



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Rehabilitación de pavimentos flexibles mediante sistema
whitetopping con Losas de Geometría Optimizada en la Av. La
Unión-Manchay, 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA CIVIL

AUTORES

Albino Machuca Kevin Francisco (ORCID: 0000-0002-0316-9632)

Enciso Hidalgo Marcela Elizabeth (ORCID: 0000-0002-3217-0085)

ASESOR

Mg. Segura Terrones Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-9320-0540)

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA-PERÙ

2020

Dedicatoria

Este Proyecto de Investigación lo dedicamos a nuestras familias por apoyarnos incondicionalmente a lo largo de nuestra carrera universitaria para así lograr la meta de ser unos profesionales de éxito.

Agradecimiento

El agradecimiento infinito a Dios por darnos la fortaleza y la vida de seguir adelante y cumplir la meta propuesta, a nuestro segundo hogar la UCV por permitirnos realizarnos como profesionales y en especial al Ing. Olger Espinoza Villanueva por su apoyo incondicional de brindar su tiempo y conocimientos, también a las personas que con un granito de arena contribuyeron para la realización del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	13
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Variables y operacionalización	14
3.3 Población, muestra y muestreo	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5 Procedimientos	18
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	49
3.6 Métodos de Análisis de Datos	21
3.7 Aspectos éticos	22
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del nivel de confianza	16
Tabla 2 Rangos de Calificación del PCI	19
Tabla 3. ASSHTO-93 cálculo de costo unitario por m2	32
Tabla 4.TCP cálculo de costo unitario por m2.....	33
Tabla 5. Cronograma de ejecución para ASSHTO-93	34
Tabla 6. Cronograma de Ejecución para TCP.....	36
Tabla 7. Consumo de recursos	37
Tabla 8. Cuadro de resumen.....	38
Tabla 9. Matriz de operacionalización de variables.....	2
Tabla 10. Número de puntos de Investigación	4
Tabla11. Resultados de calicatas.....	4
Tabla 12 Valor del CBR.....	5
Tabla 13. CBR de diseño	6
Tabla 14. Niveles de tráfico	8
Tabla 15. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)	9
Tabla 16. Coeficiente de Transferencia de Carga (J).....	10
Tabla 17. Condiciones de drenaje (AASHTO 93).....	11
Tabla 18. Calidad de drenaje (AASHTO 93)	11
Tabla 19. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos insertados en el programa winpas12	25
Figura 2. Reporte del programa WinPas	25
Figura 3. Nombre del proyecto	26
Figura 4. Datos para Diseñar	27
Figura 5. Datos para Diseñar-Trafico	27
Figura 6. Datos para Diseñar-Propiedades del concreto.....	28
Figura 7. Datos para Diseñar – Propiedades del pav. flexible.....	28
Figura 8. Datos para Diseñar- Clima	29
Figura 9. Resultado de diseño TCP	29
Figura 10. Gráfico de porcentaje de agrietamiento.	30
Figura 11. Gráfico de porcentaje de escalonamiento.....	30
Figura 13. Gráfico de porcentaje Transferencia de carga.	31
Figura 12. Gráfico de Serviciabilidad del pavimento.	31
Figura 14. Cronograma de ejecución para ASSHTO-93	35
Figura 15. Cronograma de Ejecución para TCP.....	37
Figura 16. Representación gráfica de nivel óptimo de confiabilidad.....	9
Figura 17. Correlación CBR y módulo de reacción de la sub rasante	14
Figura 18. Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores.	15
Figura 19. Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre.....	16
Figura 20. Rangos de losas con teoría TCP.....	17
Figura 21. Ficha de Recolección de datos deflexión de pavimento.....	18
Figura 22. Ficha de Recolección de datos Índice de Condición de pavimento.....	20
Figura 23. Posición de las cargas y dimensión de las Losas TCP vs. ASSHTO	21
Figura 24. Ficha de evaluación de Índice de Condición del Pavimento (PCI)	21
Figura 25. Número de calicatas para exploración de suelos.....	22
Figura 26. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 Tn.	23
Figura 27. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23
Figura 28. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23
Figura 29. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23
Figura 30. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23

Figura 31. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23
Figura 32. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23
Figura 32. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23
Figura 34. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m ²	23
Figura 35. Sustento de metrados de TCP para costo por m ²	23
Figura 36. Sustento de metrados de TCP para costo por m ²	23
Figura 37. Sustento de metrados de TCP para costo por m ²	23
Figura 38. Sustento de metrados de TCP para costo por m ²	23
Figura 39. Sustento de metrados de TCP para costo por m ²	23
Figura 40. Sustento de metrados de TCP para costo por m ²	23
Figura 41. Sustento de metrados de TCP para costo por m ²	23
Figura 42. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 43. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 44. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 45. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 46. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 47. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 48. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 49. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 50. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP.	23
Figura 51. Pavimento rígido construido mediante whitetopping con losas de geometría optimizada.....	23
Figura 52. Pavimento rígido construido con TCP en Valdivia Chile	23
Figura 53. Pavimento rígido construido con losas de geometría optimizada	23
Figura 54. Pavimento rígido construido con losas de geometría optimizada en una vía tipo arterial.....	23
Figura 55. Avenida Víctor Malásquez de N-S y Avenida La Unión de E-O	23
Figura 56. Tránsito vehicular Av. Malásquez.....	23
Figura 57. Av. La Unión con presencia de tránsito vehicular en la progresiva 0+000 ...	23
Figura 58. Av. La Unión con presencia de tránsito vehicular en la progresiva 0+100 ...	23
Figura 59. Ensayo estructural del pavimento flexible existente	23
Figura 60. Armado de la viga Benkelman	23

Figura 61. Colocación de la viga Benkelman	23
Figura 62. Lectura de los diales	23
Figura 63. Anotación de lectura de los diales.....	23
Figura 64. Evaluación visual de la carpeta asfáltica existente mediante el Índice de condición del pavimento (PCI).....	23
Figura 65. Presencia de fisuras en la progresiva 1+000 de la calzada	23
Figura 66. Presencia de grietas longitudinales.....	23
Figura 67. Presencia de piel de cocodrilo	23
Figura 68. Inicio de levantamiento topográfico	23
Figura 69. Levantamiento topográfico progresiva 1+000	23
Figura 70. Levantamiento topográfico	23
Figura 71. Levantamiento topográfico 1.5 km de muestra de la Av. La Unión.	23
Figura 72. Pavimentadora de 7.20 m de ancho en Av. Víctor Malásquez Tramo I.....	23
Figura 73. Pavimentadora de 7.20 m de ancho en Av. Víctor Malásquez Tramo III.....	23
Figura 74. Ficha Técnica de elastomérico de poliuretano	23

RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño de pavimento rígido aplicando la teoría de TCP y ASSHTO-93, mediante whitetopping para rehabilitar el pavimento flexible en la avenida La Unión – Manchay, se tomó como muestra 1.5 km de la avenida.

La investigación fue de tipo transversal con un enfoque cuantitativo y no experimental, de tal manera que para la recolección de datos para los diseños se obtuvo del expediente de la avenida Víctor Malásquez que interseca con la avenida La Unión, complementando con los datos obtenidos de los ensayos de deflexión y PCI realizados en campo.

Se realizó los diseños de ASSHTO-93 y TCP mediante los softwares WinPas 12 y OptiPave 2.0, los cuales se obtuvo losas de menor área y menor espesor para el TCP en comparación con el ASSHTO-93, para el costo por m² se obtuvo una diferencia de 27 %, también para el tiempo de ejecución se obtuvo 25 % de diferencia y finalmente el consumo de recursos (concreto premezclado) se obtuvo 32 % de diferencia.

Estos resultados obtenidos nos indicaron que si se optimizo al diseñar el pavimento rígido mediante TCP cumpliendo con los parámetros de diseño establecidos.

Palabras clave: Whitetopping, diseño, costo, tiempo.

ABSTRACT

The project consists of the design of a rigid pavement applying the theory of TCP and ASSHTO-93, using whitetopping to rehabilitate the flexible pavement on La Unión - Manchay avenue 1.5 km of the avenue was taken as a sample.

The research was cross-sectional with a quantitative and non-experimental approach, in such a way that for the collection of data for the designs, it was obtained from the file of Víctor Malásquez Avenue that intersects with La Unión Avenue, complementing with the data obtained from the deflection and PCI tests carried out in the field.

The ASSHTO-93 and TCP designs were made using the WinPas 12 and OptiPave 2.0 software, which obtained slabs of smaller area and less thickness for the TCP compared to the ASSHTO-93, for the cost per m² a difference was obtained of 27%, also for the execution time a 25% difference was obtained and finally the consumption of resources (ready-mixed concrete) a 32% difference was obtained.

These results obtained indicated that it was optimized when designing the rigid pavement using TCP, complying with the established design parameters.

Keywords: Whitetopping, design, cost, time.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional se evidenció el crecimiento económico de cada país por lo tanto esto generó mejoras y calidad de vida para la población por tal motivo se empezó a urbanizar construyendo pistas con un sistema de construcción que se actualiza con el paso del tiempo y la tecnología, pero en otros casos viene de décadas atrás, dichas construcciones en su mayor parte se dieron con pavimento flexible.

Pereira & Pais (2017) dijeron: “Investigaciones recientes relacionadas con las características de los materiales y los modelos de comportamiento asociados tanto para materiales como para pavimento, hicieron apropiado considerar los métodos actuales de diseño de pavimento y especialmente en los EE. UU”. (p.316)

Como toda construcción con el pasar del tiempo, los efectos del clima y del pase vehicular se tiene que realizar mantenimientos ya que el pavimento empieza a tener fallas superficiales y/o estructurales las cuales se tienen que reparar.

