapa: Según Bañon (2000), nos dice que consiste en la aplicación de solo una capa de ligante para el posterior extendido de una capa de gravilla.

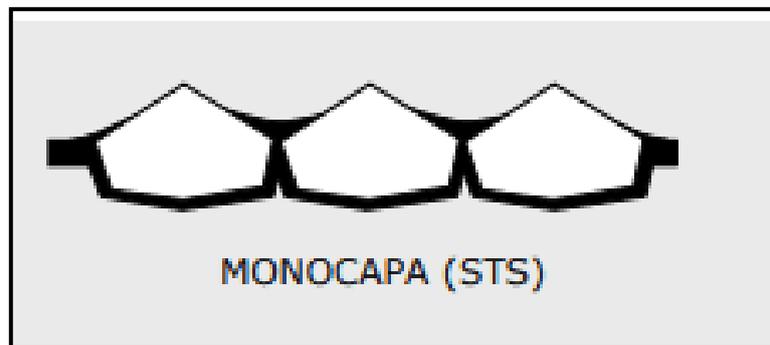


Figura 10: Tratamiento superficial monocapa.

Fuente: Bañon (2000). Manual de carreteras.

- Riegos bicapa: Según Bañon (2000), nos dice que consiste en la aplicación sucesiva de ligante y árido, existe una relación entre la dosificación del ligante y el tamaño del árido de ambas aplicaciones.

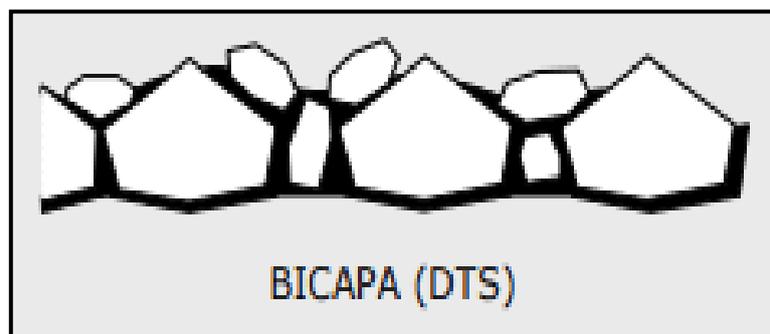


Figura 11: Tratamiento superficial bicapa.

Fuente: Bañon (2000). Manual de carreteras.

- Riegos monocapa doble engravillado: Según Bañon (2000), nos dice que consiste aplicación de un solo riego de ligante para el posterior extendido de una capa de grava gruesa y otra fina.



Figura 12: Tratamiento superficial monocapa doble engravillado.

Fuente: Bañon (2000). Manual de carreteras.

- Riegos sándwich: Según Bañon (2000), nos dice que consiste aplicación inicial de una capa de grava para el posterior regado de ligante y finalizar con una extensión de una gravilla más pequeña.



Figura 13: Tratamiento superficial especial sándwich.

Fuente: Bañon (2000). Manual de carreteras.

- Riegos multicapa: Según Bañon (2000), nos dice que consiste aplicación de varias capas de gravilla esparcidas con ligante. Actualmente se encuentra en desuso al ser un poco más costoso.

Índice de Rugosidad (IRI)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) señala que el IRI es un indicador internacional el cual representa la regularidad superficial de un pavimento y afecta el tránsito de los vehículos, seguridad, confort y velocidad de transitar en la vía, así como el deterioro más rápido de los vehículos. Los estudios presentados por el Banco Mundial nos permiten determinar la rugosidad con equipos debidamente calibrados, así como de forma visual.

Según el Instituto Mexicano del Transporte (1998) nos dice que el IRI permite establecer niveles de tolerancia para la aprobación de nuevas carreteras, sirviendo este con un parámetro de calidad superficial, además para carreteras ya en servicio nos permite tener un control del comportamiento del pavimento al transcurrir de los años.

Del Águila (1999) nos indica que uno de los métodos más usados y prácticos es usando el equipo Merlín, en donde principalmente se basa en usar las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, se mide el desplazamiento vertical. Para la determinar la rugosidad internacional se debe relacionar con la rugosidad dada en el Merlín para esto se dan las siguientes ecuaciones.

Ecuación 1

Determinación de IRI

$$R = 0.0471 \times D + 0.593$$

R: Índice de rugosidad Internacional.

D: Rugosidad del pavimento en unidades Merlín

Ecuación 2
Determinación de rango "D"

$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C$$

IZQ: Levantamiento.

CE: Centro.

DER: Hundimiento.

F.C: Factor de corrección.

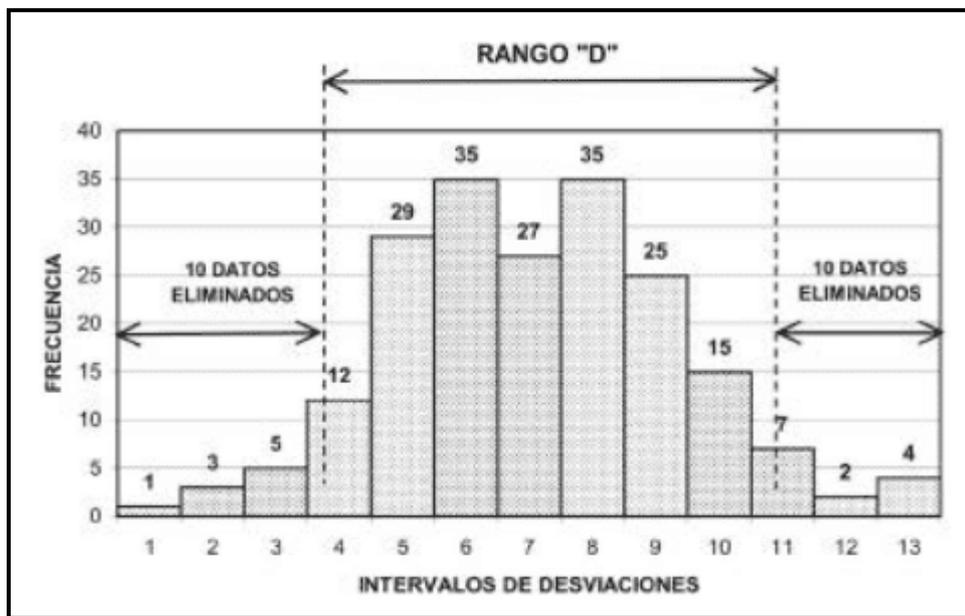


Figura 14: Rango "D".

Fuente: Del Águila (1999). Manual del usuario Merlín equipo para la rugosidad.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007) en su Manual de Especificaciones Técnicas generales para la Conservación de carreteras establece valores de IRI para determinar el estado vial de la carretera, los cuales se darán a continuación mediante la tabla siguiente:

Tabla 5

Estado vial según la Rugosidad

ESTADO	PAVIMENTADAS RUGOSIDAD	NO PAVIMENTADAS RUGOSIDAD
Bueno	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6.0$
Regular	$2.8 < IRI \leq 4.0$	$6 < IRI \leq 8.0$
Malo	$4.0 < IRI \leq 5.0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

En la tabla N°05 proporcionada por el MTC nos brinda el estado de la vía según su Rugosidad.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007). Manual de Especificaciones Técnicas generales para la Conservación de carreteras.

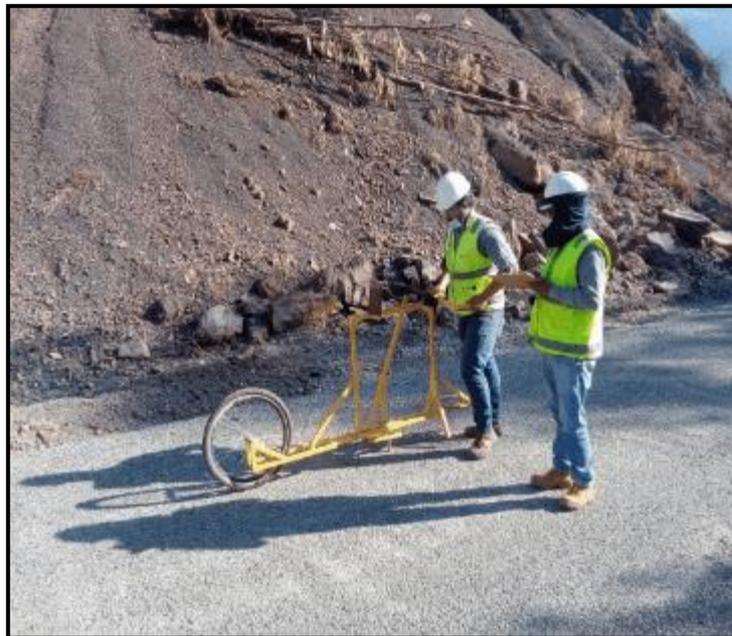


Figura 15: Equipo Merlín para la medición de la rugosidad

Fuente: Elaboración propia.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) en el Manual de Carreteras: Suelos y pavimentos, nos presenta el siguiente grafico que es adaptado de ‘‘Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements’’ en donde brinda escalas para la rugosidad de diferentes pavimentos.

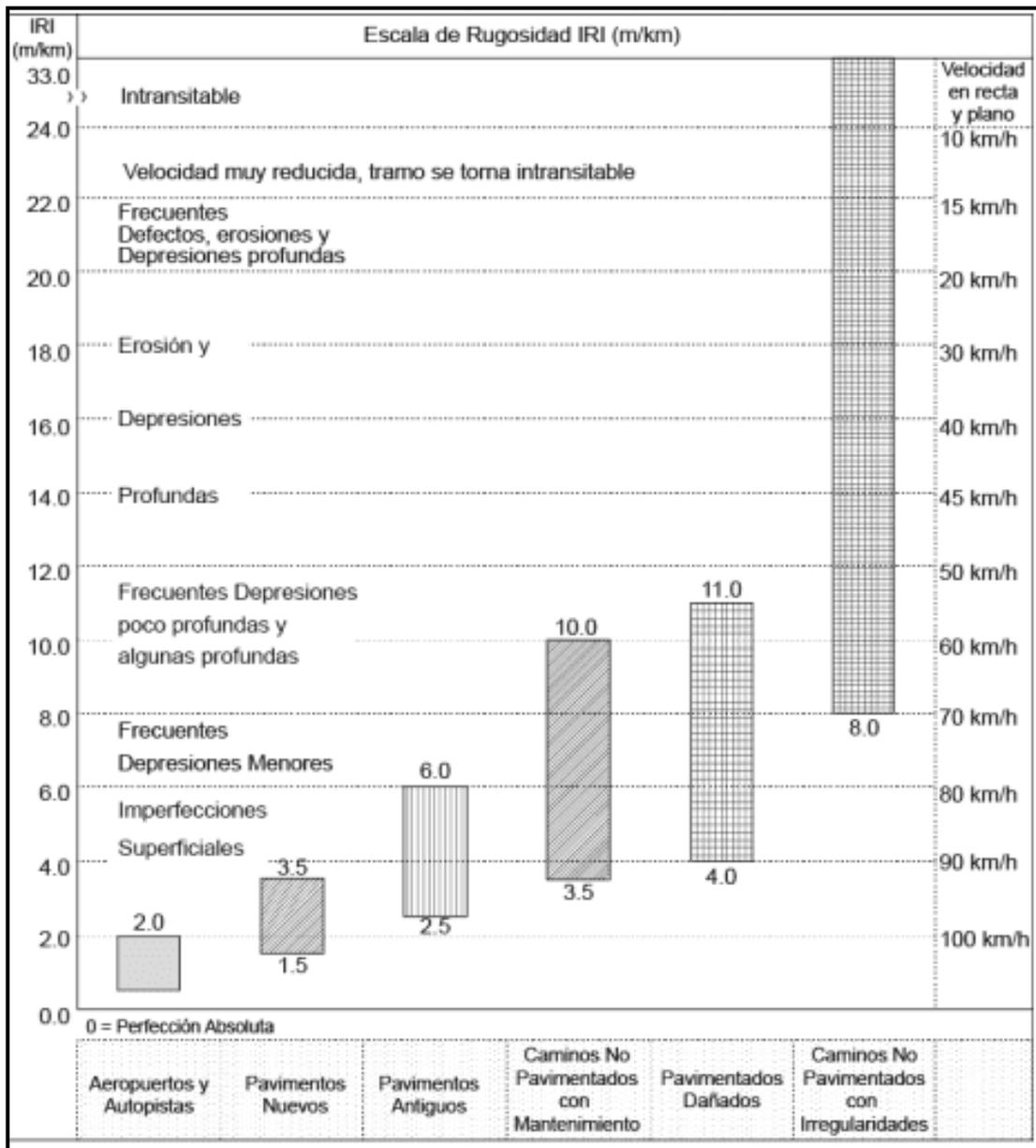


Figura 16: Escala de Rugosidad IRI.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Manual de carreteras: suelos y pavimentos.

Índice de Serviabilidad Presente (PSI)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) en el Manual de Carreteras: Suelos y pavimentos, nos dice que el índice de serviabilidad es el confort del usuario de la vía al transitar sobre esta, su valor va de 0 a 5, siendo 5 la mejor condición y 0 la condición más baja, el PSI es directamente proporcional con la condición de la vía, es decir, si esta decrece el PSI también.

Tabla 6
Índice de Serviabilidad

INDICE DE SERVICIABILIDAD	CALIFICACION
0 - 1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

En la tabla N°06 se indica la calificación que se le da a la vía según su índice de serviabilidad. Fuente: AASHTO. Guide for Design of pavement structure (1993).

La determinación analítica del PSI mediante la expresión establecido por Sayers, usándose los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre rugosidad en caminos.

Ecuación 3
Determinación del PSI

$$IRI = 5.5 \times \ln\left(\frac{5.0}{PSI}\right)$$

IRI: Índice de rugosidad.

PSI: Índice de serviabilidad presente (mm/m).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

- ¿Cómo evaluar el uso del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv Saywite – Cachora, Abancay, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- P.E-01: ¿Que trabajos preliminares y como se ejecutó para la aplicación del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv Saywite – Cachora, Abancay, 2021?
- P.E-02: ¿Cuál fue la diferencia pre y post a la aplicación del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv Saywite – Cachora, Abancay, 2021?
- P.E-03: ¿Hubiera sido más viable el uso del tratamiento superficial Slurry Seal en vez de bicapa en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv Saywite – Cachora, Abancay, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el uso del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- O.E-01: Determinar los trabajos preliminares y el proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.
- O.E-02: Realizar una evaluación pre y post a la aplicación del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.
- O.E-03: Realizar una evaluación técnica y económica entre el tratamiento superficial slurry seal y bicapa usada en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- El uso del tratamiento superficial bicapa fue una decisión acertada y se realizó de manera correcta en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

- H-01: Hubo trabajos preliminares que se ejecutaron a la vía antes de la aplicación del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.
- H-02: Después de la aplicación del tratamiento superficial bicapa se encontraron notables mejoras a lo largo de la vía en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.
- H-03: El uso del tratamiento superficial bicapa tiene características técnicas por las cuales fue mejor su aplicación en el mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2021.

1.5. Justificación

El presente trabajo se realizó con el fin de poder evaluar una solución viable para lo que son los caminos vecinales o redes terciarias de nuestro país, el tratamiento superficial bicapa brinda una capa de rodadura que otorga altos rendimiento en cuanto a la transitabilidad que ofrece a los usuarios de la vía, brindando una vía segura con un periodo de vida considerable respecto a otros tratamientos superficiales.

- **Clasificación de la vía por su estudio de tráfico**

El IMDA's obtenido luego del conteo de tráfico durante 7 días fue de 125 vehículos por día. El IMDA con proyección a 10 años para el cual fue diseñado el pavimento usando los factores de corrección dados en la tabla N°9, para lo cual tiene lo siguiente:

Tabla 7
IMDA camino vecinal Dv. Saywite – Cachora.

TIPOS DE VEHICULOS	IMDA	DISTRIB. %
Autos	19	17.4%
Station Wagon	40	36.4%
Camioneta Pick up	10	8.7%
Panel	0	0.0%
Rural (combi)	22	19.8%
Ómnibus 2E y 3E	0	0.0%
Camión 2E	18	16.0%
Camión 3E	1	0.8%
Camión 4E	0	0.0%
Semi trayler	1	0.8%
Tráiler	0	0.0%

En la tabla N°07 se da el IMDA dado en el estudio de tráfico.
Fuente: Expediente técnico de obra.

Con un IMDA total de 111, proyectándose el IMDA con un tráfico generado de 10%, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 8
IMDA proyectado a 10 años.

AÑO	IMDA PROYECTADO
2018	111
2019	123
2020	124
2021	125
2022	127
2023	129
2024	130
2025	131
2026	132
2027	134
2028	138

En la Tabla N°08 se muestra el IMDA proyectado a 10 años 2018 - 2028.

Fuente: Expediente técnico de obra.

- De la tabla N°1 tenemos que nos encontramos en una carretera de tercera clase ya que el IMDA es menor a 400 veh/día, es decir es una vía con bajo volumen de tránsito.
- Según Ministerio de Transportes y comunicaciones (2014), para caminos pavimentados los cuales tengan $IMDA \leq 400$ aplica a una solución básica como el tratamiento superficial Bicapa y una base estabilizada, por tanto, se entiende que el uso del tratamiento superficial Bicapa parte de los manuales dados por el MTC.



Figura 17: Automóvil tipo combi, con mayor presencia en él estudio de IMDA
Fuente: Elaboración propia.

- Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones (2014), el tratamiento superficial bicapa no aplica a tramos con pendiente mayor al 8%, para lo cual nos encontramos en un camino de pendientes entre 0.5% y 7%, por tanto, es admisible al uso del tratamiento.
- **Menor daño medio ambiental:** La clasificación de las mezclas asfálticas está dada por mezclas asfáltica en caliente y en frío, la primera de estas se tiene que dar principalmente en una planta en donde la temperatura a la que debe ser calentada la mezcla es a 150 – 180 °C provocando una mayor emisión de gases hacia la atmosfera, por el contrario el uso de mezclas asfálticas en frío se consideran eco amigable ya que la mezcla producida mayormente in situ se emplea a una temperatura ambiente o calentándola pero muy ligeramente lo cual evita la producción de gases contaminantes.

- **Control del polvo a lo largo de todo el camino vecinal:** La aplicación del tratamiento superficial bicapa en el mantenimiento periódico además de brindar una mejor capa de rodadura para el camino vecinal, ayudo a solucionar un gran problema que es la generación de polvo por los vehículos que transitaban en la vía sobre todo en zonas urbanas, ya que el camino vecinal Dv Saywite – Cachora recorre principalmente a lo largo de los centros poblado de Marjupata y Asil, además de otras viviendas que están distanciadas de estos centros poblados pero sus habitantes eran afectados de igual manera por el polvo.
- **Fácil aplicación del tratamiento superficial:** El tratamiento superficial bicapa al ser considerado un pavimento asfáltico en frío no es necesario de una planta especializada para la mezcla, en este caso en el mantenimiento realizado en el camino vecinal Dv. Saywite – Cachora se aplicó una mezcla asfáltica en frío facilitando los trabajos y obteniendo en muchas ocasiones mayor producción en obra, además se debe tener en cuenta su proceso constructivo el cual no requiere de muchas maquinarias y es de aplicación rápida.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

En el presente espacio se dará a conocer el tipo de investigación en la cual está enfocada la presente tesis según su propósito, naturaleza de datos y manipulación variable.