Zumrawi (2015) indicó: “El proceso de deterioro del pavimento comienza directamente después de la apertura el camino al tráfico. Este proceso comienza lentamente para que pueda ser notable y con el tiempo se acelera a mayor velocidad” (p.1602).

En países de América Latina se evidencia la misma problemática que en los países de Europa a los cuales aplican la solución del pavimento Whitetopping, pero acompañado del diseño de Losas de Geometría Optimizada (TCP) este diseño permite de alguna manera disminuir los costos y dar efectividad a la construcción del nuevo pavimento ya que las dimensiones serán menores a las del método ASSHTO -93.

A nivel Nacional se evidencia este diseño de pavimento de Losa con Geometría Optimizada mediante el Whitetopping con el objetivo de disminuir el presupuesto de una obra ya que la problemática radica en el aspecto económico porque la mayoría de obras no se llegan a ejecutar por el alto costo que genera al Estado.

A nivel local en la Av. La Unión en el distrito de Pachacamac-Manchay al ser una zona accidentada se pueden apreciar fallas en los pavimentos flexibles de esta localidad mucho antes de alcanzar su tiempo de vida útil.

Justificación Teórica: Por la implementación de este sistema de losa con geometría optimizada para rehabilitar pavimentos mediante el whitetopping, en países como: Estados Unidos, Brasil, México o Argentina, se viene usando con anterioridad obteniendo resultados favorables; sin embargo, en el Perú se han registrado pocos proyectos con dicho método mencionado, por lo tanto, la presente investigación se podrá utilizar como inicio para investigaciones futuras.

De la Cruz (2016) indicó: “Los pavimentos asfálticos en República Dominicana, componen un porcentaje general de carreteras que se deben rehabilitar en un periodo de 5 años. Los pavimentos de asfalto en España, constituyen el 99% [...]En los Estados Unidos se ha utilizado desde el 1918”. (p.8).

De la Cruz et. al. (2016) explicó: “El Whitetopping se usó en sus inicios en las rehabilitaciones de aeropuertos, carreteras primarias y secundarias, calles y también para estacionamientos, desde hace aprox. 80 años, donde se utilizó como opción de mantenimiento, con el objetivo de mejorar su rendimiento”. (p.8).

Rivera (2019) explicó: “El estudio revela que, para el caso de un pavimento totalmente adherido, la máxima tensión de tracción permanece en la parte inferior de la capa asfáltica original y que el refuerzo se mantiene comprimido”. (p.49).

Esteban (2018) indicó: “La finalidad del estudio se basa en permitirnos la rehabilitación del pavimento en cuanto a su diseño geométrico, reduciendo a los beneficiarios, la molestia durante la ejecución de las obras y durante el periodo de servicio”. (p.41).

Sobre la realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación indico ¿De qué manera el sistema whitetopping con Losas de Geometría Optimizada influye en la rehabilitación de pavimentos flexibles en la Av. La Unión-Manchay,2020? Los problemas específicos de la investigación se establecieron de la siguiente manera:

- PE1: ¿De qué manera el sistema whitetopping influye en el diseño de pavimento TCP y ASSHTO-93?

- PE2: ¿De qué manera el sistema whitetopping influye en la evaluación económica entre TCP y ASSHTO-93?
- PE3: ¿De qué manera el sistema whitetopping influye en el tiempo de ejecución de TCP y ASSHTO-93?

El objetivo general fue determinar de qué manera el sistema whitetopping con Losas de Geometría Optimizada influye en la rehabilitación de pavimentos flexibles en la Av. La Unión - Manchay, 2020. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- OE1: Analizar de qué manera, el sistema whitetopping influye en el diseño de pavimento TCP y ASSHTO-93.
- OE2: Establecer de qué manera el sistema whitetopping influye en la evaluación económica entre TCP y ASSHTO-93.
- OE3: Establecer de qué manera el sistema whitetopping influye en el tiempo de ejecución de TCP y ASSHTO-93.

II. MARCO TEÓRICO

Así mismo las siguientes referencias hacen mención a nivel Nacional:

Pari (2019), su objetivo conllevó aplicar la metodología optimizada del diseño de una losa de concreto en el centro poblado de Jayllihuaya-Puno, se realizó con una metodología de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo por la predominancia de valores numéricos que sirvieron para realizar el desarrollo de la presente investigación. Donde la población y muestra fueron las vías locales de Jayllihuaya-Puno, concluyendo que el espesor de la estructura del diseño del pavimento rígido por la metodología losa con geometría optimizada está compuesto por 12 centímetros de una losa de concreto y 20 centímetros de subbase de material granular y es menor al diseñado por el método AASHTO-93 conformada por 15 centímetros de losa de concreto y 20 centímetros de subbase de material granular.

Resultado de la combinación del conjunto de parámetros de diseño, tráfico, suelo y factores climáticos también el costo directo del pavimento rígido diseñado por la metodología de losa con geometría optimizada es menor en 13.04% aproximadamente en comparación por el método de AASHTO-93, que es resultado de la combinación óptima de recursos, cantidades y rendimientos.

Almeida y Santur (2019), cuyo principal objetivo fue aplicar en Samán – Sullana – Piura 2018 dicha evaluación de pavimento flexible en el C.P Mallares – C.P la técnica de Whitetopping con una metodología de diseño pre experimental puesto que no existe una manipulación total de variables, de tipo aplicada explicativa, con un enfoque cuantitativo, donde se limitó la población de estudio desde C.P Mallares hasta C.P Samán, la muestra de estudio fue el tramo que se encuentra ubicado entre las progresivas 0+000 km – 1+000 km en Piura de la provincia de Sullana del centro poblado de Mallares hasta centro poblado de Samán Finalmente, la presencia de diferentes estratos encontrados en las calicatas como andesita y arenisca dificultaron el sobrepuesto de la técnica whitetopping, pero finalmente se realizó con resultados favorables para su desempeño.

Esteban (2018), cuyo objetivo determinó como influyó en el distrito de Omate en la calle Moquegua la sobreposición de capas de concreto hidráulico Whitetopping para rehabilitar los pavimentos de asfalto, se realizó con una metodología de tipo aplicada y con un

enfoque cuantitativo por la predominancia de valores numéricos que sirvieron para el desarrollo de la investigación. Donde la población y muestra fueron las fallas comprendidas sobre la carpeta asfáltica en el distrito de Omate a lo largo de la calle Moquegua.

Concluyendo que se logró determinar que el pavimento existente se encontró en aptas condiciones para la aplicación de capas de concreto también que dicha aplicación tiene un costo inicial elevado por las cantidades de concreto que se utiliza, pero que trae consigo consecuencias positivas con el paso del tiempo ya que su mantenimiento es de tiempo prolongado en comparación con el asfalto convencional que presenta mantenimiento en cortos periodos de tiempo.

Mendoza (2015), cuyo objetivo fue determinar en las losas cortas las tensiones (TCP) y pavimentos con el AASHTO 93, determinar las dimensiones y espesor adecuado de las losas cortas TCP respecto a las tensiones generados al tipo de vehículo que transita por los ejes de acuerdo; así mismo en el pavimento, las dimensiones de las losas cuanto más largas y anchas son generaran que los esfuerzos se transmitan todo en una sola losa por los ejes equivalentes; esto intuye a decir que la losa cuanto más larga sea percibe mayor tensión y por eso requiere un mayor espesor para poder resistir las tensiones.

Se concluye que el rendimiento alto de superposición y la exitosa economía frente a los pavimentos construidos con una manera convencional en consecuencia la reducción de espesores sin reducir su vida útil, hacen del Diseño TCP una excelente elección de aplicación; consiguientemente, al disminuir los espesores de 3 centímetros con respecto al diseño del AASHTO, la disminución del espesor no fue tan considerable, debido a que el software no es empleado exclusivamente en pavimentos; sin embargo, software como el ISLAB 2000, EverFE 2.24 se utilizan exclusivamente en determinar las tensiones que se generan en las losas, logrando disminuir los espesores hasta de 10 centímetros con la misma resistencia que un pavimento planteado con el diseño AASHTO.

Consiguientemente las siguientes investigaciones hacen mención a nivel internacional:

Zárate (2019), cuyo objetivo fue determinar las causas que incitan el deterioro prematuro en el pavimento de la vía Biblián – Zhud, y desarrollar alternativas de solución para la intervención en el pavimento rígido. Presenta como muestra los 36 km de pavimento rígido de la vía Zhud – Biblián, conectando tres cantones (Biblián, Zhud y Cañar), este proyecto representa un medio de comunicación importante, así como también para la actividad agrícola más significativa en Cañar. Se concluye determinando la proyección a 10 y 20 años; siendo estos datos muy significativos para el pavimento rígido en cuanto a análisis y diseño, así como, la propuesta de un plan de manejo para hacer frente al deterioro prematuro del pavimento, para las estaciones Tambo y Biblián.

Se identificaron fallas comunes en el pavimento mediante inspección visual, encontrando también tramos donde se evidencia el uso del whitetopping como una sobre carpeta de concreto sobre pavimento asfáltico.

Andrade y Franco (2019), cuyo objetivo general fue analizar el empleo de distintas estructuras de pavimentos compuestos en Ecuador en vías de tráfico pesado mediante la aplicación de criterios técnicos de diseño, así como económicos, para a partir de comparaciones de dichas soluciones valorar el papel práctico. No presenta población ni muestra, se realizó el diseño de dos tipos de pavimentos compuestos, carpeta asfáltica sobre base de concreto y whitetopping sobre carpeta asfáltica.

Finalmente, al emplear los pavimentos whitetopping se obtiene una importante reducción en los espesores de losa en comparación con los pavimentos rígidos, siendo esta disminución más significativa en los mayores niveles de ESAL, reduciéndose de 8 a 14 cm de espesor de losa; de igual manera, el análisis económico luego de comparar las alternativas de losas convencionales y las de whitetopping, fueron que el uso de whitetopping logra un ahorro muy importante entre \$3,000 a \$9,500 para tráfico pesado; los análisis fueron para una carretera de 2 carriles de 3,65m de ancho.

Flores, Morales & Pacheco (2019), el objetivo fue realizar un estudio comparativo de una vía terciaria del tramo K0+000 al K7+200 en Cundinamarca el municipio de agua de Dios que conecta la vereda La Carrera y Leticia de con el fin de evidenciar la implementación de la innovadora tecnología del pavimento con losas de geometría optimizada cumple

con los parámetros de diseño y rentabilidad a comparación con el convencional. El tipo de investigación es de carácter cuantitativa se utilizaron aforos vehiculares como instrumento de recolección de información. En conclusión, la tecnología del pavimento con losas de geometría optimizada, económicamente muestra un ahorro a comparación del pavimento tradicional y cumple con los requerimientos mínimos; de acuerdo a la reducción en el espesor de 13,2cm el paralelismo de pavimentos con losas cortas diseñadas por el método AASHTO convencional, disminuyendo el costo de construcción aproximadamente en 20 por ciento del costo inicial con una vida útil de diseño similar a las losas convencionales.

Cogollo y Silva (2018), cuyo objetivo fue diseñar mediante el software EverFe 2.24, las losas cortas tomando en cuenta la variabilidad de los espesores para poder ejecutar comparaciones con el tercer caso de la tesis del ingeniero Iván Pérez en el momento de confrontar las losas convencionales, el diseño del pavimento aplicando el método de losas cortas, se minimizara el espesor requerido mediante la optimización de las dimensiones de las losas, consiguientemente esto reduce la tensión máxima a causa del tráfico, dado que solo un set de ruedas está recibiendo la carga de cada losa.

Se busca implementar la utilización del software EverFE 2.24, puesto que con este software se pueden aparentar distintas condiciones con el objetivo de establecer un diseño que garantice aumentar la vida útil del pavimento, logrando disminuir los costos hasta el 20 por ciento en comparación con el diseño convencional AASHTO. Se concluye que se disminuye el espesor entre 8 y 22 centímetros en confrontación con pavimentos de losas cortas diseñada por el método convencional, disminuyendo el costo de construcción en el 20 por ciento del costo inicial, la vida útil de diseño similar a las losas convencionales.

Pereira y Pais (2017), cuyos objetivos son analizar los principales métodos de diseño de pavimento flexible, los principales métodos de diseño de mezclas de asfalto, los principales desafíos para el desarrollo de un método de diseño de pavimento y presentar los desarrollos recientes relacionados con el diseño de pavimentos en uso en Europa. Concluyendo que, en las últimas cinco décadas, una inversión significativa y el progreso

en campo de la investigación del diseño de pavimentos fue alcanzado, contribuyendo a una sólida red de carreteras en Europa; sin embargo, todavía hay un amplio espacio para la mejora del conocimiento presente y particularmente para responder al futuro desafíos derivados de las características de evolución del transporte, incluidos vehículos, usuarios, sociedad y medio ambiente.

De la Cruz (2016), en su objetivo general determino las propiedades resistentes de técnicas diferentes de adherencia entre mezcla bituminosa y hormigón para lograr una mayor adherencia en la interfaz, y así poder garantizar una mayor vida útil en los pavimentos whitetopping. Finalmente, mediante los ensayos, se pudo obtener con éxito las propiedades resistentes de las diferentes técnicas de adherencia entre la mezcla bituminosa y el hormigón de refuerzo.

Galo y Pérez (2016), cuyo objetivo general fue diseñar la estructura del Pavimento rígido considerando el tipo de suelo, implementando el método de losa corta para determinar el espesor óptimo. Teniendo como población y muestra los tramos Jocote Dulce, Memorial Sandino y Hialeah Etapas II y III ubicados en el Distrito 1 de Managua. En conclusión, se utilizaron espesores de losa y base de 15 cm cada uno. Para la base se utilizó material de banco, los espesores antes mencionados de las losas fueron optimizadas mediante el análisis del software NYSLAB, dicha evaluación se dio con las mismas condiciones a las losas cortas y convencionales.

Zumrawi (2015), el objetivo de este estudio es establecer pautas que describan el método sistemático para la inspección y evaluación de fallas en el pavimento y descubrir las posibles causas de estas fallas. Teniendo como población y muestra la carretera Obeid Khatim. En conclusión, el método de investigación de fallas en el pavimento puede servir como una guía útil para la inspección y evaluación de fallas en el pavimento, el método combinado con la experiencia del ingeniero de carreteras y la investigación adecuada de materiales, ayudará a garantizar que la causa de una falla en el pavimento pueda determinarse de manera confiable, se descubrió que el método era bueno como guía general; sin embargo, la experiencia del ingeniero también es un factor importante para

diagnosticar correctamente la causa de fallas en el pavimento y determinar la mejor opción de mantenimiento.

Ordoñez (2015), cuyo objetivo fue realizar el diseño de Losas Cortas de concreto en Colombia para vías tercias, con una metodología de diseño experimental, de enfoque cuantitativo que pretende reportar los criterios primordiales para el diseño de losas cortas iniciando de una teoría de cargas distribuidas por losa, en el cual se busca que cada losa no sea cargada por un eje completo sino máximo por un par de ruedas, como en las losas convencionales se evidencia; este criterio logra disminuir las dimensiones a nivel transversal y longitudinal, también en los espesores. En conclusión, al realizar la evaluación se concluye que la construcción de las losas de dimensiones optimizadas o losas cortas, influye económicamente en el diseño de los pavimentos, principalmente al reducir el espesor de las losas de concreto y con ello, un menor número de capas de soporte en la construcción.

Al confrontar el diseño de las losas de concreto por el diseño AASHTO y las losas optimizadas, se puede lograr una disminución de espesores de 4 a 10 centímetros disminuyendo el costo inicial en un 20 por ciento aproximadamente.

Whitetopping: Es una técnica que se basa en la colocación de un pavimento rígido sobre la carpeta asfáltica de un pavimento flexible existente, que permite el aumento de la vida útil de la vía, reduciendo el costo por mantenimiento y plantea la posibilidad de una mejora en las condiciones geométricas del pavimento.

Pavimento Rígido: Son estructuras viales que poseen una carpeta de rodamiento de concreto hidráulico reforzado con acero. Son mucho más durables y resistentes que los pavimentos flexibles, aunque su costo también es mayor.

Ejes Equivalentes: Los ejes equivalentes también denominados ESAL "Equivalent Simple Axial Load", es la cantidad de repeticiones del eje para un periodo determinado de una carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN).

Tratamiento de Fisuras: Para el sellado de superficies, se utilizaron sistemas compuestos por material bituminoso. Estos tratamientos son los más adecuados para superficies que no presentan un desgaste significativo.

Pavimento Flexible: Es un pavimento elaborado por una capa de asfalto colocada sobre sus respectivas capas de base y sub-base.

Tecnología TCP: La tecnología TCP propone sustituir las losas de pavimentación diseñadas tradicionalmente con el sistema AASHTO-93, por un sistema de losas con geometría optimizada que, para evitar los problemas de agrietamiento, permite la distribución más eficiente de la carga, y a su vez reducir el espesor de este entre 4 y 10 cm.

AASHTO-93: A partir de la anterior versión del año 1986 y su versión renovada en 1993. Este método toma en cuenta la serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida confortable de su capacidad y de esta manera brindar una superficie lisa y suave al usuario.

Pavimento Adherido: La carpeta puede ser adherida en los casos que el pavimento presente fallas superficiales.

Software Win Pas 12: Es un programa de ordenador con menús para analizar y diseñar sistemas de pavimento mediante el AASHTO 1993. Es guía para el diseño de estructuras de pavimentos, se ha actualizado para que sea compatible con los sistemas operativos actuales.

Software OptiPave 2.0: Es un software de diseño de pavimentos desarrollado por TCPavements, la cual permite diseñar pavimento de concreto con losas de geometría optimizada. Funciona en base a gran número de cálculos de pavimentos con elementos finitos.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo transeccional o transversal.

La investigación es de tipo transversal, porque para la ejecución de este proyecto se recolectó información del expediente técnico de la avenida Víctor Malásquez la cual fue ejecutada en el presente año.

La investigación muestra un enfoque tipo cuantitativa.

El proyecto presenta un enfoque tipo cuantitativa ya que recolectando datos probaremos las hipótesis propuestas con una medición numérica así mismo analizamos estos datos de manera estadística que nos conllevará a los resultados.

La investigación muestra un diseño no experimental

Porque se analizó la causa-efecto de nuestra investigación es decir sabremos el efecto que causa la variable independiente (Sistema whitetopping de Losa con Geometría Optimizada) sobre la dependiente (Rehabilitación de pavimentos flexibles), consiguientemente no se manipularon las variables ya que utilizamos investigaciones ya realizadas.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente: Sistema whitetopping con Losas de Geometría Optimizada.