- Según su propósito se trata de una investigación de tipo básica. Según Oblitas (2018), nos dice que una investigación de tipo básica se basa en la obtener conocimiento de diferentes ramas, sin importar la aplicación de los conocimientos previos.
- Según su naturaleza de datos se trata de una investigación de tipo cualitativa. Según Oblitas (2018), nos dice que una investigación de tipo cualitativa se basa en obtener datos no cuantificables, basados principalmente en la observación
- Según su manipulación de variable se trata de una investigación no experimental. Según Oblitas (2018), nos dice que una investigación de tipo no experimental se basa en realidades de experiencia propia no alterados, este tipo de investigación está dada básicamente por la observación.

2.2. Población y muestra

Población

Según Arias (2012), define a la población como un conjunto de elementos de iguales características delimitadas por el problema y objeto del estudio que se realiza. Por tanto, establecemos como población a todos los caminos vecinales en donde se hayan ejecutado mantenimientos periódicos y se haya aplicado la bicapa.

Muestra

Según Arias (2012), define a la muestra como una parte representativa del todo, se obtiene de la población accesible. Por tanto, establecemos como muestra al mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora en donde se aplicó a la bicapa.

Camino vecinal Saywite – Cachora

- Ubicación política: Ubicado en la región de Apurímac, provincia de Abancay y distrito de San Pedro de Cachora siendo parte de la Red Vial Vecinal de la región de Apurímac, cuenta con una altitud promedio de 2900 – 3700 m.s.n.m.

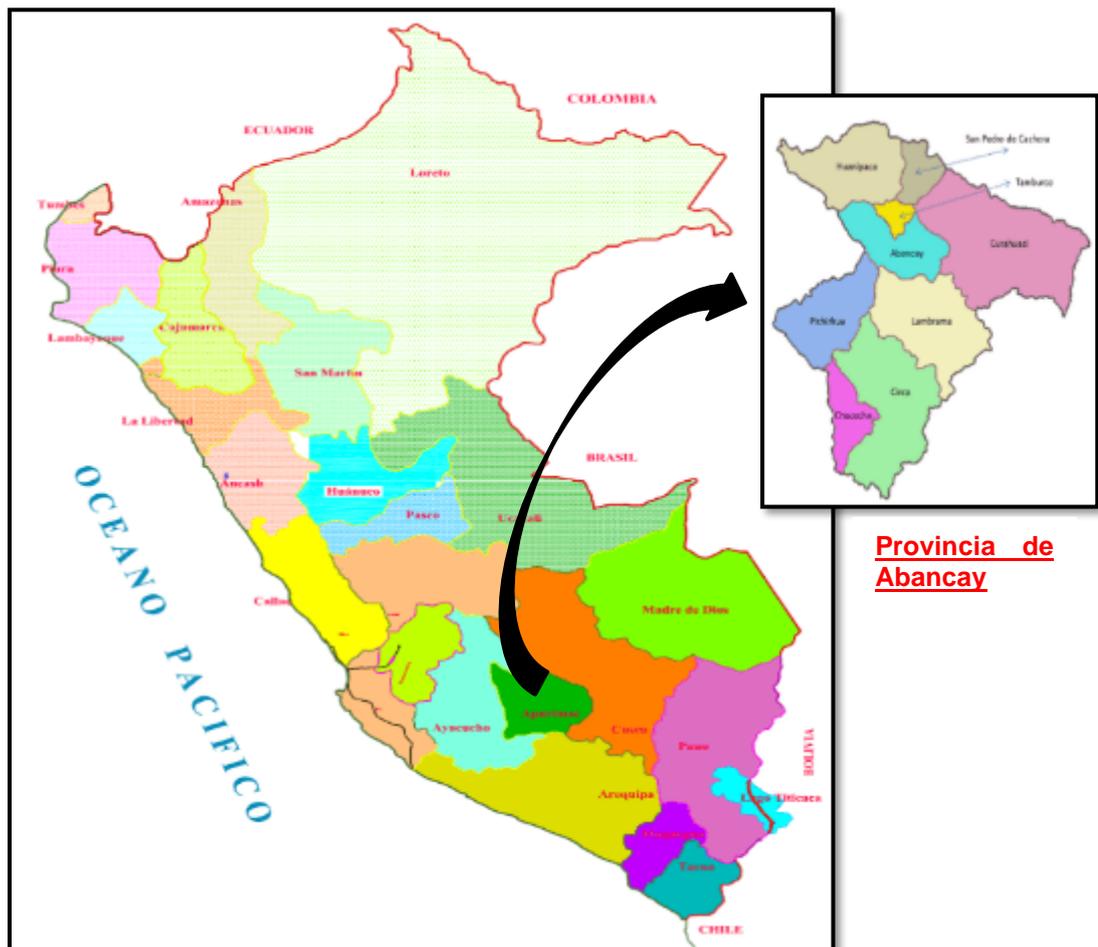


Figura 18: Plano de ubicación de la región de Abancay.

Fuente: Elaboración propia.

- Ubicación geográfica:

Tabla 9

Ubicación geográfica del proyecto

UBICACIÓN	PROGRESIVA	COORDENADAS		ALTITUD
		NORTE	ESTE	
Dv. Saywite	00+00	8501836	7376086	3724
Cachora	16+00	850572	736677	2917

En la tabla 5 indica la ubicación geográfica del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 19: Imagen referencial Dv. Saywite y Cachora.

Fuente: Elaboración propia.

- Cuenta con una longitud 16 kilómetros conformada por un solo tramo que va desde la progresiva 0+000 ubicada a la altura de Dv. Saywite y culmina en la progresiva 16+000 en el centro poblado de Cachora.

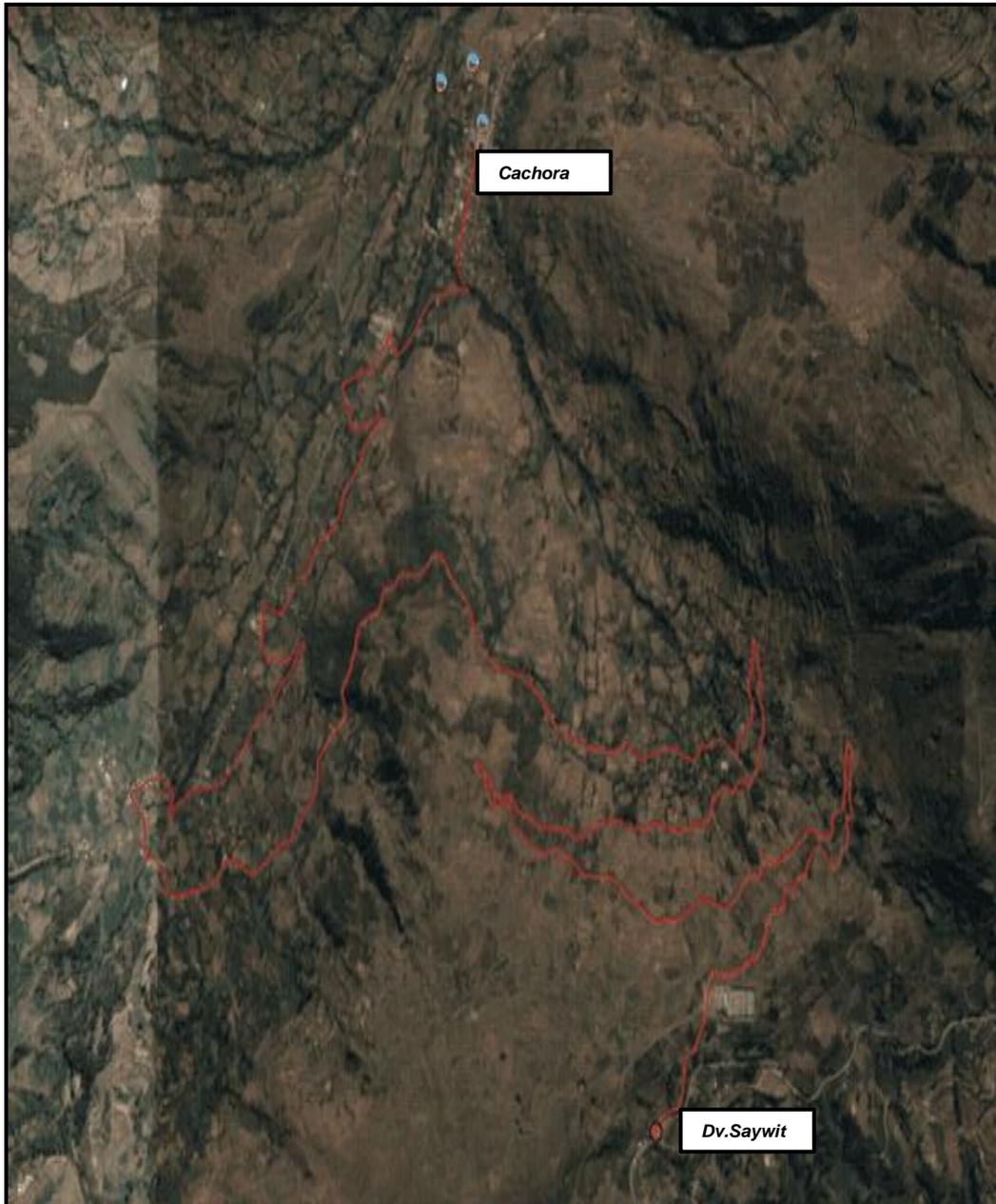


Figura 20: Trazo del camino vecinal Dv.Saywite – Cachora

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Materiales

- Laptop.
- Celular.
- Cuaderno de apuntes.
- Lapiceros.
- Memoria USB.

Instrumentos

- Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial.
- Manual de carreteras DG – 2018.
- Manual de carreteras – Especificaciones generales para la construcción EG – 2013.
- Libreta de anotaciones de campo.
- Panel fotográfico de valorizaciones.
- Valorizaciones mensuales de obra.
- Reportes de producción.

Métodos

- Para determinar por qué se tomó la decisión de usar el tratamiento superficial bicapa en el camino vecinal Dv. Saywite – Cachora se usará la data encontrada en el expediente técnico de la obra y se interpretará según los manuales proporcionados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, además del proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa, la condición climática de la zona, maquinarias usadas.
- Para dar a conocer lo que se ejecutó antes de la aplicación del tratamiento superficial bicapa se empleara los documentos de obra tales como

valorizaciones, libreta de anotaciones de campo y datos del expediente técnico de obra, se usaran fotografías de obra para poder explicar de manera correcta.

- Para poder hallar las diferencias entre la etapa inicial y la post ejecución de la vía se realizar un cuadro comparativo según data encontrada en el expediente técnico y el informe inicial realizado al empezar los trabajos en donde se detalla el estado situacional de la vía, así también se empleará la data del cuaderno de apuntes y de las valorizaciones presentadas, se emplearán fotografías para poder hacer ver las diferencias.

2.4. Procedimiento

- 1) Paso N°01: Estudio y recopilación de datos del proyecto (antecedentes, topografía, accesos y metas del proyecto).
- 2) Paso N°02: Trabajos previos a la colocación del tratamiento superficial bicapa.
- 3) Paso N°03: Proceso constructivo de la base estabilizada con emulsión asfáltica.
- 4) Paso N°04: Proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa.
- 5) Paso N°05: Evaluación pre y post al término del proyecto.
- 6) Paso N°06: Cálculo del índice de rugosidad y serviciabilidad.
- 7) Paso N°07: Evaluación del tratamiento superficial bicapa y Slurry Seal.

1) Estudio y recopilación de datos del proyecto

Antecedentes

- Se ejecutó la rehabilitación del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora en el año 2006.
- En el año 2018 se realizó el expediente técnico de obra para el proyecto de mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, Abancay, 2020.
- En el año 2020 se da la buena pro para la ejecución del mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora.

Accesibilidad

El acceso al camino vecinal Dv. Saywite – Cachora se realiza desde la ciudad de Abancay desplazándose por la ruta Nacional PE-3S para luego voltear a la derecha y es ahí donde empieza el camino vecinal AP-518, para luego empalmarse con el inicio del tramo.



Figura 21: Accesibilidad al camino vecinal Dv. Saywite - Cachora.

Fuente: Memoria descriptiva del proyecto.

Descripción del Camino vecinal

- Formado por un solo tramo de longitud 16 km, forma parte de la red vecinal de la región de Apurímac.
- La vía recorre un terreno poco accidentado, sinuoso y ondulado.
- Ancho de vía variable de 5.50 a 6.00 metros.
- El camino vecinal recorre un terreno sinuoso, accidentado y ondulado con pendientes entre 0.50% a 7%.
- Antes de la ejecución del proyecto gran parte de la vía estaba a nivel de terreno natural.

Principales actividades contempladas para el mantenimiento periódico

- Ejecución a lo largo de 16 km de base granular estabilizada con emulsión asfáltica $e=20.00$ cm.
- Ejecución a lo largo de 16 km de tratamiento superficial bicapa $e=2.00$ cm.

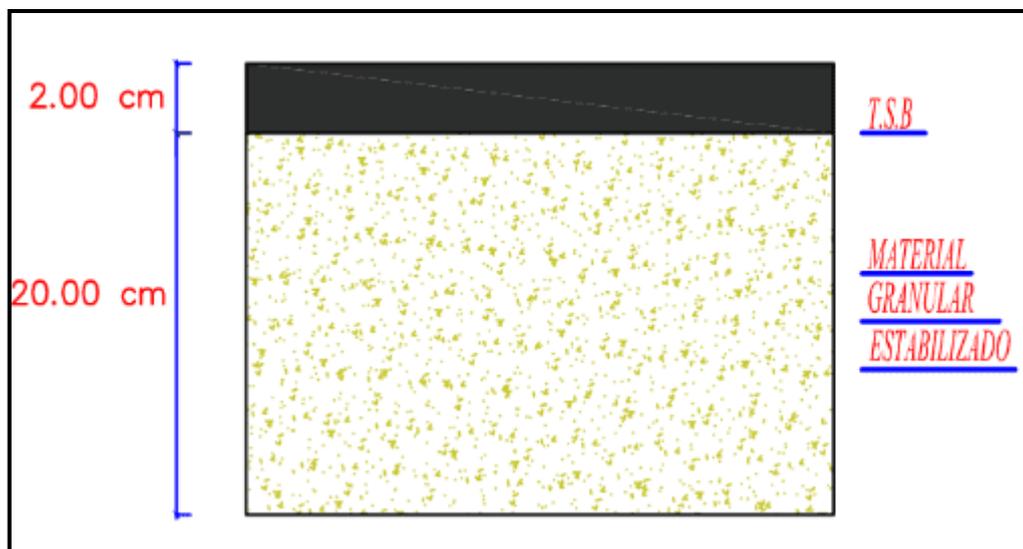


Figura 22: Corte típico de pavimento

Fuente: Elaboración propia

2) **Identificación de las causas in situ por las cuales se decidió el uso del tratamiento superficial bicapa.**

- **Estudio de tráfico en el camino vecinal.**

El estudio de tráfico tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de tránsito que circula por el camino vecinal Dv. Saywite – Cachora, para el presente estudio de tráfico se realizaron trabajo de gabinete en donde se identificaron las estaciones de control a tomarse en el estudio y debido al nivel de tráfico observado se seccionaron. para posterior seguir con el conteo de vehículos durante 7 días las 24 horas del día.

Se ubicó una única estación de conteo que tuvo la siguiente ubicación:

Tabla 10

Ubicación de estación de conteo

ESTACIÓN	UBICACIÓN	TRAMO
Marjupata E-1, Km 06+460	Caserío Marjupata – San Pedro de Cachora	3724

En la tabla N°8 se da la ubicación de la estación de conteo de vehículos.
Fuente: Expediente técnico de obra (2018).

El IMD'S se halló mediante un promedio aritmético de los resultados encontrados para cada día que se realizó el conteo de tráfico para el estudio del proyecto, para luego posterior hallar el IMDA de la vía.

Para el factor de corrección se usó la estación Pichirhua, ubicada en la carretera Pichirhua – Abancay, esta carretera es el ingreso al inicio del tramo

Tabla 11*Factor de corrección – estación Pichirhua*

ESTACIÓN DE PEAJE	FACTOR DE CORRECIÓN EN VEHICULOS LIVIANOS	FACTOR DE CORRECCIÓN EN VEHICULOS PESADOS
Pichirhua	0.8779	0.9372

En la tabla N°9 se da la estación que se usó para el factor de corrección para el IMD.

Fuente: Expediente técnico de obra (2018).

Con el IMDA dado en el expediente técnico se interpretará según los manuales proporcionados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- **Menor daño medio ambiental**
- **Control del polvo a lo largo de todo el camino vecinal**

3) Fácil aplicación del tratamiento superficial.

Interpretación de los ensayos realizados al inicio del proyecto, se tu ejecuto ensayos en laboratorio a las canteras que se habían estipulado en el expediente técnico.

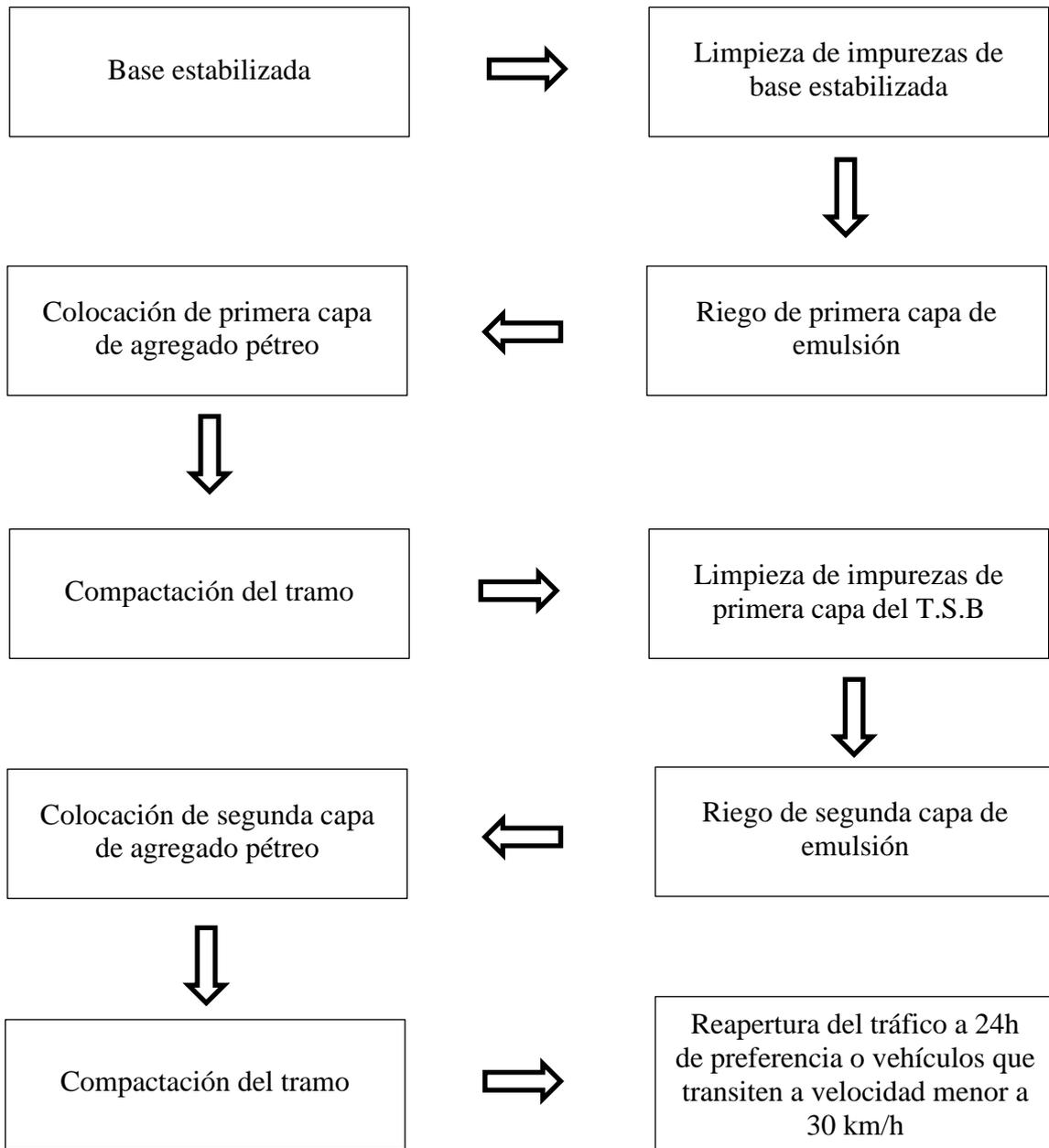


Figura 23: Flujograma - Proceso constructivo T.S.B

Fuente: Elaboración propia.

4) Trabajos preliminares a la colocación del tratamiento superficial bicapa.

Para la colocación del tratamiento superficial bicapa se realizó a nivel de obra una base con material granular estabilizada, la cual se tuvo que ejecutar ya que la vía se encontraba en mal estado y era necesario para poder darle mayor duración al camino vecinal.

- **Análisis de la cantera que se empleó para la explotación del agregado.**

Para el análisis de la cantera que se utilizó se darán los resultados obtenidos en el laboratorio de la muestra de la calicata realizada en la cantera San Luis, las cuales debieron cumplir con lo estipulado en los manuales proporcionados por el Ministerio de Transportes y comunicaciones para que sean utilizado como materiales de mezcla para base granular estabilizada. Los ensayos en laboratorio y especificaciones que debieron cumplirse son los siguientes:

Tabla 12

Especificaciones para ensayos de material de cantera

ENSAYOS	ESPECIFICACIONES
Tipo de material (clasificación de suelos)	A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-3
Tamaño máximo (cm)	1/3 espesor de capa compactada (E.max=15cm)
Limite Liquido (%)	35 % máx.
Índice Plástico (%)	4 – 9 %
CBR (ref. al 100% y a 0.1”)	40 % mín.
Desgaste de los ángeles	50 % máx.
Material pasante al tamiz N°200	10 % máx.
Materia orgánica	1 % máx. del peso del material

Contenido de sulfatos (SO ₄)	6000 ppm máximo
Durabilidad (sulfato de magnesio) (>3000 msnm)	Ag. Grueso 18% máx. Ag. fino 15% máx.

En tabla N°10 podemos observar los ensayos a realizar y especificaciones.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Especificaciones Técnicas Generales para la construcción.

- **Extracción y transporte del material de cantera.**

Para la extracción del material de la cantera San Luis presentada en la figura N°23 se necesitaron equipos, los cuales son:

- Zaranda.
- Excavadora.
- Herramientas manuales.
- Camión volquete de capacidad 15 m³.
- Cargador s/llantas 160-195 hp 3.5 yd³.
- Grupo electrógeno 140 hp 90 kw.



Figura 24: Cantera San Luis.

Fuente: Elaboración propia.

- **Proceso constructivo de la base granular estabilizada.**

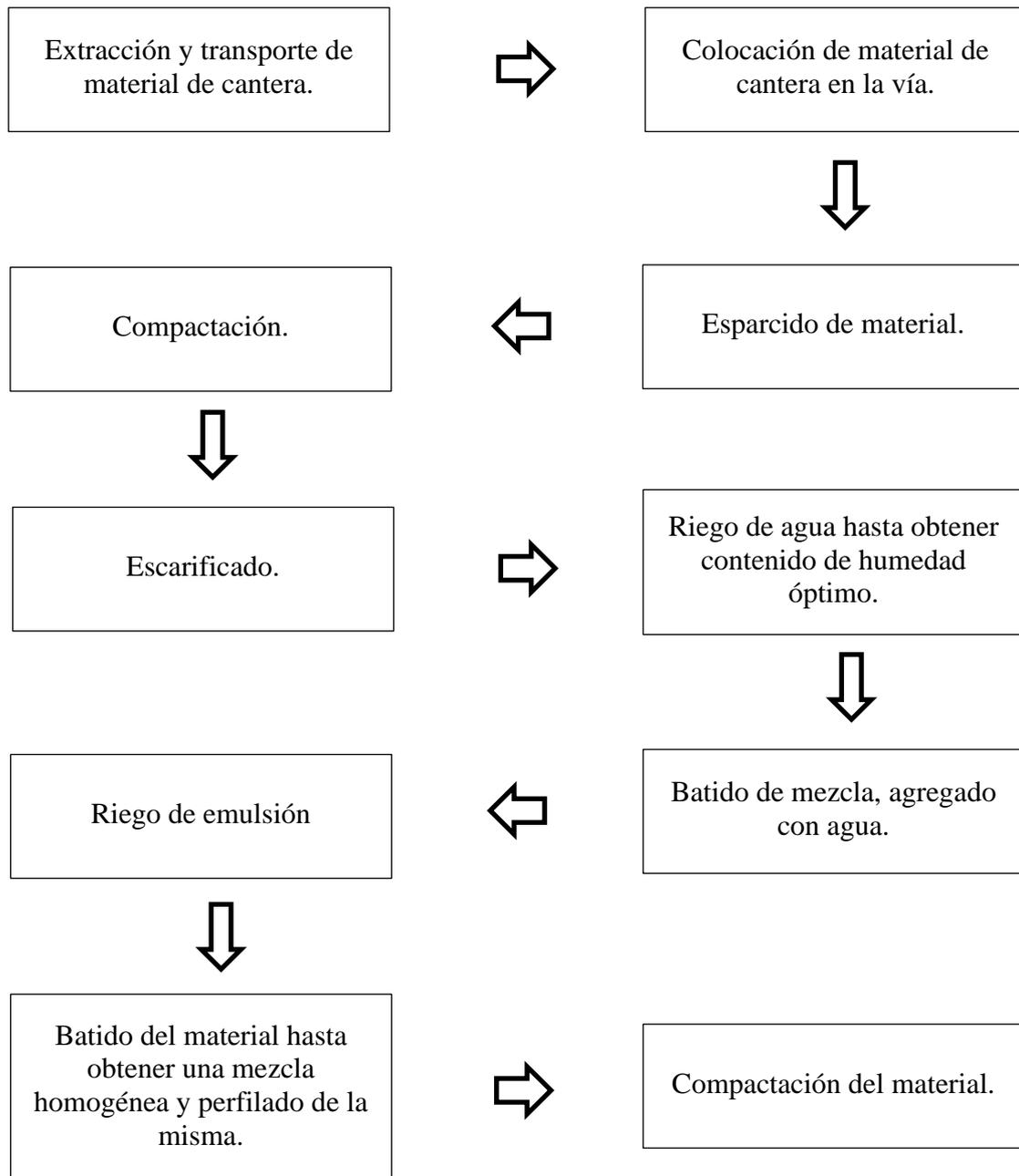


Figura 25: Flujograma - Trabajos previos a la colocación del T.S.B

Fuente: Elaboración propia.

5) Evaluación pre y post al término del proyecto.

- Selección de fotos a emplearse para la evaluación pre y post a la aplicación del T.S.B.
- Se realizará de la progresiva 00+00 a la 00+16 presentando y evaluando cada 1 km la vía.
- Realizar la evaluación pre y post a la aplicación del T.S.B.
- Interpretación del del índice de rugosidad el cual nos brinda un parámetro de calidad del pavimento.

6) Cálculo del índice de rugosidad y serviciabilidad.

Para la ejecución del índice de rugosidad del tratamiento superficial bicapa se empleó el equipo Merlín a longitudes no mayores a 400 metros. Para su ejecución del ensayo se debe contar con un técnico especialista y una persona de apoyo para que pueda tomar notas de los valores que se van registrando a través del equipo. Se deberá contar con papel milímetro para la correcta ejecución del ensayo así también se deberá verificar previo a los ensayos el estado y presión de la llanta del equipo.



Figura 26: Elaboración del ensayo de Índice de Rugosidad

Fuente: Elaboración propia

- Una vez calculado el índice de rugosidad dado por el equipo Merlín se procederá a hallar el índice de Serviciabilidad presente (PSI) mediante la ecuación N°1.
- Mediante las tablas N°6 Y 9 y figura N°9 se interpretará los valores obtenidos en cada tramo tanto del índice de rugosidad (IRI) como serviciabilidad (PSI).
- Al finalizar la evaluación de cada tramo de 1 kilómetro se promediará todos los índices de rugosidad y serviciabilidad obtenidos y se tendrá un valor general para el tramo Saywite – Cachora el cual será interpretado mediante las tablas N°6 y 9 y figura N°9.

7) **Evaluación del tratamiento superficial bicapa y Slurry Seal.**

Según lo contemplado en los manuales proporcionados por la entidad nacional competente, en este caso, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para el caso de vías de bajo tránsito se estipula la colocación del tratamiento superficial bicapa o Slurry Seal como capa de rodadura, además de realizar una base estabilizada previa a la colocación del tratamiento. Se realizará una comparación entre ambos tratamientos con el fin de ver cuáles son las ventajas y desventajas de cada uno.

- **Costos:** Se realizará una comparación entre los costos que comprenden las partidas necesarias para cada uno de los tratamientos, se usara precios de expedientes técnicos aprobados por diferentes entidades para su ejecución. Para obtener el costo tanto del tratamiento bicapa como el de Slurry seal se utilizará el programa S10 en donde se insertarán la data de partidas con sus respectivos APUS usados de expedientes aprobados por las diferentes entidades, así también para la parte de anexos se exportará los documentos necesarios.

- **Maquinarias:** Se realizará una comparación entre las maquinarias necesarias para la ejecución de cada uno de los tratamientos superficiales.
- **Vida útil:** Según la tabla N°26 de un estudio realizado de brindan los periodos de vida útil para los diferentes tratamientos superficiales aplicados en los pavimentos.

Type of seal	Typical service life (years)
Sand seal	2 - 4
Slurry seal	2 - 6
Single chip seal	4 - 6
Double sand seal	6 - 9
Double chip seal	7 - 10
Single Otta seal plus sand seal	8 - 10
Cape Seal (13mm + single slurry)	8 - 10
Cape Seal (19mm + double slurry)	12 - 16
Double Otta seal	10 - 14

Figura 27: Vida útil de los tratamientos superficiales para pavimentos

Fuente: Southern Africa transport and Communications commission
Guideline Low – volume sealed roads (2003).

2.5. Aspectos éticos

Para el desarrollo de la presente tesis se respetó en absoluto todo lo contemplado en nuestro reglamento de grados y títulos planteado por la universidad, se utilizó documentos de investigación, así como tesis de fuentes confiables por lo que validan los conceptos y datos tomados. El respeto de la información tomada de otros autores ha sido de suma importancia para la presente tesis por ello todo lo usado referente a otro autor ha sido correctamente citado y referenciado como lo indica la norma APA.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente apartado se dará inicio al desarrollo de los resultados de la presente tesis. En cuanto a los trabajos previos se debe decir que, es necesario una base en buenas condiciones o de lo contrario se debe realizar una nueva, en este caso se realizó previo a la ejecución del tratamiento una base estabilizada con emulsión asfáltica, en cuanto al proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa se debe decir que su proceso fue de fácil aplicación y no se requiere de maquinarias especializadas a diferencia de otros tratamientos. Se encontraron grandes mejoras mediante la evaluación pre y post a la aplicación del tratamiento superficial bicapa obteniéndose un IRI y PSI promedio de 2.18 km/m y 3.36 respectivamente. De la evaluación económico y técnico se halló que, la bicapa tiene un costo de S/. 9.97 y el Slurry seal de S/. 5.52 por m² de construcción, sin embargo, los periodos de vida útil son de 7 – 9 y 2 – 6 años respectivamente.

1. Trabajos preliminares a la colocación del tratamiento superficial bicapa.

Para la colocación del tratamiento superficial en el camino vecinal Dv Saywite – Cachora se tuvieron que realizar trabajos preliminares, principalmente la colocación de una base estabilizada con emulsión asfáltica de rotura lenta, el material que se usó para la base fue extraído de la cantera San Luis, debiéndose realizar diferentes ensayos en el laboratorio para poder hallar las características del material y se debe cumplir con lo estipulado en los diferentes manuales del Ministerios de Transportes y comunicaciones, además de realizar un proceso de extracción con maquinaria pesada.

Análisis de la cantera que se empleó para la explotación del agregado:

Según las especificaciones dadas en el manual del Ministerios de Transportes y Comunicaciones, expuestos en la tabla N°10 se realizaron los ensayos correspondientes para corroborar que características físico – mecánicas del agregado a extraerse cumplan con lo estipulado en la tabla N°12.

Tabla 13

Resultados de ensayos a cantera

ENSAYOS	RESULTADOS	CUMPLE / NO CUMPLE	
Tipo de material (clasificación de suelos)	A-1-a(0)	Cumple	
Tamaño máximo (cm)	3.81	Cumple	
Limite Liquido (%)	25	Cumple	
Índice Plástico (%)	4	Cumple	
CBR (ref. al 100% y a 0.1”)	89.6	Cumple	
Desgaste de los ángeles	32.6	Cumple	
Material pasante al tamiz N°200	6.9	Cumple	
Materia orgánica	0.6 %	Cumple	
Contenido de sulfatos (SO ₄)	Ag. Grueso %	702.13	Cumple
	Ag. Fino %	723.40	
Durabilidad (sulfato de magnesio) (>3000 msnm)	Ag. Grueso %	7.87	Cumple
	Ag. Fino %	7.90	

En tabla N°13 se dan los resultados de los ensayos realizados los cuales todos cumplieron las especificaciones de la tabla N°10.

Según la tabla N°13 podemos decir que la cantera San Luis utilizada para explotación del material empleado en la base granular estabilizada cumple según las especificaciones brindadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por tanto, se pudo continuar con extracción del material.

Extracción y transporte de material de cantera

Para la explotación del material en cantera se realizó con maquinaria pesada instalando una zaranda para poder separar el material que no debe usarse. El acopio se realizó con excavadoras y el traslado a obra con volquetes.

Para proceder con extracción del material a emplearse en la base estabilizada se realizó limpieza a la cantera San Luis del material orgánico presente en la superficie de la cantera la cual se puede apreciar en la figura N°28.



Figura 28: Limpieza de material orgánico de cantera.

En la figura N°29 y 30 se puede apreciar el proceso de extracción del material, se realizó con maquinaria pesada e instalando una zaranda para poder separar el material muy grueso que no debe emplearse a en el material para la base estabilizada.



Figura 29: Proceso de extracción de material de cantera.



Figura 30: Maquinaria en cantera San Luis.

En la figura N°31 se puede apreciar el acopio y traslado del material de cantera a obra, el cual se realizó con excavadoras y volquetes para el traslado de la cantera al punto de la obra.

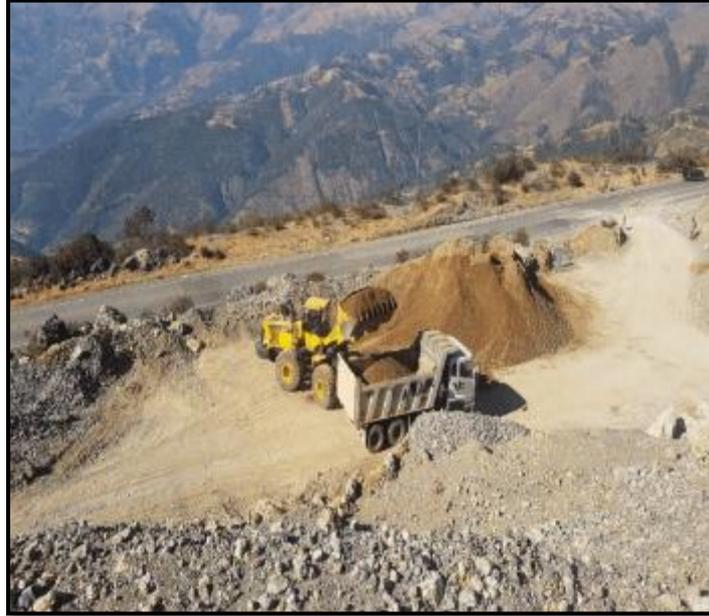


Figura 31: Acopio - carguío - traslado de material de cantera.

Proceso constructivo de la base estabilizada con emulsión

Para ejecución de la base estabilizada con emulsión asfáltica se empleó el material extraído de la cantera y emulsión asfáltica de rotura lenta CSS – 1H, los procesos tanto de calidad y a nivel de ejecución se rigieron a los establecidos por los manuales proporcionado por el Ministerios de Transportes y Comunicaciones, así como también a las especificaciones técnicas de cada partida a desarrollar. A continuación, se explicará el proceso constructivo de la base estabilizada con emulsión asfáltica.

1) Transporte y colocación de material de cantera.

El transporte del material de cantera a obra tuvo una longitud promedio de 3.35 kilómetros al acceso del camino vecinal, se realizó con volquetes mayormente de 15 m³ de capacidad, en la figura N°32 se puede observar la colocación material por el camión volquete en la vía.



Figura 32: Transporte de material de cantera a obra.

2) Esparcido del material.

En la figura N°33 se puede observar el esparcido del material transportado de cantera, se realizó con una motoniveladora dándole la altura requerida al ancho de la vía trazada.



Figura 33: Esparcido de material de cantera.

3) Compactación de material esparcido.

En la figura N°34 se puede apreciar la compactación del material de cantera, esta actividad se realiza después del extendido por parte de la motoniveladora, se realizó con rodillos, y uno de los fines principales fue brindar transitabilidad a la vía en lo que se avanzaba con el término de la base estabilizada en tramos anteriores para posterior llegar al tramo y seguir el proceso de la base.



Figura 34: Compactación de material de cantera.

4) Escarificación y riego de agua del material compactado.