Osuna (2008), citado por Esteban et al. (2018) indicó: Esta técnica (whitetopping) es simple ya que usa la misma metodología de pavimentos de concreto rígido, el cual consiste en aplicar placas de concreto tomando como base la estructura del pavimento asfáltico, para que sea viable el pavimento existente deberá presentar solo fallas superficiales, esta técnica garantiza una vida útil más prolongada del pavimento reduciendo inclusive problemas de contaminación. (p. 27)

Pari *et al.* (2019) sustentó: Este sistema de diseño consiste en dimensionar las losas para que solo una rueda o set de ruedas se apoyen en una losa, a su vez, calcular el daño por fatiga que se produce en los puntos críticos de la losa, consecuentemente,

determinar el espesor correspondiente tomando en cuenta las condiciones de suelo, alabeo, tráfico, y otras condiciones relevantes. (p. 24)

Variable Dependiente: Rehabilitación de Pavimentos flexibles.

Gutiérrez (2015) detalló: Este tipo de rehabilitación permite el arreglo de vías que presentan daños superficiales en la carpeta asfáltica que de manera rápida extenderá su vida útil, aminorando los costos por mantenimiento, corrigiendo las deformaciones en los perfiles longitudinales y transversales, aumentando con esto el nivel de servicio, que se interpreta como una mayor comodidad de los usuarios y la reducción de los costos de operación. (p. 2).

Ver anexo 1.

Hernández *et al.* (2014) indicó: “Una variable es una propiedad que puede oscilar y cuya variación se puede percibir medirse u observarse”. (p.105)

Hernández *et al.* (2014) “La variable independiente que se considera como supuesta causa en una relación entre variables es la condición antecedente y al efecto provocado por dicha causa denominada variable dependiente (consecuente)”. (p.130)

3.3 Población, muestra y muestreo

A. Población

De tal modo la población del proyecto es la avenida La Unión, referencia Arco Retamal.

B. Muestra

La muestra será representativa ya que se estimaron los parámetros y así mismo no probabilística ya que a nuestro criterio como investigadores estamos delimitando la distancia de la muestra en este caso la avenida La Unión 1.5 km. referencia Arco Retamal progresiva 0+000 Km – 1+500 Km del distrito de Pachacamac-Manchay por lo tanto escogimos este tramo por delimitar con la avenida Malásquez ya que es un obra ejecutada y cuenta con un expediente técnico , consiguientemente presenta fallas en el pavimento flexible existente.

Tamaño de Muestra (n)

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2} S^2}{\epsilon^2}$$

$Z_{\alpha/2}$ = Nivel de confianza al 90%

S = Desviación Estándar (0.35)

E = Margen de error (5%)

Tabla 1. Valores del nivel de confianza

Nivel de confianza	Z alfa
99.7%	3
99%	2.58
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28
50%	0.674

$$n = \left(\frac{1.645 \times 0.35}{0.05} \right)^2$$

$$n = 132.59$$

$$n = 133$$

C. Muestreo

El proyecto presenta muestreo no probabilístico intencional, ya que depende de nosotros los investigadores elegir los elementos de la muestra.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para dar inicio con la recolección de datos de este proyecto se utilizaron las técnicas de medición y observación con sus instrumentos respectivos para poder llegar a los objetivos establecidos y hacer verídicas las hipótesis propuestas.

Para aplicar la técnica de la observación se utilizó quince (15) fichas de verificación de ensayos, evaluación del Índice de condición del Pavimento (PCI) en la calzada E-O de la avenida La Unión, los cuales sirvieron para saber la cantidad, severidad y tipo de fallas que presenta el pavimento flexible existente, esta recolección de datos se realizó cada $230 \text{ m}^2 \pm 93 \text{ m}^2$ según lo indicado en el Manual del PCI.

También para aplicar la técnica de la medición, se utilizó (4) fichas de evaluación estructural de pavimento registro de campo iniciamos en el carril derecho finalizando en el eje del carril izquierdo del mismo modo para el carril izquierdo finalizando en el eje del carril derecho anotando las medidas que indicaba el Dial de la viga Benkelman cada 25 metros.

Instrumentos físicos: wincha, yeso, camión y viga Benkelman, conos para delimitar la zona.

Instrumentos de cómputo: Utilizamos el programa Microsoft Excel, hojas de cálculo para el desarrollo de los resultados de evaluación realizados.

Cabe resaltar que estas fichas de evaluación fueron validadas por el juicio de expertos en este caso fueron validadas por tres ingenieros civiles debidamente calificados.

Adicionalmente la información para diseñar la losa de hormigón sobre pavimento flexible se obtuvo del expediente técnico de la obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Víctor Malásquez entre los tramos av. Paul Poblet Lind hasta la av. La Molina-Distrito de Pachacamac - Provincia de Lima - Región Lima”

Validez

Se evaluó la validez de los instrumentos que se utilizaron en la investigación a través del juicio de tres expertos en este caso será validado por tres ingenieros civiles.

Confiabilidad

Para medir la confiabilidad de los instrumentos se trabajó con el programa Alfa de Cronbach puesto que las medidas que obtenemos en campo fueron investigadas en una escala Ordinal con Medidas Politémicas.

Ver anexo 2.

3.5 Procedimientos

Para poder iniciar con el desarrollo del proyecto iniciamos con la recolección de datos en campo con los instrumentos aplicando las técnicas de medición y observación.

En primer lugar, se realizó la evaluación del pavimento flexible existente con la técnica de la observación y el uso de la Ficha de evaluación del Índice de condición del Pavimento (PCI) para esto se observaron las fallas que presentó el pavimento flexible el tipo, cantidad y severidad de cada una iniciando en la progresiva 0+000, esta ficha se llenó cada 324 m² anotando las características antes mencionadas. Hubo tramos de la calzada que no presentaron ningún tipo de falla por lo tanto no se generó fichas de evaluación en consecuencia se recolecto los datos en quince fichas.

Esta información se procesó en gabinete mediante el programa Microsoft Excel, hojas de cálculo y así se clasifico el estado del pavimento acorde a los rangos de calificación; “bueno” (70-55), “regular” (55-40) y “malo” (40-25) para categorizar los daños superficiales. En este caso dio como resultado que las fallas observadas en la carpeta asfáltica tuvieron una clasificación “regular” (40-55) es decir que las fallas presentadas tuvieron que recibir un tratamiento antes de realizar el diseño de sobrecarpeta (sistema whitetopping) con TCP y ASSHTO-93. Ver Anexo 4.

Tabla 2 Rangos de Calificación del PCI

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

Leyenda: Rangos de calificación del PCI, según los resultados obtenidos la clasificación es “regular”

Fuente: Pavement Condition Index

En segundo lugar se realizó la evaluación del pavimento flexible existente con la técnica de la medición utilizando la ficha de Evaluación estructural, se inició marcando con yeso la calzada cada 25 m en los dos carriles, el vehículo que transfiere una carga de 8.2 toneladas y la viga Benkelman se ubicaron en la progresiva 0+000 del tramo de muestra de la vía en el carril derecho, el vehículo empezó avanzar y se anotaron las lecturas de los diales así sucesivamente se avanzó hasta llegar a la progresiva 1+500 para el retorno en el eje del carril izquierdo , del mismo modo se realizó para iniciar la evaluación en el carril izquierdo de la calzada retornando por el eje del carril derecho, para dichas lecturas se tuvo como como parámetro establecido la deflexión admisible máxima de 75, es decir como lectura del dial 1 tiene que ser máximo 18.

Esta información se procesó en gabinete mediante el programa Microsoft Excel, hojas de cálculo y nos dieron como resultados que; las lecturas del dial 1 se encuentran por debajo del Valor Máximo Admisibles de 75 que se representa de manera gráfica en el deflectograma, así mismo el rango de valor mínimo de la lectura fue 40, el promedio 53 y el máximo 72 del 1.5km de vía evaluado.

Esto indico que las capas inferiores (sub rasante y base) del pavimento flexible existente trabajaron de manera óptima estructuralmente es decir los daños observados son superficiales. Ver Anexo 4.

Por otro lado, teniendo en cuenta las fallas encontradas en la calzada del pavimento flexible se procedió a realizar el tratamiento respectivo para que este apto para el whitetopping, el procedimiento para este sellado de fallas es el siguiente:

Delimitar las zonas que se efectuara el tratamiento de las grietas y/o fisuras.

Los materiales que se utilizaron son:

- Material Bituminoso: Se utilizará la emulsión de asfalto con polímeros modificado de rotura lenta cuya fluidez garantizará su conveniente penetración en las fisuras. Este material se utilizará para el caso de fisuras y grietas.
- Arena: Se usará la porción de agregado pétreo seco que cumpla con la granulometría y pase por el tamiz N°04 y 3/8", se podrá utilizar arena natural o triturada, los granos deberán ser limpios, densos y libres de la presencia de arcilla o algún otro material que impida la correcta adhesión entre estos y el material bituminoso.

Equipos y herramientas sugeridas

- Compresor móvil para la limpieza con aire a presión
- Esparcidos de arena
- Lampas, carretillas
- Cepillos, espátulas
- Escobillas metálicas

Preparación de la superficie

Inicialmente se procedió con la limpieza del área de trabajo. Esta limpieza se realizó a detalle en todo lo largo de las fisuras que serán selladas, para ello se utilizaron aire a presión y cepillos especiales.

Aplicación del material bituminoso

Una vez terminada la limpieza de la superficie se procedió a rellenar las fisuras con la emulsión de asfalto con polímeros modificada de rotura lenta seleccionada, cuya fluidez

en la aplicación garantizará la penetración adecuada, utilizando para esto, medios mecánicos o un recipiente fácilmente maniobrable que posea una boca de egreso del tamaño y forma que permita la fluidez de la emulsión sobre la fisura de forma homogénea y en línea fina.

Realizado el relleno de las fisuras, se esparció una capa delgada de arena fina sobre el área de la fisura ya sellada, con el objetivo de cubrir el material de sellado en la superficie, formando de esta manera, una cáscara o costra que no permita la de los vehículos que transiten sobre esta.