En la figura N°35 se observa la escarificación, la cual consiste en la remoción de todo el material colocado en la plataforma, se realiza al mismo tiempo que pasa el camión cisterna como se observa en la figura N°36, su fin es obtener una mezcla homogénea para obtener el contenido de humedad que se requiere en la mezcla para la base estabilizada.



Figura 35: Escarificado de material de cantera



Figura 36: Riego de agua para optimo contenido de humedad.

5) Riego de emulsión asfáltica y batido.

Posterior a obtener el contenido de humedad óptimo para la mezcla de la base estabilizada se realiza el riego de la emulsión asfáltica según figura N°37 y 38, en paralelo se ejecuta el batido por parte de la motoniveladora para que la mezcla final sea homogénea en todo el material usado para la estabilización del suelo según figura N°39.



Figura 37: Riego de emulsión.



Figura 38: Riego y batido de emulsión asfáltica.



Figura 39: Batido de base estabilizada.

6) Compactado de base estabilizada con emulsión asfáltica.

El proceso final para el término de la base estabilizada con emulsión asfáltica es el compactado de la mezcla que se observa según la figura N°40, se realizó con el contenido de humedad óptimo y la cantidad necesaria de emulsión según el diseño que se haya obtenido mediante los ensayos de laboratorio, posterior al término de la base estabilizada se procedió a realizar el tratamiento superficial bicapa.



Figura 40: Compactado de base estabilizada con emulsión asfáltica.

7) Del proceso constructivo de la colocación del tratamiento superficial bicapa.

a) Limpieza de base estabilizada.

Consiste en la limpieza de la base estabilizada sobre la cual se va a realizar el tratamiento superficial bicapa, se realiza con el fin de evitar que impurezas que pueden estar presentes en la base estabilizada eviten la adherencia de la emulsión con la base y agregado. Esta actividad se realizó mediante un mini cargador implementado con una barredora la cual nos ayuda a realizarlo más rápido y dejar la superficie con el menor polvo posible para así poder obtener resultados positivos durante el proceso constructivo

b) Riego de primera capa de emulsión asfáltica.

En la figura N° 41 y 42 se puede apreciar la aplicación de la primera capa de emulsión asfáltica, la cual realiza la función de ligante con la plataforma y el agregado, la actividad se realizó mediante el camión imprimador el cual previamente debe estar calibrado para que pueda aplicar la cantidad necesaria al pavimento.



Figura 41: Riego de primera capa de emulsión asfáltica



Figura 42: Riego de primera capa de emulsión asfáltica.

c) Colocación de primera capa de agregado:

En la figura N°43 y 44 se puede apreciar la aplicación de la primera capa de agregado de uso 6, se realizó inmediatamente después de la aplicación de la primera capa de emulsión asfáltica, esto con el fin de evitar que la emulsión se enfríe o rompa antes de la adherencia con el agregado. La actividad se ejecutó mediante el uso de un volquete conectado a una esparcidora de agregado la cual ha sido calibrada para aplicar la cantidad necesaria durante su paso por el pavimento, asegurando así tu homogeneidad de la vía.



Figura 43: Esparcido de primera capa de agregado.



Figura 44: Esparcido de primera capa de agregado.

d) Compactación de primera capa de tratamiento superficial bicapa.

Consiste en la compactación de la primera capa del tratamiento superficial bicapa, se realizó inmediatamente detrás de la aplicación de la primera capa de agregado, como en el anterior paso, antes de que la emulsión se enfríe o se rompa. Se realizó con rodillo compactador tándem.



Figura 45: Compactación de primera capa de T.B.S.

e) Limpieza de la primera capa del tratamiento superficial bicapa.

En la figura N°46 se puede apreciar la limpieza de la primera capa del tratamiento superficial bicapa, esto con el fin de evitar que las impurezas presentes en la superficie de la capa eviten la adherencia entre la primera capa y la segunda. Se realizó con mini cargador implementado con una barredora mecánica.



Figura 46: Limpieza de superficie de primera capa de T.S.B.

f) Riego de segunda capa de emulsión.

En la figura N°47 se puede apreciar el riego de la segunda capa de emulsión la cual se realiza una vez la superficie de la primera capa se encuentre libre de impurezas y en óptimas condiciones para que se pueda ser colocado el segundo riego de emulsión.



Figura 47: Segunda capa de emulsión para T.B.S.

g) Riego de segunda capa de agregado pétreo.

En la figura N°48 se puede apreciar la colocación de la segunda capa de agregado, se realizó de inmediato a la colocación del segundo riego de emulsión para evitar que esta rompa o se seque antes de la adherencia del agregado con la primera capa de tratamiento superficial bicapa.



Figura 48: Colocación de segunda capa de agregado pétreo.

h) Compactación de la segunda capa de tratamiento superficial bicapa.

Consiste en la compactación de la segunda capa del tratamiento superficial se realizó inmediatamente después de la colocación por la esparcidora de agregado, finalizando así la colocación del tratamiento superficial bicapa.

Se recomienda la reapertura del tráfico después de 24 horas o por el contrario se tengan los cuidados necesarios, en caso de que la vía tenga que ser utilizada los vehículos deberán transitar a una vía menor de 30 km/hora.

En la figura N°49 se puede apreciar el tratamiento superficial bicapa culminado en un tramo del camino vecinal Dv. Saywite – Cachora.



Figura 49: Foto general tratamiento superficial bicapa.

2. De las diferencias pre y post a la aplicación del tratamiento superficial bicapa.

Las diferencias encontradas pre y post a la aplicación del tratamiento superficial bicapa fueron notables ya que en una etapa inicial la vía se encontraba en mayor porcentaje a un nivel de terreno natural que era poco transitable e insegura para vehículos que hacían uso del camino vecinal, luego de la ejecución de la base estabilizada necesaria por el estado de la vía y el tratamiento superficial bicapa el cual brindo una capa de rodadura segura, mejorando la transitabilidad a lo largo de toda la vía se obtuvo como resultado el estado óptimo para el tránsito de los vehículos, a continuación se realizara una evaluación del estado inicial y final del camino vecinal, complementando esta evaluación dando los valores del índice rugosidad que fueron tomados cada 400 metros a un total de 200 lecturas, eliminando 10% de los valores y procesándose los datos para su cálculo, para posteriormente realizar el cálculo del índice de serviciabilidad.

Progresiva 00+00 a 00+01

Etapas pre

Se observa en la figura N°50 las fotografías tomadas antes del inicio de la ejecución de la obra en donde se aprecia la capa de rodadura a nivel de terreno natural con presencia de gravas grandes y material muy fino en la superficie que genera polvo, al inicio del tramo aproximadamente unos 20 metros se encontró a nivel de tratamiento superficial bicapa la cual se encuentra en mal estado. Se aprecia una vía que a pesar de los deterioros notables se podría transitar sobre esta, pero no en un estado seguro, dañando los automóviles que circulan sobre esta.



Figura 50: Etapa pre PROG. 00+00 a 01+00.

Etapa post

En la figura N°51 se observa el camino vecinal posterior al culmino de la obra en donde se deja la capa de rodadura a nivel de tratamiento superficial bicapa, recuperando en todo el tramo una buena transitabilidad y también un control sobre polvo que se generaba al transitar por la vía.



Figura 51: Etapa post PROG. 00+00 a 01+00.

Cálculo de índice de rugosidad (IRI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles del tramo del camino vecinal son los siguientes:

Tabla 14

Índice de rugosidad PROG. 00+00 A 01+00

PROGRESIVA	CARRIL	
	DERECHO	IZQUIERDO
00+000 a 00+400	2.38	2.32
00+400 a 00+800	2.01	2.25
00+800 a 1+200	2.05	2.17
IRI PROMEDIO	2.20	

En la tabla N°12 se dan los valores de índice de rugosidad entre las progresivas 00+00 a 01+00.

De la tabla N°5 para vías pavimentadas el rango de IRI nos dice que debe ser de 0 a 2.8 para vías que se encuentren en buen estado, en el tramo de PROG. 00+00 a 01+00 se tiene que el IRI promedio es igual a 2.20 para lo cual nos da como indicador de que la vía en esa progresivas se encuentra en buen estado.

De la Figura N°9 tenemos que el rango a obtenerse del IRI para pavimentos nuevos es de 1.5 a 3.5, lo cual en la PROG. 00+00 a 01+00 se encuentra el IRI en 2.20 estando dentro del rango de los pavimentos nuevos.

Cálculo de índice de serviciabilidad (PSI): Ecuación N°03.

$$2.20 = 5.5 \times \ln\left(\frac{5.0}{PSI}\right)$$

$$PSI = 3.35$$

El PSI obtenido para el tramo de PROG. 00+00 a 01+00 es de 3.35 para lo cual según la tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 – 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 01+00 a 02+00

Etapas pre

En las fotos se observa al camino vecinal entre las PROG. 01+00 a 02+00 los tramos con curvas menos al 8% en donde se aprecia la capa de rodadura a nivel de terreno natural en su gran mayoría, se observa el desprendimiento de gravas grandes a causa del desgaste propia de la capa, así como desprendimiento de finos que generan polvo.



Figura 52: Etapas pre PROG. 01+00 a 02+00.

Etapa post

En la figura N°52 se observa las fotografías tomadas, en donde se aprecia la capa de rodadura a nivel de tratamiento superficial bicapa con un ancho promedio de 6.05, se puede observar una vía en buenas condiciones sin desprendimiento de los agregados del tratamiento superficial, mantenimiento un estado uniforme de la vía.



Figura 53: Etapa post PROG. 01+00 a 02+00.

Cálculo de índice de rugosidad (IRI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles del tramo de progresivas 01+00 a 02+00 del camino vecinal son los siguientes:

Tabla 15

Índice de rugosidad PROG. 01+00 A 02+00

PROGRESIVA	CARRIL	
	DERECHO	IZQUIERDO
0+800 a 1+200	2.05	2.17
1+200 a 1+600	2.05	2.02
1+600 a 2+000	1.94	2.20
IRI PROMEDIO	2.07	

En la tabla N°14 se da los valores del índice de rugosidad entre las progresivas 01+00 a 02+00.

De la tabla N°5 para vías pavimentadas el rango de IRI nos dice que debe ser de 0 a 2.8 para vías que se encuentren en buen estado, en el tramo de PROG. 01+00 a 02+00 se tiene que el IRI promedio es igual a 2.07 para lo cual nos da como indicador de que la vía en esa progresivas se encuentra en buen estado.

De la Figuro N°9 tenemos que el rango a obtenerse del IRI para pavimentos nuevos es de 1.5 a 3.5, lo cual en la PROG. 01+00 a 02+00 se encuentra el IRI en 2.07 estando dentro del rango de los pavimentos nuevos.

Calculo de índice de serviciabilidad (PSI): Ecuación N°03.

$$2.07 = 5.5 \times \ln\left(\frac{5.0}{PSI}\right)$$

$$PSI = 3.43$$

El PSI obtenido para el tramo de PROG. 01+00 a 02+00 es de 3.43 para lo cual según la tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 – 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 02+00 a 03+00

Etapa pre

En la figura N°53 se observan las fotos, en donde se aprecia las gravas grandes presente en la superficie, así como también el desprendimiento de material fino lo cual causaría el desprendimiento final de las gravas grandes, este tramo se aprecia un poco más deteriorado por zonas, con una capa de rodadura a nivel prácticamente de terreno natural.



Figura 54: *Etapa pre* PROG. 02+00 a 03+00.

Etapa post

En la figura N°54 se observa las fotografías tomadas, en donde se visualiza al camino vecinal entre las progresivas 02+00 a 03+00 con una capa de rodadura a nivel de tratamiento superficial bicapa, sin daño que se pueda identificar, se mantiene una capa de rodadura uniforme como en tramos anteriores sin desprendimiento de la gravilla del tratamiento.



Figura 55: Etapa post PROG. 02+00 a 03+00..

Cálculo de índice de rugosidad (IRI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles del tramo de progresivas 02+00 a 03+00 del camino vecinal son los siguientes:

Tabla 16

Índice de rugosidad PROG. 02+00 a 03+00

PROGRESIVA	CARRIL	
	DERECHO	IZQUIERDO
2+000 a 2+400	2.02	2.27
2+400 a 2+800	2.04	2.00
2+800 a 3+200	2.00	2.01
IRI PROMEDIO	2.06	

En la tabla N°16 se dan los valores del índice de rugosidad entre las progresivas 02+00 a 03+00.

De la tabla N°5 para vías pavimentadas el rango de IRI nos dice que debe ser de 0 a 2.8 para vías que se encuentren en buen estado, en el tramo de PROG. 02+00 a 03+00 se tiene que el IRI promedio es igual a 2.06 para lo cual nos da como indicador de que la vía en esa progresivas se encuentra en buen estado.

De la Figuro N°9 tenemos que el rango a obtenerse del IRI para pavimentos nuevos es de 1.5 a 3.5, lo cual en la PROG. 02+00 a 03+00 se encuentra el IRI en 2.07 estando dentro del rango de los pavimentos nuevos.

Cálculo de índice de serviciabilidad (PSI): Ecuación N°03.

$$2.06 = 5.5 \times \ln\left(\frac{5.0}{PSI}\right)$$

$$PSI = 3.44$$

El PSI obtenido para el tramo de PROG. 02+00 a 03+00 es de 3.44 para lo cual según la tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 – 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 03+00 a 06+00

Etapas pre

En la figura N° 55 se observa el tramo de progresiva 03+00 a 06+00, en donde se aprecia que en una etapa inicial se tuvo una capa de rodadura a nivel de terreno natural, con gran desprendimiento de gravas grandes y finos los cuales ocasionan el polvo que se genera por el tránsito de los vehículos, el estado de transitabilidad inicial de las progresivas evaluadas se aprecia en un mal estado, ocasionando inseguridad y molestias en los usuarios del camino vecinal.



Figura 56: Etapa pre PROG. 03+00 a 06+00.

Etapa post

En la figura N°56 se puede observar la progresiva 03+00 a 06+00 en una etapa post aplicación del tratamiento superficial bicapa se aprecia la vía en buen estado, recuperando su estado de transitabilidad del camino vecinal, dando seguridad para los usuarios de la vía.



Figura 57: Etapa post PROG. 03+00 a 06+00.

Cálculo de índice de rugosidad (IRI) y serviciabilidad (PSI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles y para el índice de serviciabilidad del tramo de progresivas 03+00 a 06+00 son los siguientes:

Tabla 17

Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 03+000 a 06+000

PROGRESIVA	ÍNDICE DE RUSOGIDAD	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD
3+000 a 4+000	2.04	3.45
4+000 a 5+000	2.18	3.36
5+000 a 6+000	2.14	3.39
PROMEDIO	2.12	3.40

En la tabla N°17 se dan los valores del índice de rugosidad y serviciabilidad entre las progresivas 02+00 a 03+00.

En la tabla N° 17 se dan los valores promedio del índice de rugosidad y índice de serviciabilidad hallados entre las progresivas 03+00 a 06+00, el índice de rugosidad promedio obtenido es de 2.12 lo cual según la tabla N°5 en vías pavimentadas el IRI para encontrarse en vías de estado bueno debe estar entre el rango de valor 0 a 2.8, por tanto, según lo hallado se obtiene un pavimento buen estado lo que es un indicativo del estado de la vía. En cuanto a la figura N°9 podemos decir que, el rango para pavimentos en estado nuevo es de 1.5 a 3.5, según lo obtenido estamos dentro del rango para pavimentos nuevos.

El índice de serviciabilidad promedio hallado para el tramo comprendido entre las progresías 03+00 a 06+00 es de 3.40, lo cual según tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 a 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 06+00 a 07+00 - zona urbana, centro poblado Marjupata

Etapa pre

En la figura N°57 se observa el tramo entre la progresiva 06+00 a 07+00, en donde se aprecia la calzada erosionada y deformada propio del tiempo que se dejó de hacerle mantenimiento a la vía, la capa de rodadura se encuentra a nivel de terreno natural con desprendimiento de finos y gravas, material suelto lo cual causa polvo al transitar la vía, entre estas progresivas se encuentra el centro poblado de Marjupata cuyos habitantes eran afectados debido al polvo que se generaba por el tránsito de vehículos.



Figura 58: Etapa pre PROG. 06+00 a 07+00.

Etapa post

En la figura N°58 se puede apreciar el tramo comprendido entre las progresivas 06+00 a 07+00, en donde se aprecia la capa de rodadura a nivel de tratamiento superficial bicapa, recuperando el estado de transitabilidad y seguridad de la vida, se solucionó la generación de polvo que afectaba al centro poblado de Marjupata.



Figura 59: *Etapa post PROG. 06+00 a 07+00.*

Cálculo de índice de rugosidad (IRI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles del tramo de progresivas 06+00 a 07+00 del camino vecinal son los siguientes:

Tabla 18

Índice de rugosidad PROG. 06+00 a 07+00

PROGRESIVA	CARRIL	
	DERECHO	IZQUIERDO
6+000 a 6+400	2.23	2.01
6+400 a 6+800	2.11	2.07
6+800 a 7+200	2.00	2.15
IRI PROMEDIO	2.10	

En la Tabla N°18 se dan los valores del índice de rugosidad entre las progresivas 06+00 a 07+00.

De la tabla N°5 para vías pavimentadas el rango de IRI nos dice que debe ser de 0 a 2.8 para vías que se encuentren en buen estado, en el tramo de PROG. 06+00 a 07+00 se tiene que el IRI promedio es igual a 2.10 para lo cual nos da como indicador de que la vía en esa progresivas se encuentra en buen estado.

De la Figuro N°9 tenemos que el rango a obtenerse del IRI para pavimentos nuevos es de 1.5 a 3.5, lo cual en la PROG. 06+00 a 07+00 se encuentra el IRI en 2.10 estando dentro del rango de los pavimentos nuevos.

Cálculo de índice de serviciabilidad (PSI): Ecuación N°03

$$2.10 = 5.5 \times \ln\left(\frac{5.0}{PSI}\right)$$

$$PSI = 3.41$$

El PSI obtenido para el tramo de PROG. 06+00 a 07+00 es de 3.41 para lo cual según la tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 – 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 07+00 a 10+00

Etapas pre

En la figura N°59 se observa el tramo de progresiva 07+00 a 10+00, en donde se pudo apreciar en una etapa inicial su capa de rodadura erosionada a nivel de terreno natural, con desprendimiento de gravas grandes y presencia de finos, presentaba dificultad para los usuarios de la vía e inseguridad para los mismos.



Figura 60: Etapa pre PROG. 07+00 a 10+00.

Etapa post

En la figura N°60 se observa el tramo de progresivas 07+00 a 10+00, en donde se aprecia su capa de rodadura a nivel de tratamiento superficial bicapa, recuperando el estado de transitabilidad del camino vecinal brindando mayor seguridad para los usuarios de la misma. Se visualiza una vía uniforme en buenas condiciones.



Figura 61: Etapa post PROG. 07+00 A 10+00.

Cálculo de índice de rugosidad (IRI) y serviciabilidad (PSI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles y para el índice de serviciabilidad del tramo de progresivas 07+00 a 10+00 son los siguientes:

Tabla 19

Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 07+000 a 10+000

PROGRESIVA	ÍNDICE DE RUSOGIDAD	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD
7+000 a 8+000	2.20	3.35
8+000 a 9+000	2.16	3.37
9+000 a 10+000	2.34	3.27
PROMEDIO	2.23	3.33

En la tabla N°19 se dan los valores del índice de rugosidad y serviciabilidad entre las progresivas 07+00 a 10+00.

En la tabla N° 19 se dan los valores promedio del índice de rugosidad y índice de serviciabilidad hallados entre las progresivas 07+00 a 10+00, el índice de rugosidad promedio obtenido es de 2.23 lo cual según la tabla N°5 en vías pavimentadas el IRI para encontrarse en vías de estado bueno debe estar entre el rango de valor 0 a 2.8, por tanto, según lo hallado se obtiene un pavimento buen estado lo que es un indicativo del estado de la vía. En cuanto a la figura N°9 podemos decir que, el rango para pavimentos en estado nuevo es de 1.5 a 3.5, según lo obtenido estamos dentro del rango para pavimentos nuevos.

El índice de serviciabilidad promedio hallado para el tramo comprendido entre las progresías 07+00 a 10+00 es de 3.33, lo cual según tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 a 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 10+00 a 11+00 – zona urbana, centro poblado Asil

Etapa pre

En la figura N°61 se observa al tramo entre la progresiva 10+00 a 11+00, en donde se aprecia zonas urbanas pertenecientes al centro poblado Asil, en esta progresiva se generaba un gran problema por el polvo generado por el tránsito de los vehículos causando problemas e incomodidad para los habitantes de las zonas aledañas. Se visualiza desprendimiento de gravas grandes y finas, el estado de transitabilidad es malo lo cual dificulta el flujo de los automóviles.



Figura 62: Etapa pre PROG. 10+00 a 11+00.

Etapa post

En la figura N°62 se observa el tramo de progresivas 10+00 a 11+00 a nivel de tratamiento superficial bicapa, solucionando el problema tanto de las irregularidades de la vía como el problema generado por el polvo que levantaban los autos al circular por el camino vecinal que era un gran problema para el centro poblado de Asil.



Figura 63: *Etapa post PROG. 10+00 a 11+00.*

Cálculo de índice de rugosidad (IRI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles del tramo de progresivas 10+00 a 11+00 del camino vecinal son los siguientes:

Tabla 20

Índice de rugosidad PROG. 10+00 a 11+00

PROGRESIVA	CARRIL	
	DERECHO	IZQUIERDO
10+000 a 10+400	2.39	2.15
10+400 a 10+800	2.11	2.50
10+800 a 11+200	2.29	2.23
IRI PROMEDIO	2.28	

En la tabla N°20 se dan los valores del índice de rugosidad entre las progresivas 10+00 a 11+00.

De la tabla N°5 para vías pavimentadas el rango de IRI nos dice que debe ser de 0 a 2.8 para vías que se encuentren en buen estado, en el tramo de PROG. 10+00 a 11+00 se tiene que el IRI promedio es igual a 2.28 para lo cual nos da como indicador de que la vía en esa progresivas se encuentra en buen estado.

De la Figuro N°9 tenemos que el rango a obtenerse del IRI para pavimentos nuevos es de 1.5 a 3.5, lo cual en la PROG. 10+00 a 11+00 se encuentra el IRI en 2.28 estando dentro del rango de los pavimentos nuevos.

Cálculo de índice de serviciabilidad (PSI): Ecuación N°03

$$2.28 = 5.5 \times \ln\left(\frac{5.0}{PSI}\right)$$

$$PSI = 3.30$$

El PSI obtenido para el tramo de progresivas 10+00 a 11+00 es de 3.30 para lo cual según la tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 – 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 11+00 a 13+00

Etapas pre

En la figura N°63 se observa el tramo entre la progresiva 11+00 a 13+00, en donde se da el culmino del centro poblado de Asil, se puede ver la capa de rodadura a nivel de terreno natural, con desprendimientos de gravas grandes y finos que están presentes en la superficie de la vía, el estado de transitabilidad es malo a lo largo de todo el tramo.



Figura 64: Etapa pre PROG. 11+00 a 13+00.

Etapa post

En la figura N°64 se observa el tramo entre la progresiva 11+00 a 13+00, la capa de rodadura a nivel de tratamiento superficial bicapa, recuperando el estado de transitabilidad y mantenimiento la uniformidad a lo largo de todo el camino vecinal



Figura 65: Etapa pre PROG. 11+00 a 13+00.

Tabla 21

Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 11+000 a 13+000

PROGRESIVA	ÍNDICE DE RUSOGIDAD	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD
11+000 a 12+000	2.09	3.42
12+000 a 13+000	2.23	3.33
PROMEDIO	2.16	3.38

En la tabla N°19 se dan los valores del índice de rugosidad y serviciabilidad entre las progresivas 11+00 a 13+00.

En la tabla N° 19 se dan los valores promedio del índice de rugosidad y índice de serviciabilidad hallados entre las progresivas 11+00 a 13+00, el índice de rugosidad promedio obtenido es de 2.16 lo cual según la tabla N°5 en vías pavimentadas el IRI para encontrarse en vías de estado bueno debe estar entre el rango de valor 0 a 2.8, por tanto, según lo hallado se obtiene un pavimento buen estado lo que es un indicativo del estado de la vía. En cuanto a la figura N°9 podemos decir que, el rango para pavimentos en estado nuevo es de 1.5 a 3.5, según lo obtenido estamos dentro del rango para pavimentos nuevos.

El índice de serviciabilidad promedio hallado para el tramo comprendido entre las progresías 11+00 a 13+00 es de 3.38, lo cual según tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 a 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Progresiva 13+00 a 15+660 – zona urbana, centro poblado de Paccaypata e ingreso al pueblo de San Pedro de Cachora

Etapa pre

En la figura N°65 se observa el tramo de progresiva 13+00 a 15+660, se aprecia la zona urbana perteneciente al centro poblado de Paccaypata, así también, el ingreso al pueblo de Cachora, en este centro poblado se encuentra el colegio del pueblo el cual tanto como las viviendas eran afectadas por el polvo causado por el tránsito de los vehículos, se observa un estado transitable malo, desprendimiento de gravas grandes y finas en la superficie de la plataforma



Figura 66: Etapa pre PROG. 13+00 a 15+660.

Etapa post

En la figura N°66 se observa el tramo de progresivas 13+00 a 15+660 se observa el camino vecinal a nivel de tratamiento superficial bicapa, mantenimiento su uniformidad a lo largo de toda la vía, se solucionó el gran problema del polvo para el centro poblado de Paccaypata, se devolvió a un buen estado de transitabilidad y seguridad al camino vecinal.



Figura 67: Etapa post PROG. 13+00 s 15+660.

Calculo de índice de rugosidad (IRI) y serviciabilidad (PSI)

Los valores calculados para el índice de rugosidad para ambos carriles y para el índice de serviciabilidad del tramo de progresivas 13+00 a 15+660 son los siguientes:

Tabla 22

Índices de rugosidad y serviciabilidad PROG. 13+000 a 15+660

PROGRESIVA	ÍNDICE DE RUSOGIDAD	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD
13+000 a 14+000	2.24	3.33
14+000 a 15+000	2.27	3.31
15+000 a 15+660	2.22	3.34
PROMEDIO	2.24	3.33

En la tabla N°21 se dan los valores del índice de rugosidad y serviciabilidad entre las progresivas 13+00 a 15+660.

En la tabla N° 21 se dan los valores promedio del índice de rugosidad y índice de serviciabilidad hallados entre las progresivas 13+000 a 15+660, el índice de rugosidad promedio obtenido es de 2.24 lo cual según la tabla N°5 en vías pavimentadas el IRI para encontrarse en vías de estado bueno debe estar entre el rango de valor 0 a 2.8, por tanto, según lo hallado se obtiene un pavimento buen estado lo que es un indicativo del estado de la vía. En cuanto a la figura N°9 podemos decir que, el rango para pavimentos en estado nuevo es de 1.5 a 3.5, según lo obtenido estamos dentro del rango para pavimentos nuevos.

El índice de serviciabilidad promedio hallado para el tramo comprendido entre las progresías 13+000 a 15+660 es de 3.33, lo cual según tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 a 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

Del tramo completo progresiva 00+00 a 15+660

Una vez realizado la evaluación por cada progresiva del camino vecinal podemos decir que, el estado inicial en gran parte de la vía se encontraba en mal estado, su capa de rodadura en todo el tramo a nivel de terreno natural mantenimiento una mala transitabilidad a lo largo de todo el camino vecinal, superficialmente se puede apreciar el desprendimiento de gravas grandes y material fino, uno de los grandes problemas era el polvo generado por el estado de la vía, sobre todo en las zonas urbanas de los centros poblado Marjupata, Asil y Paccaypata. Posterior a culmino del mantenimiento periódico, se puede apreciar la capa de rodadura a nivel de tratamiento superficial bicapa a lo largo de todo el tramo, devolviéndole un buen estado de transitabilidad a la vía y solucionando uno de los problemas principal que era la generación de ese polvo en las zonas urbanas, los cambios fueron notables y en beneficio de todos los pobladores de San Pedro de Cachora y usuarios de la vía.

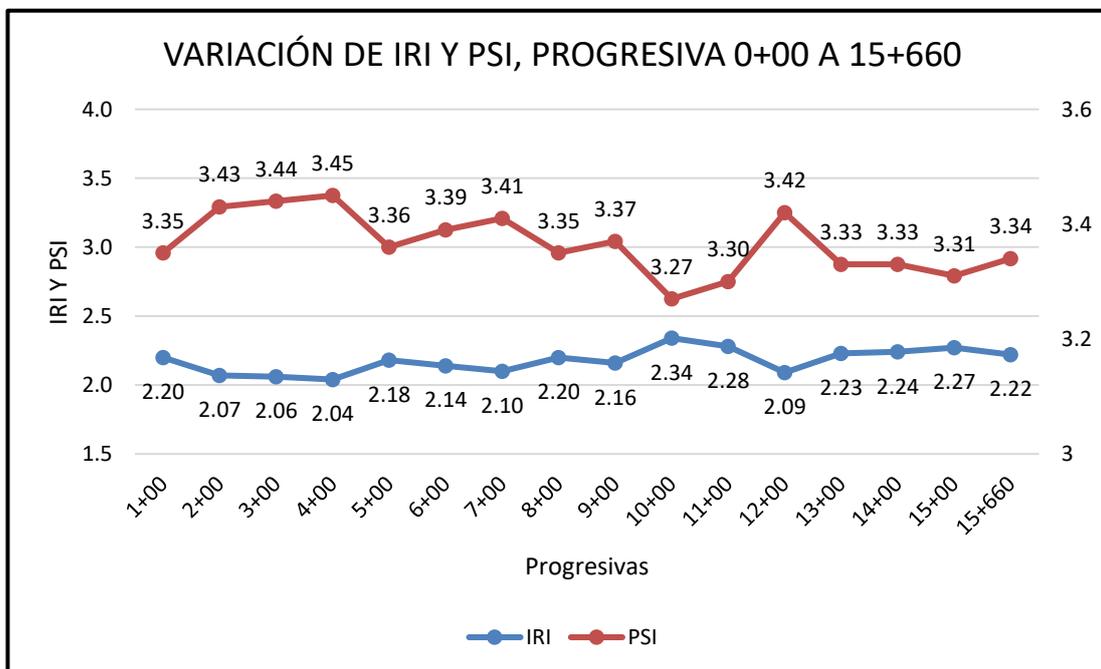


Figura 68: Variación de IRI y PSI, PROG. 0+00 a 15+660

En la figura N°67 podemos observar la variación del IRI y PSI durante todo el camino vecinal. En la tabla N°23 se da el IRI promedio de todo el camino vecinal el cual es 2.18 ubicando así según tabla N°5 en el rango 0 a 2.8 el cual da como calificación a un pavimento de estado bueno. En cuanto a la figura N°9 se obtiene que el pavimento se encuentra entre el rango de 1.5 a 3.5 lo cual ubica dentro de los pavimentos nuevos.

Tabla 23

Resumen de estado progresiva 00+00 a 15+640

RESUMEN DEL ESTADO PROGRESIVA 00+00 A 15+640	
ESTADO DE TRANSITABILIDAD (INICIAL)	Malo
ESTADO DE TRANSITABILIDAD (FINAL)	Bueno
IRI PROMEDIO	2.18
PSI DEL TRAMO	3.36
NIVEL DE CAPA DE RODADURA (INICIAL)	Terreno natural
NIVEL DE CAPA DE RODADURA (FINAL)	Tratamiento superficial bicapa

En la tabla N°28 se puede apreciar el resumen del estado del camino vecinal.

Fuente: Elaboración propia.

En tabla N°23 se da el PSI promedio obtenido de la vía el cual es 3.36 m/km el cual según tabla N°6 nos encontramos en el rango de 3 – 4 el cual da un estado de serviciabilidad bueno, lo cual nos dice que los vehículos que transiten por esta vía tendrán un buen confort al manejar.

3. Evaluación del tratamiento superficial bicapa y Slurry Seal.

A. Costos por m2 en los tratamientos superficiales

Tratamiento superficial bicapa

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				0.48
01.01	LIMPIEZA DE LA VIA	m2	1.00	0.48	0.48
02	PAVIMENTOS				9.49
02.01	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA	m2	1.00	9.49	9.49
	COSTO DIRECTO				9.97

Figura 69: Costo aproximado por m2 de bicapa.

En la figura N°68 se da un costo aproximado de la aplicación del tratamiento superficial bicapa, considerando únicamente las partidas necesarias para la ejecución del tratamiento sin considerar las particularidades que podría tener cada proyecto. El costo hallado resulto ser de S/. 9.97 soles por m2 de construcción de bicapa.

Tratamiento Slurry seal

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				0.97
01.01	LIMPIEZA DE LA VIA	m2	1.00	0.48	0.48
01.02	REGO DE AGUA	m2	1.00	0.49	0.49
02	PAVIMENTOS				4.55
02.01	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL	m2	1.00	4.55	4.55
	Costo Directo				5.52

Figura 70: Costo aproximado por m2 de Slurry seal.

En la Figura N°69 se halla un costo aproximado para la aplicación del tratamiento superficial slurry seal considerándose de igual manera como en la bicapa solo las partidas que son necesarias para su ejecución sin tener en cuenta las particularidades que puedan tener cada proyecto. El costo hallado resulto ser de S/. 5.52 soles por m2 de construcción de slurry seal.

B. Maquinarias usadas en los tratamientos superficiales

Tratamiento superficial bicapa

EQUIPOS				
RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	0.0021	123.60	0.26
CEPILLADORA - BOBCAT	hm	0.0019	110.00	0.21
CARGADOR SILLANTAS 125-155 HP 3 YD3	hm	0.0000	186.69	0.00
RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	hm	0.0021	123.60	0.26
RODILLO TANDEM ESTATI AUT 70-100HP 8-14T	hm	0.0042	84.24	0.35
CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	0.0003	93.22	0.03
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	0.0042	112.64	0.47
COMPRESORA DE AIRE	hm	0.0014	96.00	0.13
ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	0.0063	72.50	0.46
				2.17

Figura 71: Maquinaria usada para el tratamiento superficial bicapa

En la figura N°70 se dan las maquinarias empleadas en el tratamiento superficial bicapa en donde predomina mayormente maquinaria pesada denominada ‘universal’, el costo aproximado de las maquinarias por m2 de construcción de bicapa es de S/. 2.17 soles.

Tratamiento Slurry seal

EQUIPOS				
COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	0.0032	72.60	0.23
CEPILLADORA - BOBCAT	hm	0.0019	110.00	0.21
CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	0.0032	93.22	0.30
CAMION CISTERNA	hm	0.0020	170.00	0.34
CAMION MICROPAVIMENTADOR	hm	0.0032	135.00	0.43
COMPRESORA DE AIRE	hm	0.0014	96.00	0.13
				1.64

Figura 72: Maquinaria usada para el tratamiento superficial Slurry seal

En la figura N°71 se dan las maquinarias empleadas para el tratamiento superficial Slurry seal en donde al igual que el tratamiento superficial bicapa predominan mayormente maquinaria pesada denominada ‘universal’ con algunas excepciones como el micro pavimentador, el costo aproximado de las maquinarias para la construcción de Slurry seal es de S/.1.64 soles.

C. Vida útil de los tratamientos superficiales

Para la vida útil promedio del tratamiento superficial bicapa y Slurry seal nos basamos en rangos de tiempos de vida útil hallados de estudios previos, se promediará en ambos tratamientos los rangos de vida útil.

En la figura N°26 se dan los periodos de vida del tratamiento superficial de algunos tratamientos superficiales, en el caso del tratamiento superficial bicapa tenemos un periodo de vida de 7 – 10 años y para el Slurry seal tenemos un periodo de vida de 2 – 6 años.

Asumiendo un promedio de ambos rangos de periodos de vida útil obtenemos lo siguiente:

Tabla 24:

Vida útil promedio para bicapa y slurry seal

Tratamiento superficial	Vida útil promedio (años)
Bicapa	7.5
Slurry seal	4

En la tabla N°24 se dan los valores de vida útil promedio del tratamiento superficial bicapa y Slurry seal.

En la tabla N°24 se dan los valores de vida útil promedio del tratamiento superficial bicapa con 7.5 años y el Slurry seal con 4 años.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Del estudio realizado por Trujillo (2018), en donde se trata de la viabilidad de la aplicación del tratamiento superficial bicapa en vías terciarias de tránsito bajo, en el cual halla que su uso es viable en redes terciarias, ya que su aplicación es simple y no requiere de mucha maquinaria pesada además de obtener presupuesto bajo respecto a otras alternativas, en el caso de la presente investigación se obtuvo que el uso de este tratamiento se tendría que dar en vías donde su IMDA sea bajo ya que no tiene aporte estructural y que este es de fácil aplicación. Respecto a los resultados hallados en la presente tesis y en la de referencia se puede decir que, se dan las mismas condiciones de vías de bajo tránsito y su aplicación es simple sin requerir de mucha maquinaria especializada.

Del estudio realizado por Rivera (2017), hallo que posterior a la aplicación del tratamiento superficial bicapa se mejoró el estado de transitabilidad, además de obtener un IRI promedio 2.25 m/km y un PSI de 3.32, en el caso de la presente investigación después de la evaluación pre y post a la aplicación del tratamiento superficial se pudo corroborar que hubo notables mejoras en la vía en cuanto a transitabilidad, por otro lado, se obtuvo un IRI promedio de 2.18 m/km y PSI de 3.36. En cuanto a la investigación tomada como referencia y la presente tesis se tiene que, el IRI hallado en ambos casos coinciden según los rangos de la tabla N°5 ubicando a ambos pavimentos en un estado bueno y según figura N°9 dentro del rango de pavimentos nuevos, de lo obtenido en el PSI se tiene que, según tabla N°6 se encuentran en un PSI bueno, coincidiendo en ambos parámetros de los índices.