Adicionalmente la información para los diseños de losa de hormigón sobre pavimento flexible con ASSHTO-93 y TCP, se obtuvo del expediente técnico de la obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Víctor Malásquez entre los tramos av. Paul Poblet Lind hasta la av. La Molina-Distrito de Pachacamac-Provincia de Lima-Región Lima” del cual se obtuvo:

Este proyecto se ubica en la zona 4, correspondiente a una sismicidad alta con intensidad mayor de VII en la escala modificada de Mercalli, la topografía del terreno es plana teniendo pendientes suaves al inicio y al final. El tipo de suelo de fundación predominante es de naturaleza arenosa, limosa, ligeramente plástico, con un contenido de humedad ligera y de capacidad media, durante la realización de las calicatas de exploración hasta llegar a una profundidad de 1.50 m no se llegó a encontrar napa freática ni filtraciones de agua en las paredes de las calicatas efectuadas. Con un clima templado, húmedo y con ausencia de lluvias.

El tramo I del proyecto comprende de la progresiva 0+000-3+700, la Av. La Unión se encuentra en la progresiva 2+500 ya que limitan las avenidas.

Ver Anexo 4.

3.6 Métodos de Análisis de Datos

Puesto que el proyecto de investigación es de enfoque cuantitativa, se procedió a realizar el análisis de datos que evidencio los resultados obtenidos en el proceso. Se cuenta con una muestra representativa no probabilística, el cual fue determinada delimitando por 1.5

Km que pasó por diversas inspecciones visuales y de medición. Se analizaron los datos obtenidos de la inspección visual y de medición, estos resultados sirvieron para comprobar el estado del pavimento flexible y así poder realizar un diseño de sobrecarpeta adherida.

La validez de los instrumentos se evaluó mediante un juicio de expertos y la confiabilidad de los instrumentos se realizó mediante el programa Alfa de Cronbach puesto que recoge medidas en campo que fueron investigadas en una escala Ordinal con Medidas Politómicas.

3.7 Aspectos éticos

El Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (Ley N.º28858, 1987) “La ética profesional es el conjunto de normas y valores que hacen y mejoran al desarrollo de las actividades profesionales y marcan, además, las pautas éticas del desarrollo laboral mediante valores universales”

El presente proyecto de investigación se redactará brindando información real y verídica evitando mediante el parafraseo incurrir en el plagio, y respetando la ética profesional basado en valores como el respeto, honestidad y responsabilidad en su elaboración. Para cumplir con estos requerimientos, se consideraron los siguientes aspectos:

- a. Se respetó estrictamente la información sobre los datos obtenidos en campo y laboratorio.
- b. La información obtenida de tesis, artículos, videos, libros o revistas; estarán debidamente referenciados y correctamente citados si fuera el caso respetando las ideas originales de los autores mediante el parafraseo y síntesis.
- c. Se tuvo la seguridad que los resultados que surgieron durante el proyecto de investigación, fueron válidos y certeros.

IV. RESULTADOS

En primer lugar, se cumplió con el objetivo específico (OE.1) de analizar de qué manera el sistema whitetopping influye en el diseño de pavimento TCP y ASSHTO-93.

De tal manera que para el diseño de ASSHTO-93 se hizo mediante el programa WinPas 12, insertando los siguientes datos que hemos obtenidos:

- Numero de cargas de 18 kips (80 KN) previstas; $W18 = 29300000$
- Confiabilidad; $R = 90\%$
- Desvío estándar de todas las variables; $S_o = 0.35$
- Módulo de Rotura; $M_r = 705.6 \text{ psi} = 5.0 \text{ Mpa}$
- Módulo de Elasticidad; $E_c = 4021700 \text{ psi} = 27728 \text{ Mpa}$
- Coeficiente de transferencia de carga; $J = 2.70$
- Módulo de reacción de la subrasante; $K = 264.7 \text{ Mpa/m}$
- Coeficiente de drenaje; $C_d = 1.1$
- Serviciabilidad Inicial; $PSI_I = 4.5$
- Serviciabilidad Final; $PSI_F = 3.0$

Figura 1. Datos insertados en el programa winpas12

Concrete Pavement Design/Analysis Inputs

Concrete Thickness	<input type="text" value="203.84"/>	mm	
Total Rigid ESALs	<input type="text" value="29,300,000"/>		
Reliability	<input type="text" value="85.00"/>	%	
Overall Standard Deviation	<input type="text" value="0.35"/>		
Flexural Strength	<input type="text" value="5.0"/>	MPa	
Modulus of Elasticity	<input type="text" value="27,728.0"/>	MPa	
Load Transfer Coefficient	<input type="text" value="2.70"/>		
Modulus of Subgrade Reaction	<input type="text" value="163.3"/>	MPa/m	
Drainage Coefficient	<input type="text" value="1.20"/>		
Initial Serviceability	<input type="text" value="4.50"/>		
Terminal Serviceability	<input type="text" value="2.50"/>		

Concrete Pavement Design/Analysis

Concrete Thickness: mm

Leyenda: Datos insertados en el programa WinPas12, dio como resultado 200.29 mm = 20 cm de espesor de losa.

Figura 2. Reporte del programa WinPas 12

WinPAS

Pavement Thickness Design According to

1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

American Concrete Pavement Association

Rigid Design Inputs

Project Name: Rehabilitación de pavimentos flexibles mediante sistema whitetopping con Losas de Geometría Optimizada en la Av. La Unión-Manchay, 2020

Route:

Location: Pachacamac-Manchay

Owner/Agency:

Design Engineer:

Rigid Pavement Design/Evaluation

Concrete Thickness	203.84 mm	Load Transfer Coefficient	2.70
Total Rigid ESALs	29,300,000	Modulus of Subgrade Reaction	163 MPa/m
Reliability	85.00 percent	Drainage Coefficient	1.20
Overall Standard Deviation	0.35	Initial Serviceability	4.50
Flexural Strength	5 MPa	Terminal Serviceability	2.50
Modulus of Elasticity	27,728 MPa		

Modulus of Subgrade Reaction (k-value) Determination

Resilient Modulus of the Subgrade	0.0
Unadjusted Modulus of Subgrade Reaction	0
Depth to Rigid Foundation	0.00
Loss of Support Value (0,1,2,3)	0.0
Modulus of Subgrade Reaction	163 MPa/m

Para la modulación de juntas se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

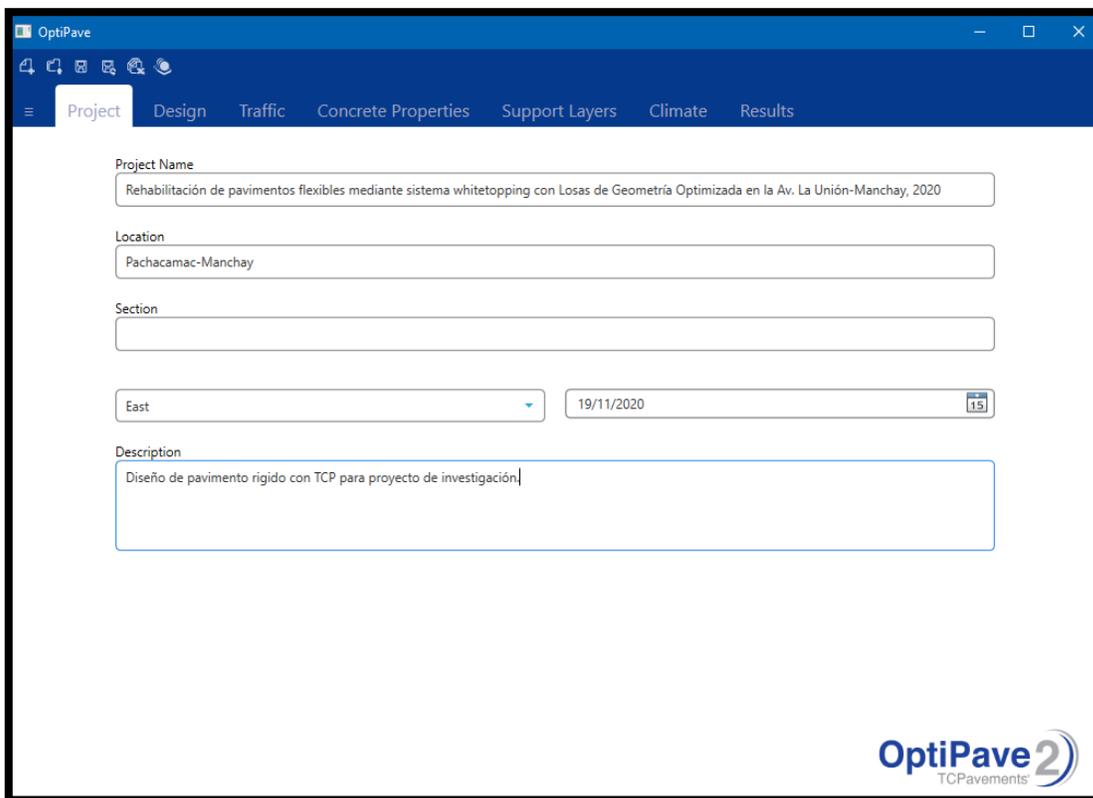
- Máximo 24 veces el espesor de la losa.
 $24 \times 0.20 \text{ m} = 4.8 \text{ m}$.
- No debe ser mayor que 1.25 veces el ancho de la losa.
 $1.25 (3.6) = 4.5 \text{ m}$

Por lo tanto, las losas del pavimento rígido con Asshto-93 fueron de:

- Espesor = 0.2 m
- Largo = 4.0 m
- Ancho = 3.60 m

Por consiguiente, para el diseño con TCP, se hizo mediante el programa OptiPave 2.0, insertando los datos obtenidos.

Figura 3. Nombre del proyecto



The screenshot shows the OptiPave 2.0 software interface. The window title is "OptiPave". The menu bar includes "Project", "Design", "Traffic", "Concrete Properties", "Support Layers", "Climate", and "Results". The "Project" tab is active. The form contains the following fields:

- Project Name:** Rehabilitación de pavimentos flexibles mediante sistema whitetopping con Losas de Geometría Optimizada en la Av. La Unión-Manchay, 2020
- Location:** Pachacamac-Manchay
- Section:** (Empty field)
- East:** (Dropdown menu showing "East")
- Date:** 19/11/2020
- Description:** Diseño de pavimento rígido con TCP para proyecto de investigación.

The OptiPave 2.0 logo is visible in the bottom right corner.

Leyenda: Se indico el nombre del proyecto, la ubicación y fecha de diseño.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 4. Datos para Diseñar

The screenshot shows the OptiPave software interface with the 'Design' tab selected. The parameters are as follows:

Parameter	Value	Unit
Design Life	20	(years)
Joint Spacing	1.8	(m)
PCC Thickness	170	(mm)
Compute Thickness	<input checked="" type="checkbox"/>	
Edge Type	Granular/Asphalt St	
Widened Slab	No	
Doweled Joints	No	
Lateral Drain	No	
Pavement-Base Interface Model	Unbonded	
Initial IRI	3	(m/Km)
Percentage of Cracked Slabs	10	(%)
Terminal IRI	4.5	(m/Km)
Mean Joint Faulting	5	(mm)
Design Reliability	90	(%)

Leyenda: Se inserta los datos de espaciamiento de losas, años de vida útil, serviciabilidad inicial y final, confiabilidad y porcentaje de losas agrietadas.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 5. Datos para Diseñar-Trafico

The screenshot shows the OptiPave software interface with the 'Traffic' tab selected. The parameters are as follows:

Parameter	Value	Unit
Truck Traffic Classification	STREETPAVE	
Truck Traffic Group	MINOR ARTERIAL	
Annual Traffic Growth	5	(%)
Analysis Method	Equivalent Axles	
Total ESALS in Design Lane	29,300,000	
Advanced Options	<input type="checkbox"/>	

Leyenda: Se inserta la clasificación de tráfico, el crecimiento de la tasa anual de tráfico y el ESAL.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 6. Datos para Diseñar-Propiedades del concreto

The screenshot shows the 'Concrete Properties' tab in the OptiPave software. The interface includes a navigation menu at the top with options: Project, Design, Traffic, Concrete Properties (selected), Support Layers, Climate, and Results. Below the menu, there are several input fields and checkboxes for defining concrete properties:

- Fiber Reinforcement:** No
- Strength Test:** Flexural Strength
- Age of Test:** 28 Days
- Flexural Strength:** 5 (MPa)
- Reliability:** 90 (%)
- Advanced Options:**
- Std. Deviation Concrete Strength:** 0.35 (MPa)
- 28-90 Days Strength Gain:** 1.1
- MOR at 90 days:** 5.99 (MPa)
- Coefficient of Thermal Expansion (10⁶):** 10 (1/°C)
- Ultimate Shrinkage (365 days):** 700 (microstrain)
- Air Content:** 3 (%)
- Water-Cement Ratio:** 0.45
- Advanced Options:**
- Modulus of Elasticity:** 27,728 (MPa)
- Concrete Unit Weight:** 2,400 (Kg/m³)
- Poisson Ratio:** 0.15

The OptiPave 2 logo is visible in the bottom right corner of the software window.

Legenda: Se inserta la desviación estándar, confiabilidad, el módulo de elasticidad y resistencia del concreto.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 7. Datos para Diseñar – Propiedades del pav. flexible

The screenshot shows the 'Suelo' (Soil) tab in the OptiPave software. The interface includes a navigation menu at the top with options: Proyecto, Diseño, Tráfico, Hormigón, Suelo (selected), Clima, and Resultados. Below the menu, there are input fields for defining flexible pavement layer properties:

N° de Capas: 2

Tipo de Suelo	Módulo Resiliente Invierno (MPa)	Módulo Resiliente Verano (MPa)	Módulo de Poisson	Espesor (mm)
Base: Pavimento Asfáltico	300	300	0.35	250
2ª Capa: A-1-a	300	300	0.35	200
Subrasante: A-1-a	60	72	0.35	

Propiedades de la base:

- Resistencia a la erosión (Capa Bajo el Pavimento):** 3
- Coefficiente de Fricción Pavimento-Base:** 0.65
- Material Fino Bajo Malla N° 200 (Capa Bajo el Pavimento):** 8 (%)

The OptiPave 2 logo is visible in the bottom right corner of the software window.

Legenda: Se inserta el espesor de las capas de subbase, base y de la carpeta asfáltica existente también el tipo de suelo que tiene la Av. La Unión como referencia.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 8. Datos para Diseñar- Clima

The screenshot shows the 'Climate' tab in the OptiPave software. The interface includes a menu bar with 'Project', 'Design', 'Traffic', 'Concrete Properties', 'Support Layers', 'Climate', and 'Results'. Below the menu, there are several input fields for climate data:

- Country: Generic
- Zone: Dry Non-freeze
- Built-in Equivalent Temperature Gradient: -10 (Δ°C)
- Mean Air Winter Temperature: 13 (°C)
- Mean Air Summer Temperature: 30 (°C)
- Concrete Setting Temperature: 45 (°C)
- Average Annual Number of Rainy Days: 50
- Base Freezing Index: 5 (%)

Leyenda: Se inserta el clima en temporada de invierno, verano y del concreto.



Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 9. Resultado de diseño TCP

The screenshot shows the 'Resultados' (Results) tab in the OptiPave software. The interface includes a menu bar with 'Proyecto', 'Diseño', 'Tráfico', 'Hormigón', 'Suelo', 'Clima', and 'Resultados'. Below the menu, there are several sections:

- Buttons: 'Calcular...' and 'Generar reporte'.
- Input: 'Espesor Losa' 166.9 (mm).
- Navigation: 'Datos', 'Agrietamiento', 'Escalonamiento', 'IRI', 'Transferencia de Carga'.
- Resumen de Inputs** (Summary of Inputs):

EE Totales en Pista de Diseño	29,300,000	
Resistencia Media a los 90 Días	5.99	(MPa)
Gradiente Equivalente de Construcción	-10	(Δ°C)
Tipo de Borde	Berma Granular/Asfál	
Losa Exterior con Sobrecancho	No	
Valor K Combinado Invierno	5.64	(Kg/cm³)
Valor K Combinado Verano	6.56	(Kg/cm³)
- Summary of Results** (Summary of Results):

Porcentaje Total de Losas Agrietadas	10.00	(%)	✓
Escalonamiento Promedio Final	1.19	(mm)	✓
IRI Final	4.10	(m/Km)	✓
- 3D Model**: A 3D model of a concrete slab with two tires on top. The model shows the slab's thickness and the tires' position. The slab is labeled with '0%' and '1.1%' at various points, indicating the percentage of cracking. An orange arrow points to the right, indicating the direction of traffic.



Leyenda: Se obtuvo como resultado un espesor de losa de 17 cm.

Fuente: Programa OptiPave 2.

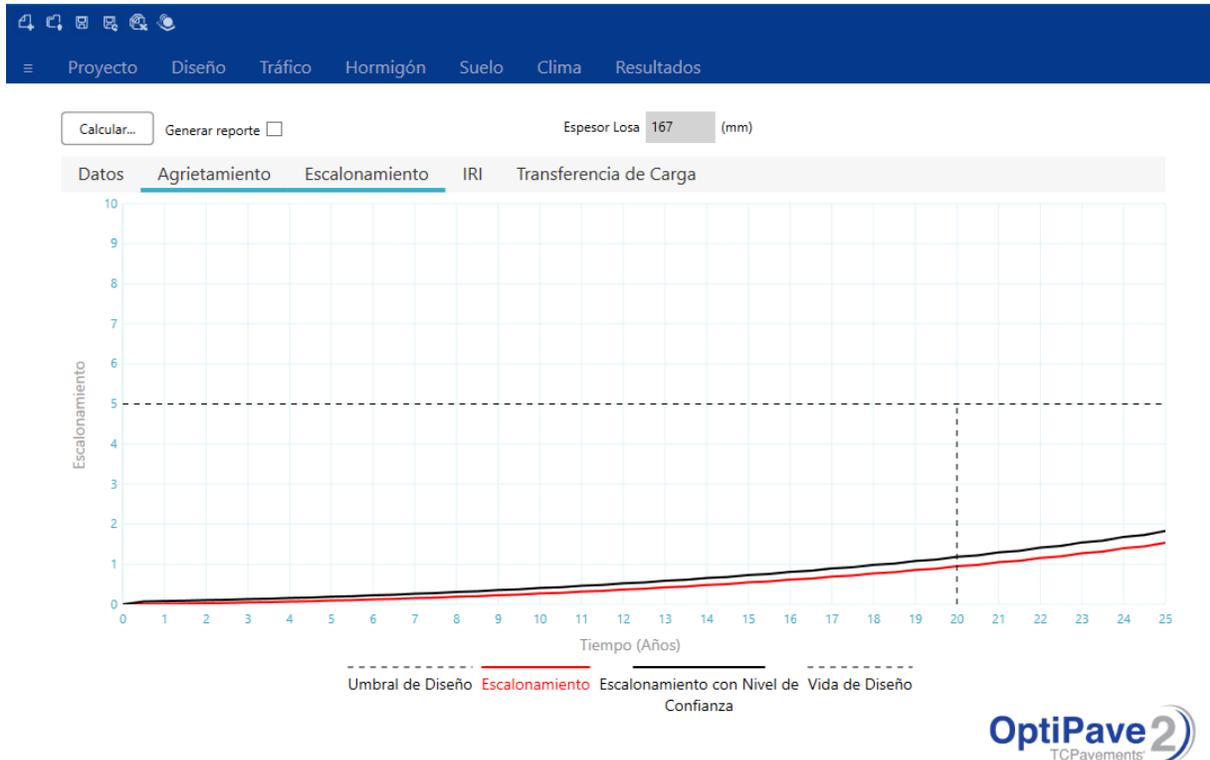
Figura 10. Gráfico de porcentaje de agrietamiento.