Del estudio realizado por Ancco (2018), en donde mediante un análisis estadístico obtuvo que en el distrito de San Pedro de Cachora había una despreocupación por la gestión de la infraestructura teniendo en mal estado sus principales vías de acceso, de la presente tesis mediante la evaluación pre y post podemos decir que, la gestión de la infraestructura de su vía de acceso fue casi nula durante un periodo de tiempo largo ya que en la etapa pre se encontró una vía en pésimo estado con diferentes tipos de fallas en la superficie de la vía. En cuanto a la investigación tomada como referencia y la presente tesis, podemos decir que, antes de la ejecución del mantenimiento periódico a la vía se encontró una vía en mal estado de transitabilidad con diferentes tipos de fallas en los pavimentos y siendo peligrosa para los usuarios

De los resultados obtenidos podemos decir que, el tratamiento superficial bicapa se aplica normalmente en vía de bajo tránsito básicamente porque su aporte estructural al pavimento es casi nulo y un tránsito alto ocasionaría fallas a temprana edad del tratamiento, este tratamiento es usado para proporcionar una superficie de rodadura de mayor calidad y evitar que la base se deteriore por la presencia de precipitaciones u otros agentes que puedan ocasionar daños.

De los resultados obtenidos podemos decir que, el índice de rugosidad resumido en la figura N°67 se mantiene uniforme al largo de todo el tramo del camino vecinal esto brinda cierta seguridad de la calidad del pavimento obtenido, los valores del índice de rugosidad van desde 2.04 a 2.34 m/km, catalogándose durante todo el tramo dentro los pavimentos nuevos y de buena calidad. Al igual en el índice de serviciabilidad podemos decir que se obtuvo en promedio 3.36 resultado una serviciabilidad buena del pavimento.

De los resultados obtenidos podemos decir que, el costo por m² aproximado para la construcción del tratamiento superficial bicapa por m² es de S/. 9.97 soles a diferencia del tratamiento superficial con Slurry seal que su costo es de S/. 5.52 por m², para ambos casos se tomó únicamente las partidas necesarias para la ejecución de cada tratamiento sin tener en cuenta las particularidades de cada proyecto, si bien es cierto el costo de la bicapa es S/. 4.45 soles más que el Slurry seal por m², debemos tener en cuenta el periodo de vida útil promedio dado en la Tabla N°24, en donde la bicapa obtiene 3.5 años más de vida útil promedio que el Slurry seal, por tanto, debemos decir que si bien es cierto ambas son excelentes alternativas, en este caso al ser un pueblo bastante alejado, es mejor el uso del tratamiento superficial bicapa para prolongar un buen estado de transitabilidad y seguridad de los usuarios.

4.2 Conclusiones

- Del objetivo general, los resultados en conjunto hallados y la hipótesis planteada podemos decir que, el uso del tratamiento fue una decisión acertada para el mantenimiento periódico del camino vecinal, ya que se encontraron razones por las cuales se da la viabilidad de su uso, por tanto, la hipótesis general planteada es válida.
- Del objetivo específico N°01 planteado, los resultados obtenidos y la hipótesis planteada podemos decir que, se especificaron y describieron los trabajos previos a la colocación tratamiento superficial bicapa, partiendo desde estudios a la cantera a usarse para material de base, explotación y traslado del material y proceso de la base estabilizada con emulsión asfáltica, por tanto, la hipótesis específica planteada es válida.

- El tratamiento superficial bicapa es de fácil aplicación ya que como se detalló su proceso conlleva pasos repetitivos que en resumen es riego de ligante, riego de grava, compactación, segundo riego de ligante, segundo riego de grava y segunda compactación.
- Los ensayos realizados al material usado para la base cumplen lo estipulado según el Manual de suelos y pavimentos proporcionado por el Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Para la colocación del tratamiento superficial bicapa es necesario realizar o ya contar con una base uniforme para poder obtener una vía segura y de buena calidad.
- Del objetivo específico N°02 planteado, los resultados obtenidos y la hipótesis planteada podemos decir que, se realizó la evaluación pre y post a la aplicación del tratamiento superficial bicapa, encontrándose notables mejoras en cuanto a transitabilidad y seguridad de la vía, por tanto, la hipótesis planteada es válida.
- Mediante la evaluación pre y post a la aplicación del tratamiento superficial bicapa se pudo demostrar los grandes cambios que hubo en la vía, principalmente logrando recuperar el estado de transitabilidad y serviciabilidad del camino vecinal.
- Se realizó el ensayo de índice de rugosidad (IRI) mediante el rugosímetro Merlín obteniéndose un promedio a lo largo de la vía de 2.18 m/km, lo cual nos da un parámetro del estado del pavimento, encontrándose dentro del rango de los pavimentos denominados “nuevos” y “bueno”.
- Se realizó el cálculo del índice de serviciabilidad (PSI) obteniéndose un PSI de 3.36 esto quiere decir que, la serviciabilidad del pavimento posterior a la aplicación del tratamiento superficial bicapa se encuentra en un rango denominado “bueno”.

- Del objetivo específico N°03 planteado, los resultados obtenidos y la hipótesis planteada podemos decir que, se realizó la evaluación técnica y económica entre el tratamiento superficial bicapa y Slurry seal, obteniéndose que la bicapa tiene un costo mayor pero su periodo de vida útil es también bastante más a comparación del Slurry seal, por tanto, la hipótesis planteada es válida.
- En cuanto a lo económico se determinó que, la bicapa tiene un costo de S/. 9.97 soles por m² y el Slurry seal de S/. 5.52 soles por m², esto considerando únicamente las partidas necesarias para la colocación de ambos tratamientos, se obtiene que el tratamiento superficial bicapa es más cara por S/. 4.45 soles por cada m² construido.
- En cuanto al periodo de vida útil la bicapa en promedio tiene 7.5 años y el Slurry seal 4 años, lo cual justificaría notablemente el incremento de costo por parte del tratamiento superficial bicapa más aun considerando que según lo hallado para la ejecución del Slurry seal es necesario un micropavimentador, lo cual en futuros mantenimientos sería una dificultad por la lejanía del pueblo.

4.3 Recomendaciones

- Se recomienda continuar con los estudios de los tratamientos superficiales ya que estos podrían dar un estado de transitabilidad a las vías con un periodo de duración más largo.
- En cuanto a la información encontrada del tratamiento superficial bicapa, se recomiendo que se continúe los estudios ya que no se encontró gran cantidad de documentos de investigación científica.
- En cuanto a la fase de proyecto, se debe establecer un correcto estudio trafico ya que este tratamiento superficial es recomendable para vías de tránsito bajo y de estar sometido a muchas cargas este podría presentar fallas a temprana edad.

- En cuanto a la aplicación del tratamiento, se debe restaurar de manera correcta las canteras usadas en la base y en el propio tratamiento superficial con el fin de mitigar los daños al medio ambiente.
- El seguimiento y correcto mantenimiento será de mucha importancia para obtener el tiempo de vida máximo del pavimento, por ello se recomienda establecer cronogramas de mantenimiento para la vía.
- La limpieza de las obras de artes tales como alcantarillas y cunetas serán de vital importancia para mantener la vía en buen estado.

REFERENCIAS

Africa, Southern African Development community. “Guideline Low- Volume sealed roads”. Julio del 2003. Recuperado de: [https://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/pdfs/Toolkits/LVSR-Guideline-FullText \[1\]_0.pdf](https://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/pdfs/Toolkits/LVSR-Guideline-FullText[1]_0.pdf).

Asociación Mundial de la Carretera. (2014). Importancia de la conservación de carreteras. Recuperado de: <https://www.piarc.org/es/pedido-de-publicacion/22252-es-Importancia%20de%20la%20conservaci%C3%B3n%20de%20carreteras>.

Del Águila (1999). Manual de usuario Merlín equipo para rugosidad Recuperado el día 17, de mes Octubre, de año 2021, de URL <http://files.israel-tecnico-qualidade.webnode.com/200001107-1805f18fe9/Manual%20do%20Usuario%20-%20Merlin.pdf>.

Guerrero (2014). Tratamiento superficial con emulsión asfáltica y análisis de costos respecto a Placa Huella. (Tesis de especialización en Pavimentos). Universidad Militar Nueva Granada.

Hernández, Rosales y Triguero (2016). Metodología para el diseño y construcción de tratamientos superficiales dobles para caminos de bajo volumen de tránsito mediante los métodos de la Dimensión Mínima promedio y Texas Dot en El Salvador. (Tesis de Pregrado). Universidad de El Salvador.

Kröger y Kröger (2018). Tratamientos superficiales de alto rendimiento. Recuperado el día 12, de mes Agosto, de año 2021, de URL <http://cpasfalto.com.ar/xxxix-reuniondelasfalto-trabajos/19%20-%20KROGER.pdf>.

México, Instituto Mexicano del Transporte. “Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México”. Junio de 1998, <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt108.pdf>.

Pando (2017). Mantenimiento y mejoramiento con tratamiento superficial Bicapa en Vías departamentales JU109 – tramo Acopalca – Abra Acopalca – Huancayo – Junín – 2017. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de los Andes.

Perú, Ministerio de Economía y Finanzas. “Caminos Vecinales. Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos”. Junio del 2011, https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/transporte/guia_caminos1.pdf.

Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de carreteras Especificaciones Técnicas generales para la Construcción”. Setiembre del 2015, https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCHIVOS/MAN_10%20EG%202013.pdf

Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de ensayo de materiales”. Mayo del 2016, https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf.

Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Diagnostico de la situación de las brechas de infraestructura o de servicio transportes y comunicaciones”. Enero del 2020, https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/477819/Diagnostico_Brechas_PMI2021-2023.PDF.

Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Especificaciones Técnicas generales para la conservación de carreteras”. Agosto del 2007, http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2951.pdf.

Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”. Enero del 2018, https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf.

Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial”. 2018 https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf.

Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de carreteras: Suelos y pavimentos”. Abril del 2014, https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf.

Perú, Provías Nacional. “Intervenciones en La Red Vial Nacional”. Marzo del 2016, https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/RVN_PERU_RTT_201601-20160311.pdf.

Queirolo (2009). Seguimiento de un doble tratamiento superficial para camino de alto tránsito. (Tesis de pregrado). Universidad de Chile.

Reinoso (2018). Evaluación del estado de transitabilidad y nivel de servicio del camino vecinal tramo Saywite – Ccecceray – Totoray Alta y Baja – Bacas Alta y Bja – Trancapata Alta y Baja. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes.

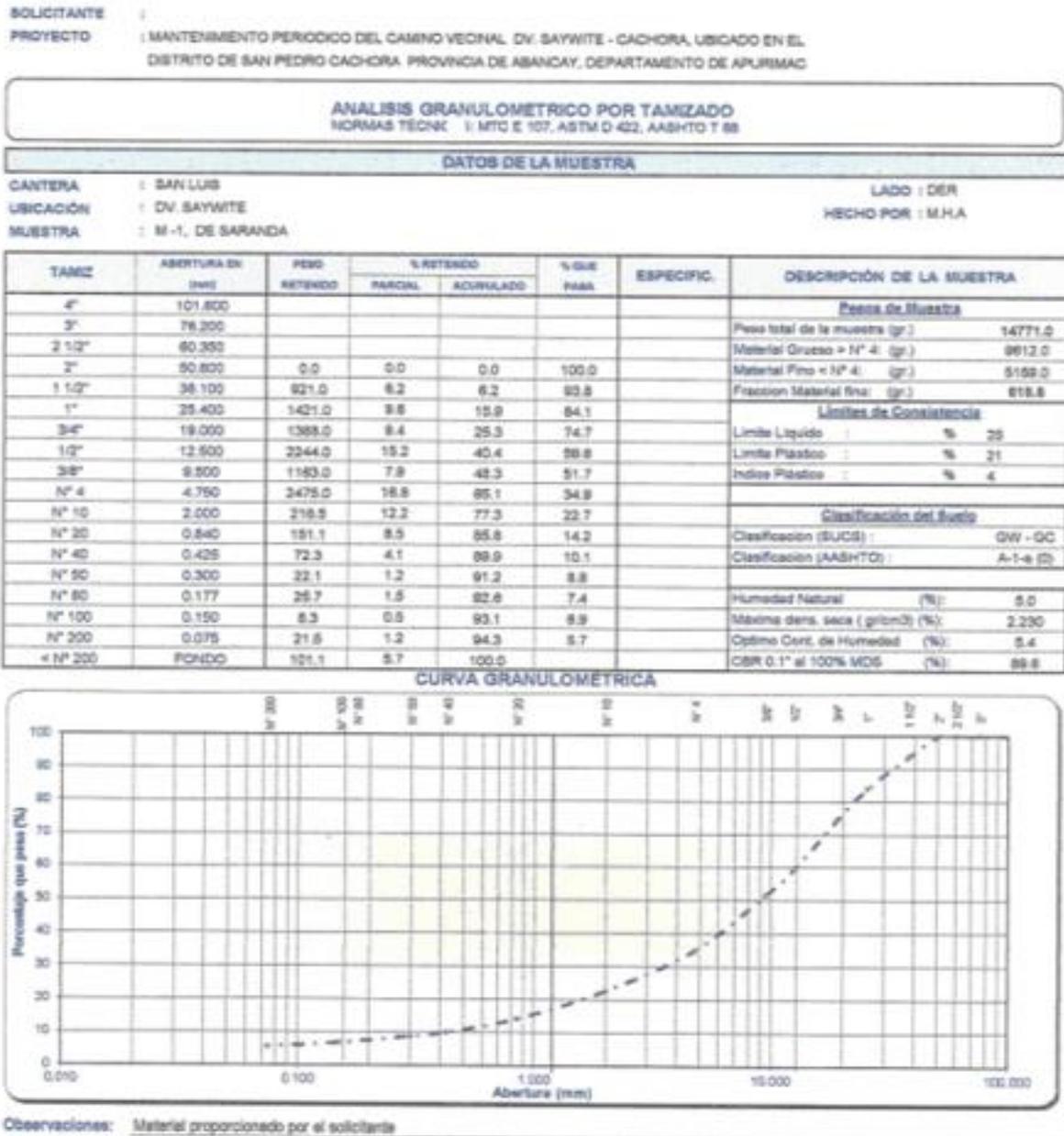
Resolución 017 de 2007 [Ministerio de Transportes y Comunicaciones]. Por el cual se establece el Reglamento de Jerarquización Vial. 26 de mayo del 2007.

Rivera (2017). Evaluación del tratamiento superficial Bicapa a nivel de ejecución, de la obra mejoramiento de la ruta AM-100, Bagua – La Peca, del circuito II – Amazonas. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca.

Trujillo (2018). Estudio de Prefactibilidad ‘‘ Tratamiento superficial Bicapa de la carretera nacional regional AR-109 del distrito de Huambo, Provincia de Caylloma, Arequipa’’. (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Santa María.

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Ensayos a material de cantera.



SOLICITANTE :
 PROYECTO : MANTENIMIENTO PERIODICO DEL CAMINO VECINAL, DV. SAYWITE - CACHORA, UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO CACHORA, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURIMAC

LÍMITES DE CONSISTENCIA
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 99 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : SAN LUIS LADO : DER
 UBICACIÓN : DV. SAYWITE HECHO POR : M.H.A.
 MUESTRA : M -1, DE BARANDA

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 99)				
Nº TARA		T-10	T-11	T-12
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	83.82	83.85	83.71
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	58.02	58.05	58.75
PESO DE AGUA	(gr.)	4.80	4.80	4.96
PESO DE LA TARA	(gr.)	40.15	40.05	40.23
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	18.87	19.00	18.52
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.38	25.28	26.78
NUMERO DE GOLPES		21	22	13

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
Nº TARA		T-20	T-21	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	30.37	28.45	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	27.91	28.21	
PESO DE LA TARA	(gr.)	15.80	15.33	
PESO DEL AGUA	(gr.)	2.48	2.24	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	11.98	10.88	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.63	20.58	21



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	25
LÍMITE PLÁSTICO (%)	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	4

OBSERVACIONES
Materia proporcionado por el solicitante

SOLICITANTE :
 PROYECTO : MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL, DV. SAYWITE - CACHORA, UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO CACHORA, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
 NORMAS TÉCNICAS: MTG E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : SAN LUIS LADO : DER
 UBICACIÓN : DV. SAYWITE HECHO POR : M.H.A
 MUESTRA : M-1, DE SARANDA

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-01	T-02	
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1298.5	1298.2	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	1243.2	1188.2	
PESO DE LA TARA gr.	124.6	119.5	
PESO DEL AGUA gr.	54.3	53.0	
PESO SUELO SECO gr.	1117.30	1068.7	
HUMEDAD %	5.04	4.97	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	5.0		

Observaciones: Material proporcionado por el solicitante

SOLICITANTE
PROYECTO MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL DV. SAYWITE - CACHORA, UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO CACHORA, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

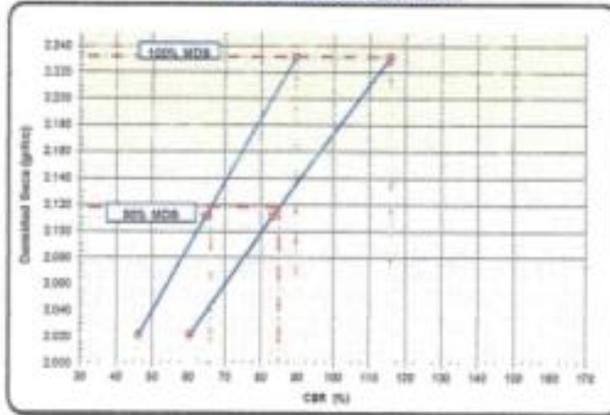
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: NTC 5182, ASTM D 1585, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

Cantón : SAN LUIS
Calleada : DV. SAYWITE
Muestra : M-1, DE SARANOS

Prof (N) : DER
HECHO POR : M.H.A

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

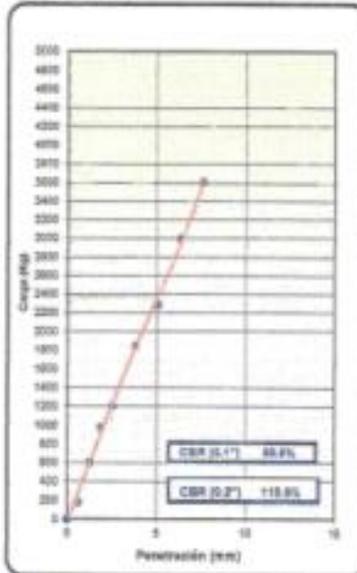
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	2.230
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	5.4
AL 99% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	2.110

PORCENTAJE DEL CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	88.8	0.2"	115.8
C.B.R. AL 99% DE M.D.S. (%)	0.1"	85.1	0.2"	85.0

OBSERV:

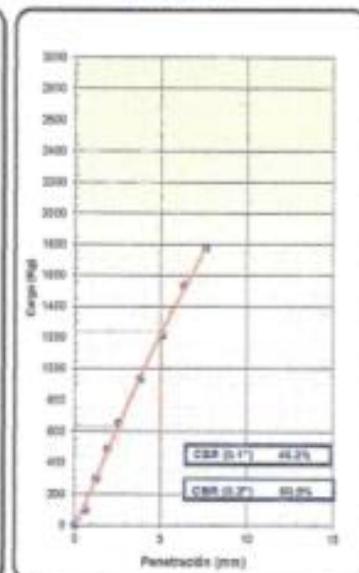
EC = 50 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



Observaciones: *Materia proporcionado por el solicitante*

SOLICITANTE :
 PROYECTO : MANTENIMIENTO PERIODICO DEL CAMINO VECINAL DV. SAYWITE - CACHORA, UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO CACHORA, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURIMAC

ABRASIÓN LOS ÁNGELES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 98

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : SAN LUIS LADO : DER
 UBICACIÓN : DV. SAYWITE HECHO POR : M.H.A
 MUESTRA : M -1, DE SARANDA FECHA : 22/11/2019

MUESTRA	1	
GRADACIÓN	"A"	
Nº DE ESFERAS	12	
TAMIZ (Nº)	PESO RETENIDO (grs.)	
1"	1,252	
3/4"	1,251	
1/2"	1,249	
3/8"	1,249	
PESO TOTAL	5,001	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ Nº 12	3,369	
MATERIAL PASANTE TAMIZ Nº 12	1,632	
PORCENTAJE DE DESGASTE	32.6	

Observaciones: Grava de 1 1/2"
 Material proporcionado por el solicitante

IMPUREZAS ORGÁNICAS MTC E 213-2000
(MTC E 213 - 2000)

Proyecto:	"Mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite-Cachora, ubicado en el departamento de Apurímac, Provincia de Abancay, Distrito de San Pedro de Cachora."		
Localización:	CACHORA		
Muestra:	Calicata N° 01	Perforación:	Cielo Abierto
Material:	Gravas limosas y arcillosas mezcla mal graduada de grava arena limos y arcilla con ligera plasticidad.		Prof. de Muestra: 0.00
Para Uso:	MANTENIMIENTO DE TROCHA CARROZABLE	Fecha:	

EQUIPO	COLOR STANDARD CHART - MODEL CT - 97	La tabla
	de colores estandar del aparato es utilizado en lugar de las soluciones de color estandar y elimina la necesidad de preparar una nueva solución para cada prueba.	