Leyenda: Se observa que en el transcurso de los años el porcentaje de lasas agrietadas que tendrá el pavimento.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 11. Gráfico de porcentaje de escalonamiento.



Leyenda: Se observa en el grafico la falla de 5 % del pavimento en último año de su vida útil.

Fuente: Programa OptiPave 2.

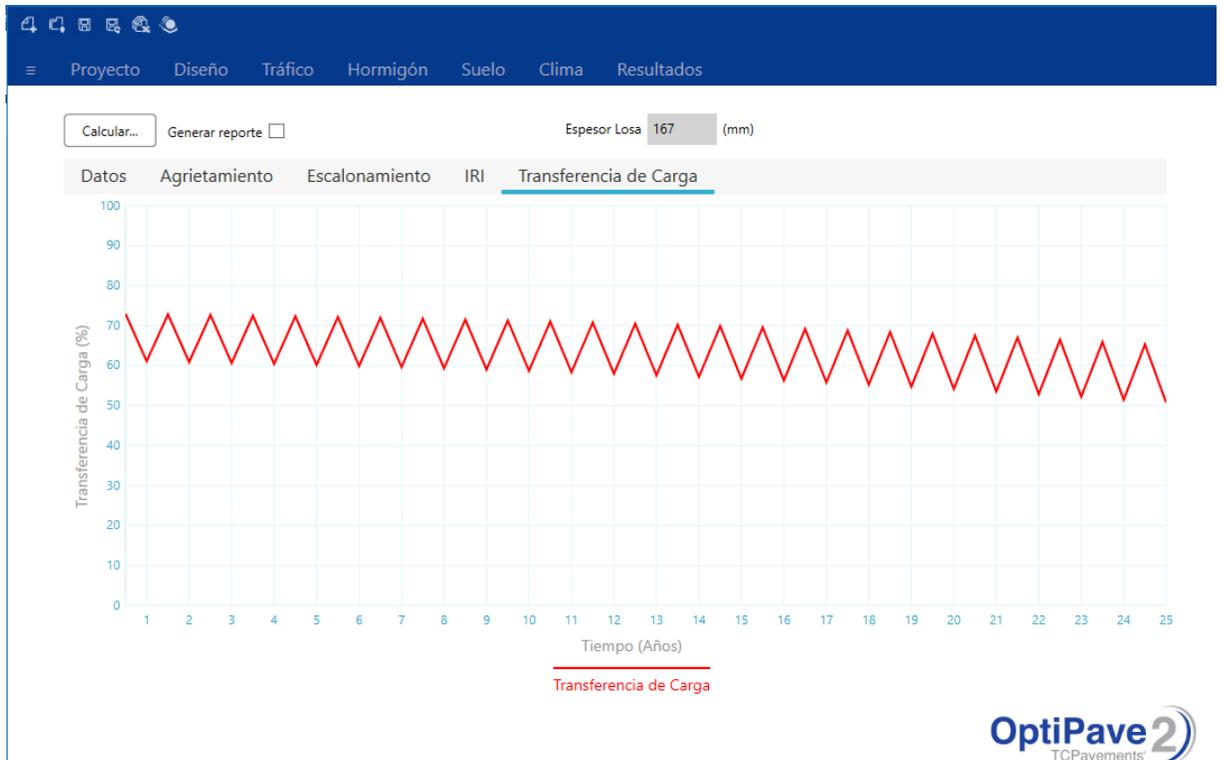
Figura 12. Gráfico de Serviciabilidad del pavimento.



Leyenda: Se observa la serviciabilidad del pavimento en el transcurso de los años, su valor final de 3.0.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Figura 13. Gráfico de porcentaje Transferencia de carga.



Leyenda: Se observa la transferencia de carga de las losas en el transcurso de los años y se mantiene hasta su último año de vida útil.

Fuente: Programa OptiPave 2.

Por lo tanto, para TCP se tiene losas de:

- Espesor: 0.17 m
- Largo : 1.80 m
- Ancho : 1.80 m

Consiguientemente se cumplió con el objetivo específico (OE.2) en establecer de qué manera el sistema whitetopping influye en la evaluación económica entre TCP y ASSHTO-93. Esto se realizó a través de un presupuesto para cada diseño tomando como área de muestra 86.4 m² para metrar las partidas y así obtener el costo unitario por m² de ASSHTO-93 y TCP, el precio de las partidas se obtuvo del expediente técnico de la Av. Víctor Malásquez.

Para ASSHTO-93 cálculo de costo unitario por m²

Tabla 3. ASSHTO-93 cálculo de costo unitario por m²

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.01	PAVIMENTO WHITETOPPING ASSHTO-93 ;A=85.4 m ²				
01.01.01	Tratamiento de fisuras en pavimento flexible	m ²	86.40	26.14	2260.00
01.01.02	Suministro y colocación de dowells liso L=0.50m (incluye canastilla)	m	21.60	71.69	1550.00
01.01.03	Suministro y colocación de acero f ['] y=4200 kg/ cm ² en junta longitudinal	kg	17.00	3.94	68.00
01.01.04	Pavimento de concreto premezclado acero f ['] c=350 kg/ cm ² c/pavimentadora (H=20 cm)	m ³	17.28	334.92	5788.00
01.01.05	Encofrado y desencofrado pavimento rígido	m ²	7.00	29.65	208.00
01.01.06	Corte con disco en juntas transversales y longitudinales.	m	33.60	3.35	114.00
01.01.07	Sellado de juntas de construcción, contracción	m	33.60	9.46	318.00
01.01.08	Curado de concreto	m ²	86.40	1.30	114.00
01.01.09	Flotado y texturizado de concreto	m ²	86.40	2.00	174.00
	COSTO DIRECTO				8,334.00

Entonces:

Área de muestra m^2 : 86.4 = s/. 8,334.00

Costo por m^2 según asshto-93: s/. 8,334/86.4 = s/. 96.46

Para TCP cálculo de costo unitario por m^2

Tabla 4. TCP cálculo de costo unitario por m^2

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	PISTAS				
01.01	Pavimento whitetopping TCP (a=77.76 m^2)				
01.01.01	Tratamiento de fisuras en pavimento flexible	m^2	77.76	26.14	2,034.00
01.01.02	Pavimento de concreto premezclado $f'c=350$ kg/cm ² c/pavimentadora (h=17 cm.)	m^3	13.22	334.94	4,428.00
01.01.03	Encofrado y desencofrado pavimento rígido	m^2	6.44	29.65	192.00
01.01.04	Corte con disco en juntas transversales y longitudinales	m	68.40	3.35	230.00
01.01.05	Curado de concreto	m^2	77.76	1.30	102.00
01.01.06	Flotado y texturizado de concreto	m^2	77.76	2.00	156.00
01.01.07	Patente TCP	m^2	77.76	4.74	370.00
	COSTO DIRECTO				5,478.00

Entonces:

Área de muestra: 77.76 = s/. 5,478.00

Costo por m^2 según TCP: s/. 5,478/77.76 = s/. 70.45

Finalmente se cumplió con el objetivo específico (OE.3) en establecer de qué manera el sistema whitetopping influye en el tiempo de ejecución de TCP y ASSHTO-93.