PESO DE MUESTRA: 210 g SOLUCION NaOH (3%): 100.00 ml
 FECHA DE PREPARACION: 27/12/2019 HORA: 08:20:00 a.m.
 FECHA DE LECTURA: 28/12/2019 HORA: 08:20:00 a.m.

TABLA DE COLORES ESTANDAR		RESULTADO DE LA PRUEBA		
		COLOR DEL LIQUIDO DE LA MUESTRA	INTERPRETACION	CONCLUSION
↑ MAS CLARO	1		POCO O NINGUN CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO	APROBADO PARA USO
	2	X	DANIO	
COLOR ESTANDAR DE REFERENCIA	32		CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO ACEPTABLE	
↓ MAS OSCURO	42		POSIBILIDAD DE CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO	ADVERTENCIA! NECESITA DE OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACION
	52		DANIO	

ENSAYO SALES SOLUBLES

(NTP 339-152/ BS-1377)

Proyecto:	"Mantenimiento periódico del camino vecinal Dv. Saywite-Cachora, ubicado en el departamento de Apurímac, Provincia de Abancay, Distrito de San Pedro de Cachora."		
Localización:	CACHORA		
Muestra:	Calicata N° 01	Perforación:	Cielo Abierto
Material:	Gravas limosas y arcillosas mezcla mal graduada de grava arena limos y arcilla con ligera plasticidad.	Prof. de Muestra:	0.00
Para Uso:	MANTENIMIENTO DE TROCHA CARROZABLE		Fecha:

ENSAYO DE SALES SOLUBLES NTP 339-152 / BS 1377

ITEMS	DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
1	RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA		1 a 3
2	NUMERO DE CUBILETE	1.00	2.00
3	PESO DEL CUBILETE (g)	102.256	103.425
4	PESO DEL CUBILETE + RESIDUOS DE SALES (g)	102.289	103.459
5	PESO DEL RESIDUO DE SALES (g)	0.033	0.034
6	VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA (ml)	47.0	47.0
7	CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA (p.p.m)	702.128	723.404
8	CONSTITUYENTES DE S.S. EN PESO SECO (%)	0.0702	0.0723

ENSAYO DE SULFATOS SOLUBLES NTP 339-178 / AASHTO T280

ITEMS	DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
1	VOLUMEN DE AGUA DESTILADA (ml)		300
2	PESO DE SUELO SECO (g)		100
3	NUMERO DEL RECIPIENTE	1	2
3	PESO DEL RECIPIENTE (g)	20.534	21.482
4	PESO DEL RECIPIENTE + RESIDUOS DE SULFATOS (g)	20.544	21.471
5	PESO DEL RESIDUO DE SULFATOS (g)	0.010	0.009
6	VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA (ml)	35.0	35.0
7	PESO DE LA MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION (g)	11.6667	11.6667
8	CONCENTRACION DE ION SULFATADO (p.p.m)	352.71	317.44
9	CONTENIDO DE SULFATOS (%)	0.036	0.032

Suelos con agua Sulfatadas (% Peso)	Sulfatos	Tipo de cemento
0.03 - 0.10	Debil	I
0.10 - 0.20	Moderada	II
0.20 - 2.00	Severa	V
mas de 2.00	Muy severa	mas purolana



SOLICITANTE :

PROYECTO : MANTENIMIENTO PERIODICO DEL CAMINO VECINAL Dv. SAYWITE - CACHORA, UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO CACHORA PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURIMAC

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 209,ASTM C 88, AASHTO T 104

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA: M-1, DE SARANDA

LADO: DER

CANTERA: SAN LUIS

HECHO POR: M.H.A

UBICACIÓN: Dv. SAYWITE

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO

TAMAÑO	PESO REQUERIDO (gr)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
					PESO	%		
2"	1 1/2"	1	1005.4	961.4	44.0	4.58	5.7	0.26
1 1/2"	1"	2	1000.7	942.4	58.3	6.19	9.4	0.58
1"	3/4"	3	501.0	444.1	56.9	12.81	8.9	1.14
3/4"	1/2"	4	570.8	605.1	85.7	9.79	3.17	0.31
1/2"	3/8"	5	330.7	270.0	60.7	18.36	15.43	2.83
3/8"	N°4"	6	300.2	268.2	32.0	10.66	25.73	2.74
TOTALES								7.87

PORCENTAJE DEL ENSAYO DEL AGREGADO GRUESO 7.87

OBSERVACIONES : Material proporcionado por el solicitante

SOLICITANTE :

PROYECTO : MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL, DV. SAYWITE - CACHORA, UNICADO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO CACHORA, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO
NORMAS TÉCNICAS: NTC E 309, ASTM C 89, AASHTO T 104

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-1, DE SARANDA **LADO :** DER
CANTERA : M-1, DE SARANDA **HECHO POR:** M.H.A
UBICACIÓN: DV. SAYWITE

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO FINO

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (gr)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
N° 1	N° 04	100	1						
N° 04	N° 8	100	2	100.0	87.4	12.60	12.60	24.0	3.02
N° 8	N° 16	100	3	100.0	88.9	11.10	11.10	20.6	2.28
N° 16	N° 30	100	4	100.0	89.4	10.60	10.60	16.6	1.66
N° 30	N° 60	100	5	100.0	90.1	9.90	9.90	9.2	0.91
TOTALES									7.9

PORCENTAJE DEL ENSAYO DEL AGREGADO FINO **7.9**

OBSERVACIONES : Material proporcionado por el solicitante

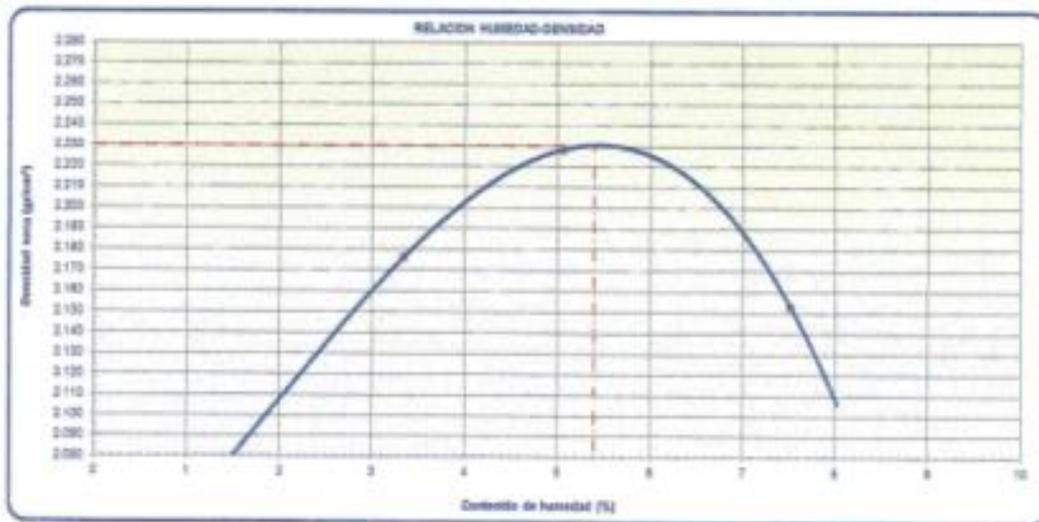
SOLICITANTE :
PROYECTO : MANTENIMIENTO PERIODICO DEL CAMINO VECINAL, DV. SAYWITE - CACHORA, UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO CACHORA, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURIMAC

PROCTOR MODIFICADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 119, ASTM D 1557, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : SAN LUIS LADO : DER
UBICACIÓN : DV. SAYWITE HECHO POR : M.H.A
MUESTRA : M-1, DE SARANDA

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	10740	11045	11240	11185	
Peso molde + base	gr.	6291	6291	6291	6291	
Peso suelo húmedo compactada	gr.	4449	4754	4949	4894	
Volumen del molde	cm ³	2114	2114	2114	2114	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.105	2.248	2.341	2.315	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-04	Tc-03	Tc-05	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	890.4	896.3	889.9	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr.	879.8	872.9	852.0	714.2	
Peso de Tara	gr.	124.9	112.1	103.2	118.4	
Peso de agua	gr.	10.6	25.4	37.9	44.8	
Peso del suelo seco	gr.	754.9	760.8	748.8	595.8	
Contenido de agua	%	1.4	3.3	5.1	7.5	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.075	2.178	2.228	2.153	
Densidad máxima (gr/cm ³)						2.230
Humedad óptima (%)						5.4



Observaciones: Material proporcionado por el solicitante

[Firma manuscrita]

ANEXO n.º2. Ensayo de Índice de rugosidad al tratamiento superficial bicapa.

PROYECTO : MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL DV. SAYWITE - CACHORA
 TRAMO: RAMAL SAYWITE - CACHORA
 CONTRATISTA:
 SUPERVISION:

PROGRESIVA INICIAL:	0+00	PROGRESIVA FINAL	2+400	LONGITUD:	2400.00
---------------------	------	------------------	-------	-----------	---------

CAPA:	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE BICAPA	FECHA:	31/10/2020
-------	-----------------------------------	--------	------------

TEC. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO:

PROGRESIVA		CARRIL	
INICIAL	FINAL	DERECHA	IZQUIERDA
0+00.00	0+400.00	2.38	2.32
0+400.00	0+800.00	2.01	2.25
0+800.00	1+200.00	2.31	2.17
1+200.00	1+600.00	2.05	2.02
1+600.00	2+000.00	1.94	2.20
2+000.00	2+400.00	2.02	2.27
PROMEDIO		2.12	2.21

RUGOSIDAD (EQUIPO MERLIN)

PROGRESIVA		DISTANCIA	IRI
INICIAL	FINAL		
0+00.00	2+400.00	2400.00	2.16

ESCALA IRI mm/m

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

100 80 60 50 V. Km/h

AREOPUERTOS Y AUTOPISTAS

FIRMES NUEVOS

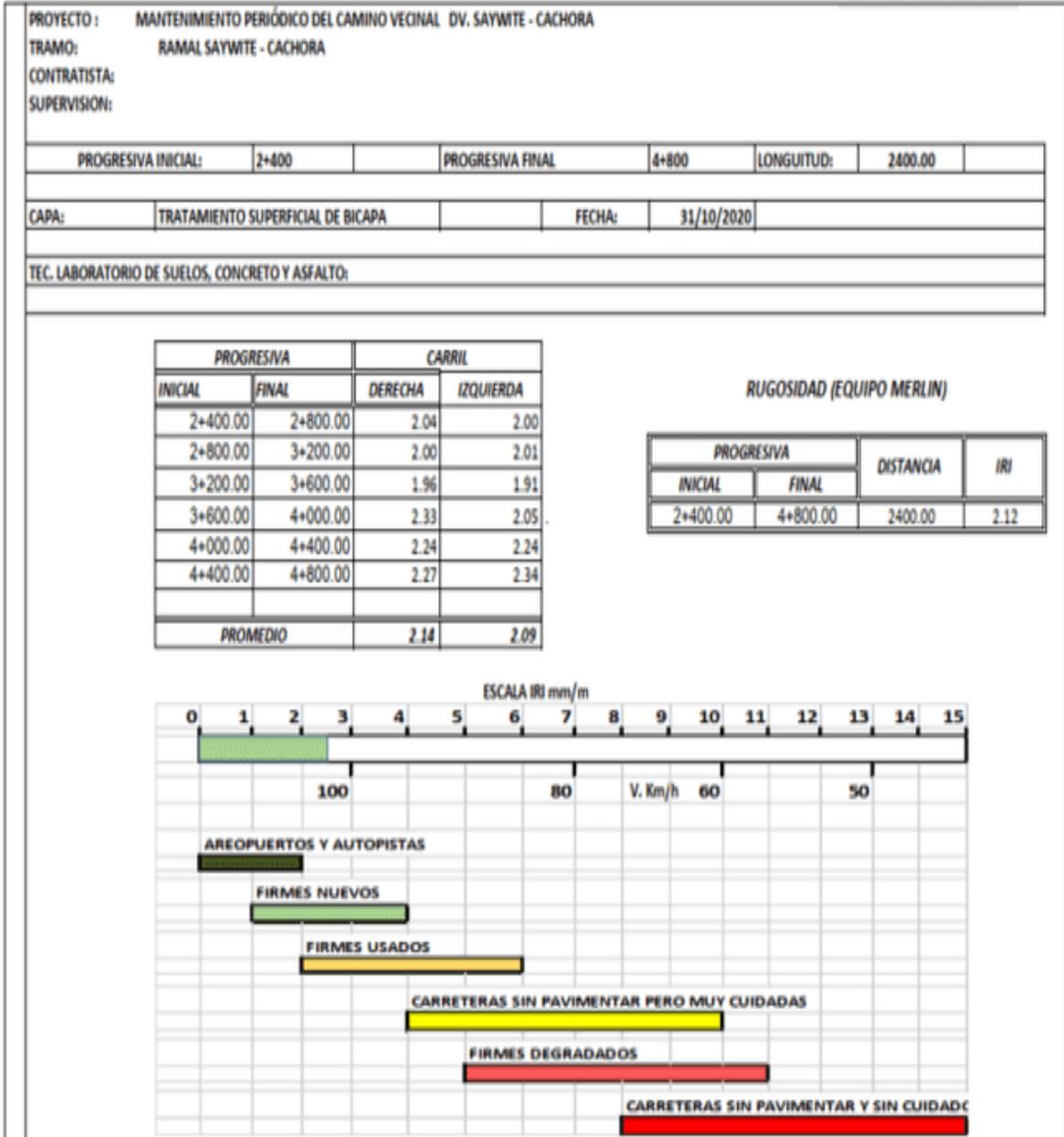
FIRMES USADOS

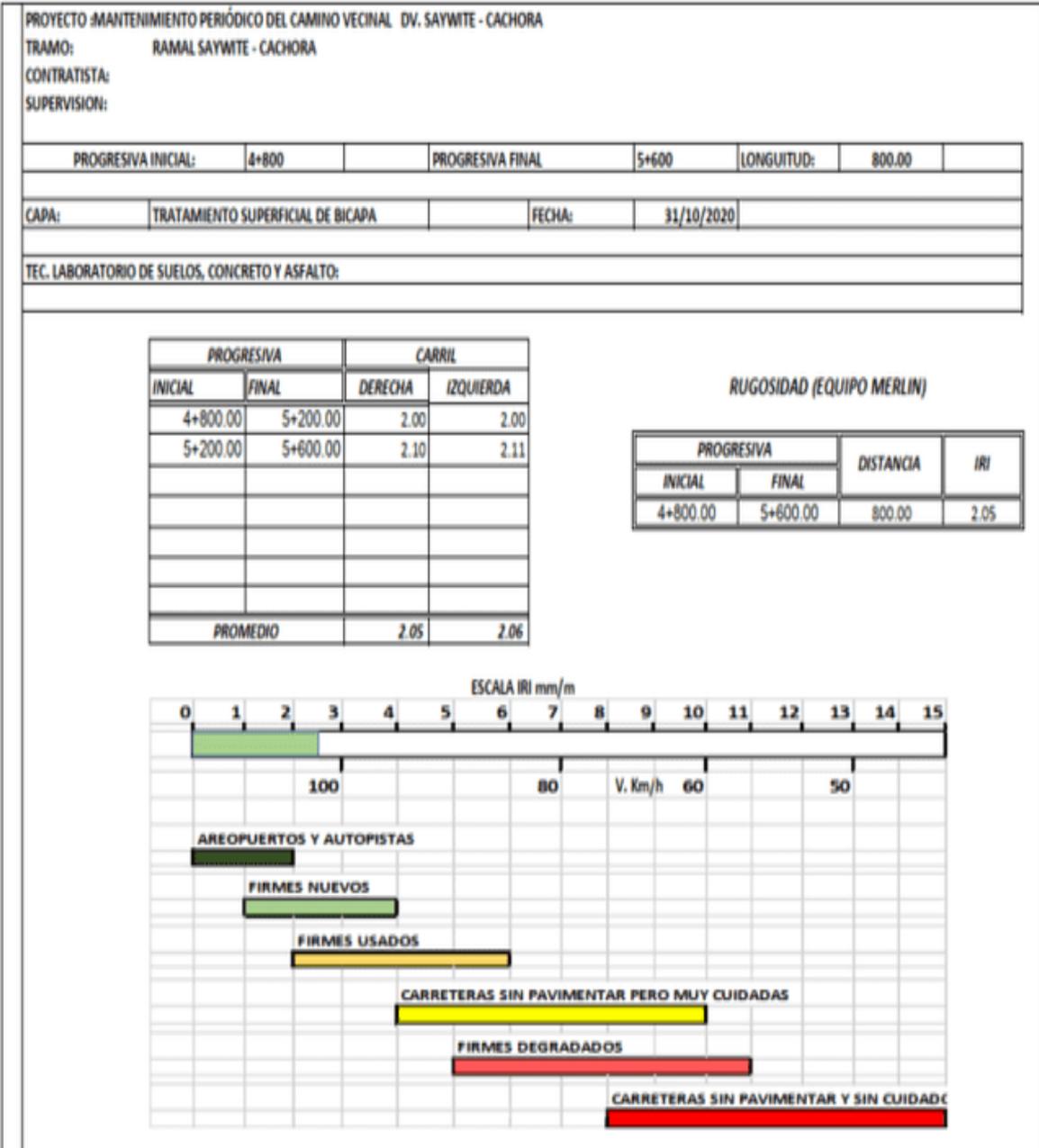
CARRETERAS SIN PAVIMENTAR PERO MUY CUIDADAS

FIRMES DEGRADADOS

CARRETERAS SIN PAVIMENTAR Y SIN CUIDAD

r





PROYECTO :MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL DV. SAYWITE - CACHORA
 TRAMO: RAMAL SAYWITE - CACHORA
 CONTRATISTA:
 SUPERVISION:

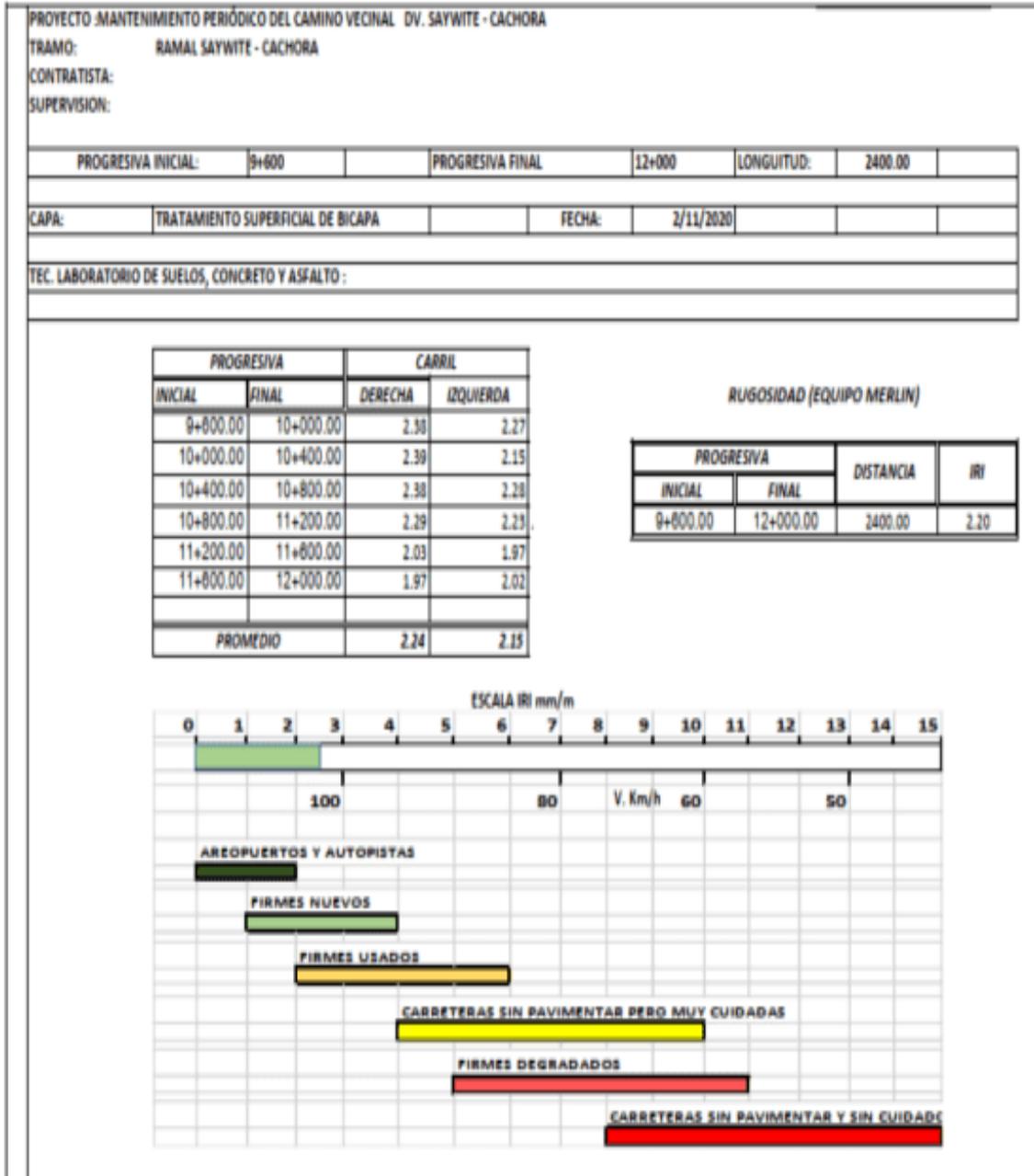
PROGRESIVA INICIAL:	7+200	PROGRESIVA FINAL	9+600	LONGITUD:	2400.00
CAPA:	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE BICAPA		FECHA:	29/10/2020	
TEC. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.					

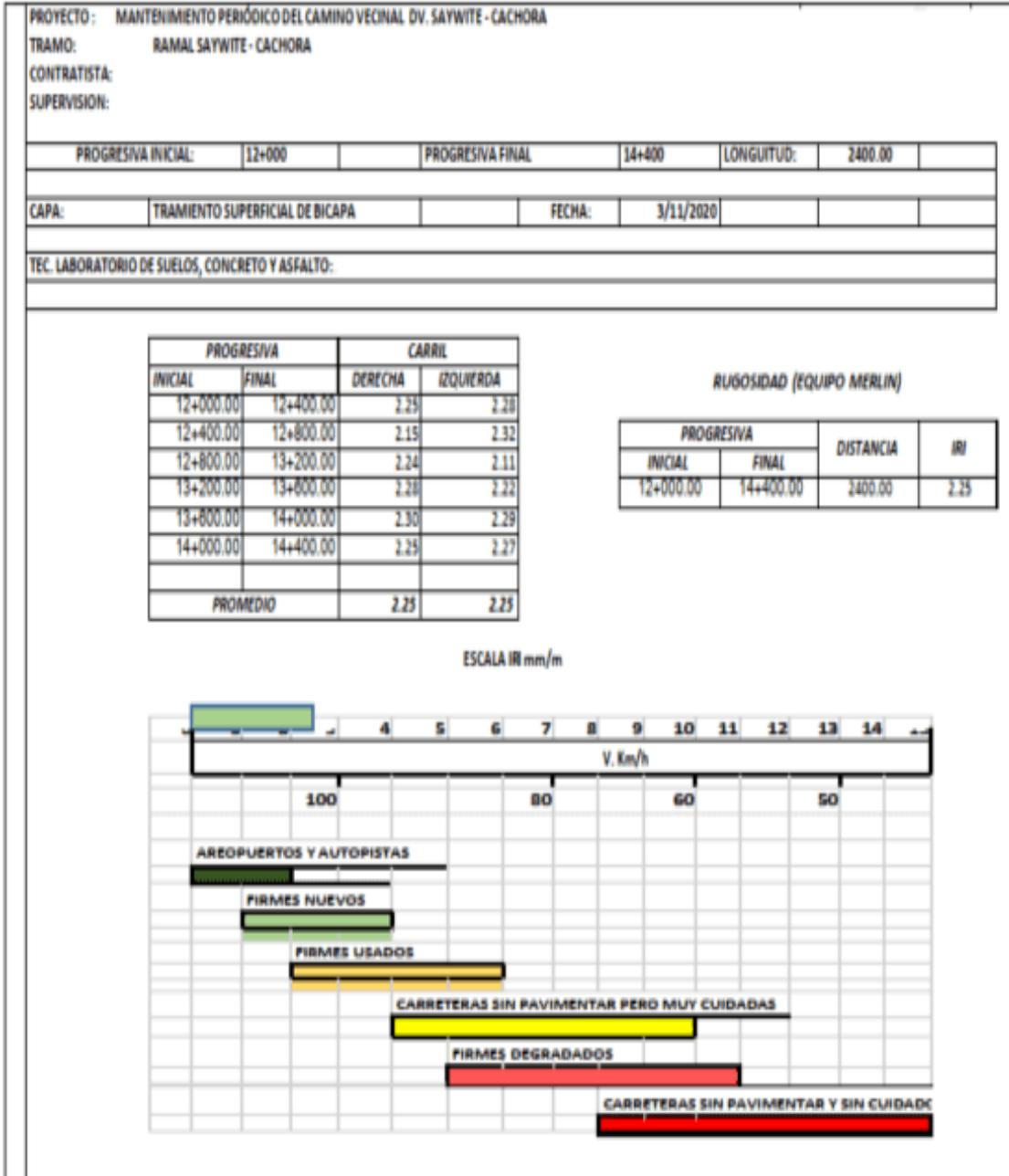
PROGRESIVA		CARRIL	
INICIAL	FINAL	DERECHA	IZQUIERDA
7+200.00	7+600.00	2.12	2.53
7+600.00	8+000.00	2.18	2.21
8+000.00	8+400.00	2.04	1.97
8+400.00	8+800.00	2.08	2.07
8+800.00	9+200.00	1.84	2.94
9+200.00	9+600.00	2.11	2.50
PROMEDIO		2.06	2.37

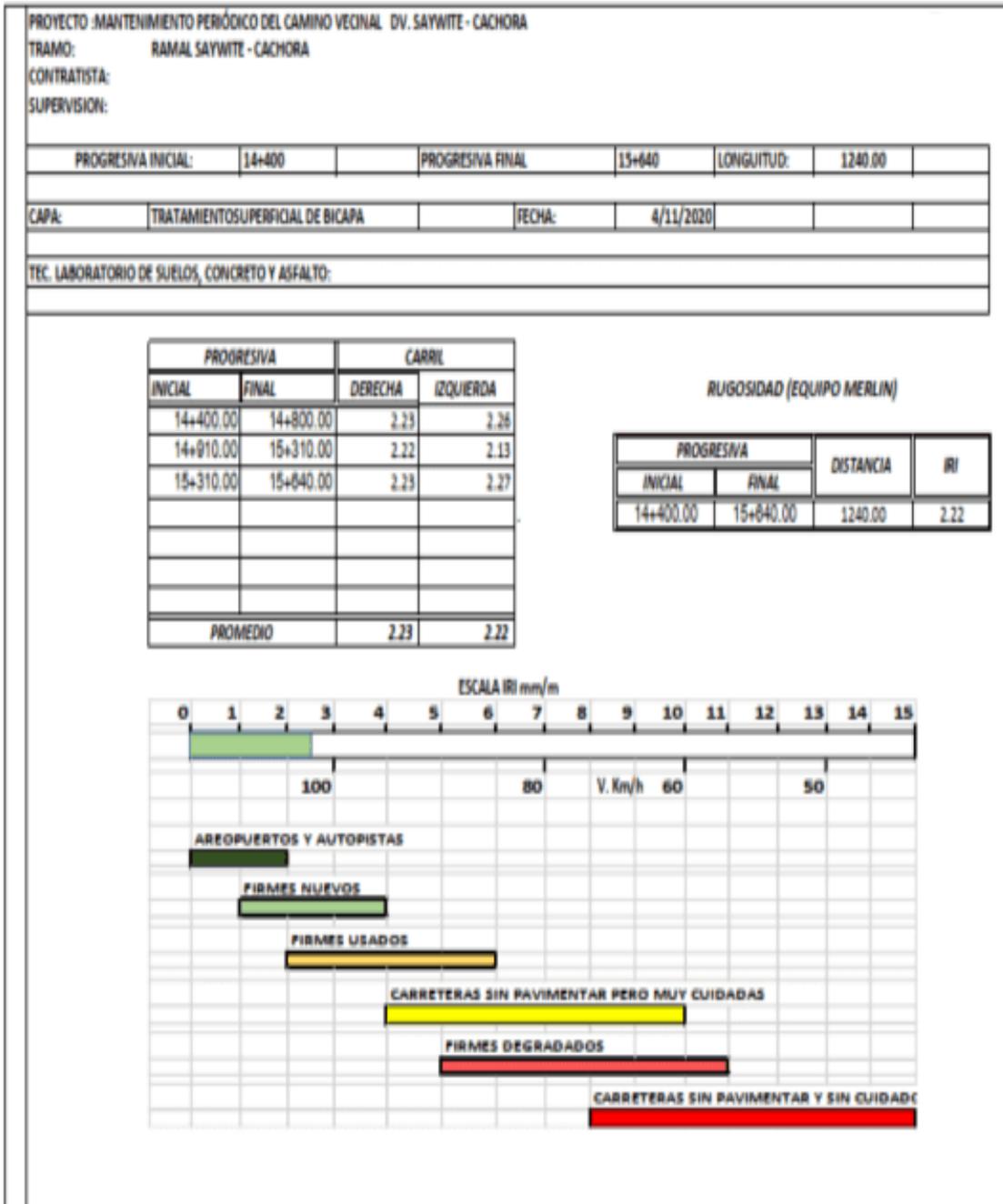
RUGOSIDAD (EQUIPO MERLIN)

PROGRESIVA		DISTANCIA	IRI
INICIAL	FINAL		
7+200.00	9+600.00	2400.00	2.22









ANEXO n.º3. Análisis de precios unitarios bicapa

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0201001 MANTENIMIENTO PERIÓDICO CAMINO VECINAL DV. SAYWITE-CACHORA						
Subpresupuesto	001 MANTENIMIENTO PERIÓDICO CAMINO VECINAL DV. SAYWITE-CACHORA						
Partida	01.01 LIMPIEZA DE LA VIA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,200.0000	EQ. 4,200.0000	Costo unitario directo por : m2		0.48	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL		hh	1.5000	0.0029	17.10	0.05
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0057	15.43	0.09
							0.14
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.14	
03011600020005	CEPILLADORA - BOBCAT		hm	1.0000	0.0019	110.00	0.21
03012600010002	COMPRESORA DE AIRE		hm	0.7500	0.0014	96.00	0.13
							0.34
Partida	02.01 TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 5,000.0000	EQ. 5,000.0000	Costo unitario directo por : m2		9.49	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subpartidas						
010304021201	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA - 1RA CAPA		m2		1.0000	4.26	4.26
010304021203	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA - 2DA CAPA		m2		1.0000	5.23	5.23
							9.49
Partida	(010304021201-0201001-01) TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA - 1RA CAPA						
Rendimiento	m2/DIA	MO.3.800.00	EQ.3,800.00	Costo unitario directo por : m2		4.26	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0042	17.10	0.07
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.0126	15.43	0.19
							0.27
	Materiales						
0222040001	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA		kg		0.0066	19.06	0.13
02010500010004	ASFALTO LIQUIDO RC-250		gal		0.4225	6.11	2.58
							2.71
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.26	0.01
0301390004	ESPARCIDORA DE AGREGADOS		hm	1.0000	0.0021	72.50	0.15
0301190005	RODILLO TANDEM ESTATI AUT 70-100HP 8-14T		hm	1.0000	0.0021	84.24	0.18
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl		hm	1.0000	0.0021	112.64	0.24
0301190004	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T		hm	1.0000	0.0021	123.60	0.26
							0.83
	Subpartidas						
010451010602	PIEDRA CHANCADA DE 3/8" A 3/4"		m3		0.0120	37.42	0.45
							0.45

Partida	(010304021203-0201001-01) TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA - 2DA CAPA				
Rendimiento	m2/DIA	MO.3,800.00	EQ.3,800.00	Costo unitario directo por : m2	5.23

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0021	17.10	0.04
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0126	15.43	0.19
0.23						
Materiales						
0222040001	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg		0.0044	19.06	0.08
02010500010004	ASFALTO LIQUIDO RC-250	gal		0.6075	6.11	3.71
3.80						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.23	0.01
0301190005	RODILLO TANDEM ESTATI AUT 70-100HP 8-14T	hm	1.0000	0.0021	84.24	0.18
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0021	112.64	0.24
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0021	123.60	0.26
0301390004	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	2.0000	0.0042	72.50	0.30
0.98						
Subpartidas						
010451010603	PIEDRA CHANCADA DE 3/8" A N°8	m3		0.0060	37.42	0.22
0.22						

Partida	(010305010107-0201001-01) TRANSPORTE INTERNO D=0.30KM				
Rendimiento	m3/DIA	MO.408.00	EQ.408.00	Costo unitario directo por : m3	2.42

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.1500	0.0029	17.10	0.05
0.05						
Equipos						
0301160005	CARGADOR SILLANTAS 125-155 HP 3 YD3	hm	0.1500	0.0029	186.69	0.54
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0196	93.22	1.83
2.37						

Partida	(010451010602-0201001-01) PIEDRA CHANCADA DE 3/8" A 3/4"				
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3	37.42

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subcontratos						
0403020001	SUMINISTRO DE PIEDRA CHANCADA DE 3/8" A 3/4"	m3		1.0000	35.00	35.00
35.00						
Subpartidas						
010305010107	TRANSPORTE INTERNO D=0.30KM	m3		1.0000	2.42	2.42
2.42						

Partida	(010451010603-0201001-01) PIEDRA CHANCADA DE 3/8" A N°8				
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3	37.42

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subcontratos						
0403020002	SUMINISTRO DE PIEDRA CHANCADA DE 3/8" A N° 8	m3		1.0000	35.00	35.00
35.00						
Subpartidas						
010305010107	TRANSPORTE INTERNO D=0.30KM	m3		1.0000	2.42	2.42
2.42						

ANEXO n.º4. Análisis de precios unitarios Slurry seal

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0201002	MANTENIMIENTO PERIÓDICO CAMINO VECINAL DV. SAYWITE-CACHORA				
Subpresupuesto	001	MANTENIMIENTO PERIÓDICO CAMINO VECINAL DV. SAYWITE-CACHORA				
Partida	01.01	LIMPIEZA DE LA VIA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,200.0000	EQ. 4,200.0000	Costo unitario directo por : m2		0.48
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.5000	0.0029	17.10	0.05
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0057	15.43	0.09
						0.14
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	
03011600020005	CEPILLADORA - BOBCAT	hm	1.0000	0.0019	110.00	0.21
03012600010002	COMPRESORA DE AIRE	hm	0.7500	0.0014	96.00	0.13
						0.34
Partida	01.02	RIEGO DE AGUA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,000.0000	EQ. 4,000.0000	Costo unitario directo por : m2		0.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0020	17.10	0.03
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0020	15.43	0.03
						0.06
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.0019	45.22	0.09
						0.09
	Equipos					
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0020	170.00	0.34
						0.34
Partida	02.01	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2		4.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0032	17.10	0.05
0101010005	PEON	hh	4.5000	0.0144	15.43	0.22
						0.27
	Materiales					
0201050007	EMULSION ASFALTICA DE ROTURA LENTA	gal		0.2642	8.67	2.29
02070200010003	ARENA GRUESA SELECCIONADA 3/8"	m3		0.0130	67.50	0.88
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0065	21.50	0.14
						3.31
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.27	0.01
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	1.0000	0.0032	72.60	0.23
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0032	93.22	0.30
0301220010	CAMION MICROPAVIMENTADOR	hm	1.0000	0.0032	135.00	0.43
						0.97