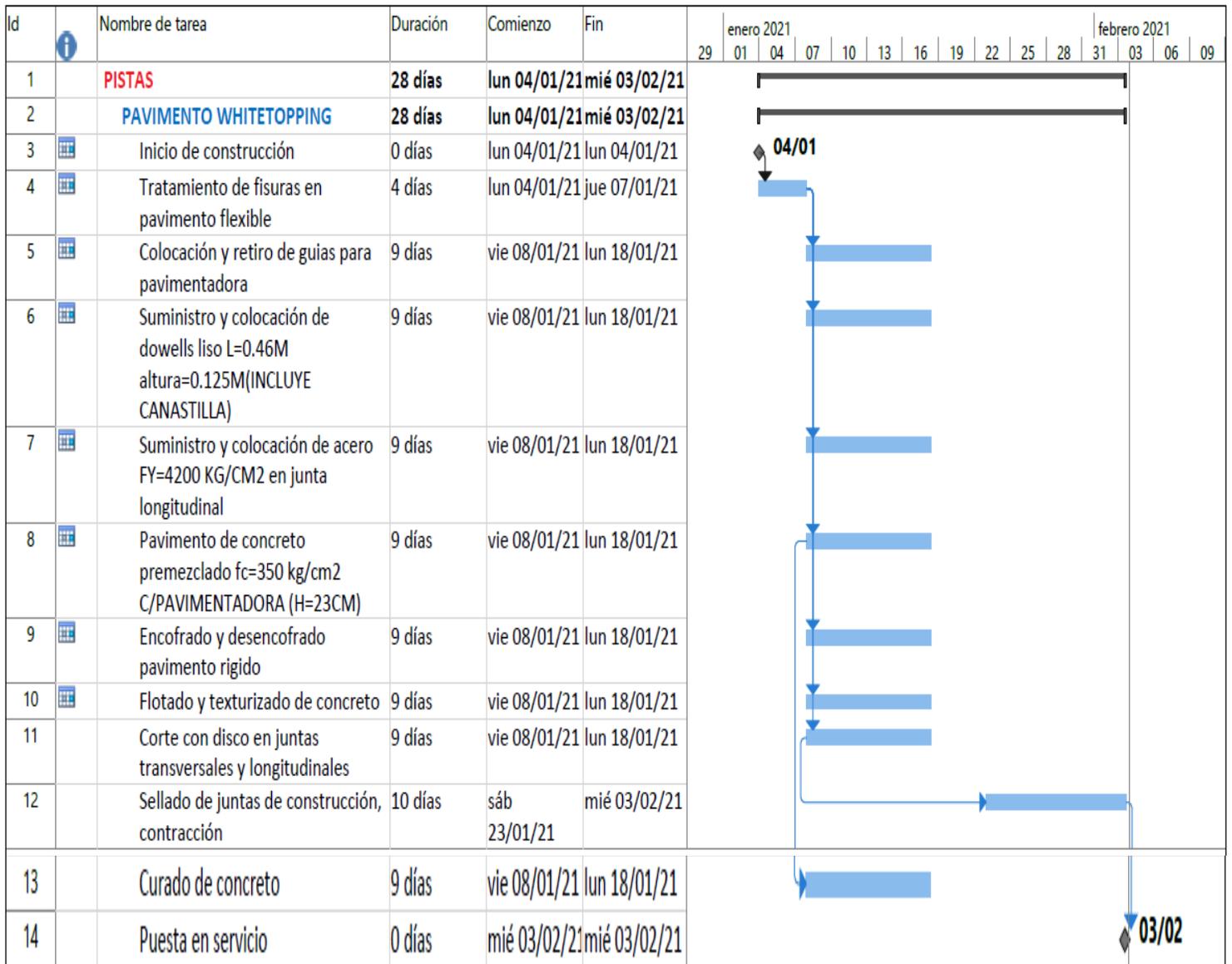
Esto se realizó mediante un cronograma de ejecución en el programa Project, se obtuvo el número de cuadrilla y rendimientos del expediente técnico de la Av. Víctor Malásquez.

Cronograma de ejecución para ASSHTO-93

Tabla 5. Cronograma de ejecución para ASSHTO-93

Item	Descripción (Duración)	Und.	Metrado	Rendimiento	Duración (días)	Cuadrilla
01	PISTAS					
01.01	Pavimento whitetopping					
01.01.01	Tratamiento de fisuras en pavimento flexible	m2	10,800.00	1500.00	2	7
01.01.02	Colocación y retiro de guías para pavimentadora	m	1,500.00	1260.00	9	1
01.01.03	Suministro y colocación de dowells listo l=0.50m altura=0.125m (incluye canastilla)	m	10.800.00	350.00	9	1
01.01.04	Suministro y colocación de acero fy=4200kg/cm2 en junta longitudinal	kg	2,064.00	350.00	9	1
01.01.05	Pavimento de concreto mezclado f'c=350kg/cm2	m3	2,700.00	300.00	9	1
01.01.06	Encofrado y desencofrado pavimento rígido	m2	136.00	14.00	9	1
01.01.08	Flotado y texturizado de concreto	m2	10,800.00	1080.00	9	1
01.01.09	Corte con disco en juntas transversales y longitudinales	m	4,200.00	150.00	9	1
01.01.10	Sellado de juntas de construcción, contracción	m	4,200.00	120.00	10	1
01.01.11	Curado de concreto	m2	10,800.00	250.00	9	4

Figura 14. Cronograma de ejecución para ASSHTO-93



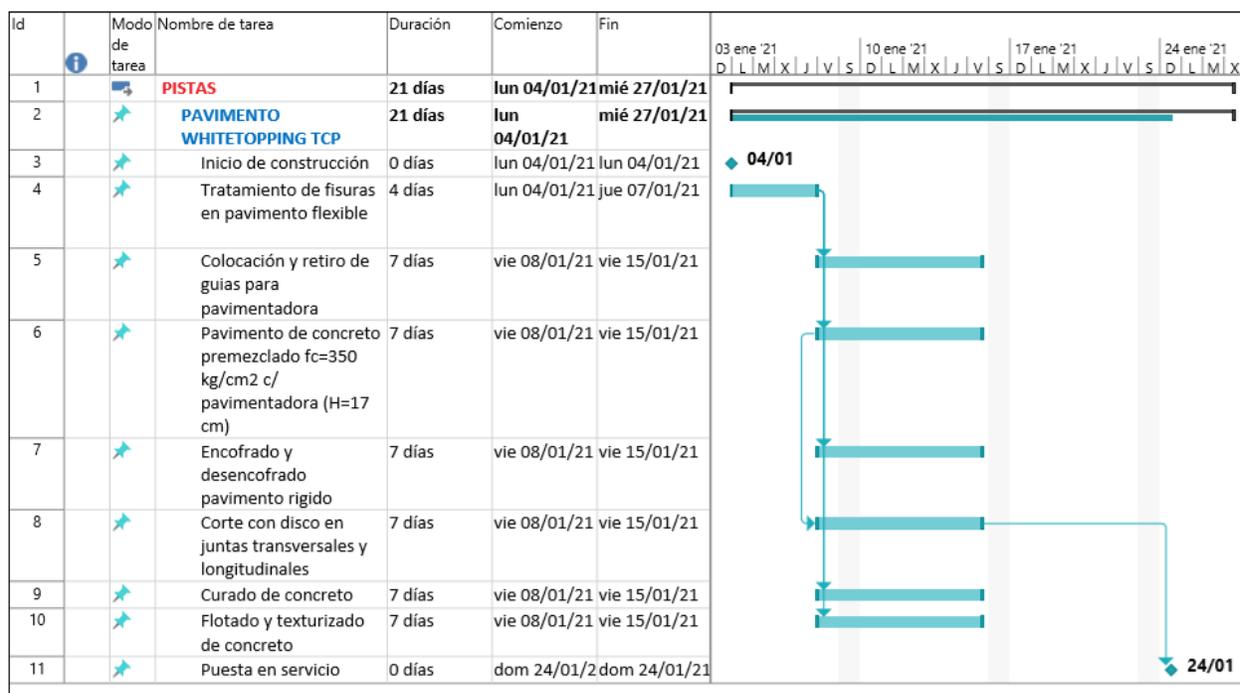
Por lo tanto, la ejecución de muestra del proyecto de 1.5 km con el diseño de ASSHTO-93 se dio en 28 días iniciando el 04 de enero y culminando el 03 de febrero puesta en servicio de la vía, tomando en cuenta que luego del corte de las juntas se espera catorce días por proceso constructivo para sellar dichas juntas y finalmente habilitar la vía.

Cronograma de Ejecución para TCP

Tabla 6. Cronograma de Ejecución para TCP

Ítem	Descripción (Duración)	Und.	Metrado	Rendimiento	Duración (días)	Cuadrilla
01	PISTAS					
01.01	PAVIMENTO WHITETOPPING TCP (A=77.76 M2)					
01.01.01	TRATAMIENTO DE FISURAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE	m2	10,800.00	1500.00	4	7
01.01.02	COLOCACIÓN Y RETIRO DE GUÍAS PARA PAVIMENTADORA	m	1,500.00	1260.00	7	1
01.01.03	PAVIMENTO DE CONCRETO MEZCLADO F'C=350KG/CM2	m	10.800.00	350.00	7	1
01.01.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PAVIMENTO RÍGIDO	kg	2,064.00	350.00	7	1
01.01.05	CORTE CON DISCO EN JUNTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	m3	2,700.00	300.00	7	1
01.01.07	CURADO DE CONCRETO	m2	136.00	14.00	7	1
01.01.08	FLOTADO Y TEXTURIZADO DE CONCRETO	m2	10,800.00	1080.00	7	1

Figura 15. Cronograma de Ejecución para TCP



De igual manera, la ejecución de muestra del proyecto de 1.5 km con el diseño TCP se dio en 21 días iniciando el lunes 04 de enero y culminando el 24 de enero de puesta en servicio de la vía, tomando en cuenta que luego del corte de las juntas se esperó ocho días por proceso constructivo para habilitar la vía.

Tabla 7. Consumo de recursos

CONSUMO DE RECURSOS			ASSHTO-93	TCP	DIFERENCIA	
ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD DE INSUMO	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	%
PAVIMENTO DE CONCRETO MEZCLADO F'C=350KG/CM2	m3		2,700.00	1,836.00		
Cemento	tn	0.479	1,293.30	879.44	413.86	32%
Agua	m3	0.187	504.90	343.33	161.57	32%
Grava3/4	m3	0.733	1,979.10	1,979.10	633.31	32%
Arena	m3	0.444	1,198.80	1.198.80	383.62	32%

También se realizó el análisis de consumo de recursos como parte del Objetivo Especifico (OE.3) en establecer de qué manera el sistema whitetopping influye en el tiempo de ejecución de TCP y ASSHTO-93. Esto se realizó mediante el análisis del concreto premezclado, ya que es la partida principal para poder ejecutar los diseños de los pavimentos.

Este consumo de recursos se realizó con la comparación de los dos diseños de pavimentos el cual nos dio una diferencia del 32% en todos los materiales que contiene el concreto premezclado esto significa que el diseño con TCP género menor contaminación ambiental ya que al producir el cemento se genera emisiones en el enfriamiento del horno, partículas del horno, gases de combustión que contienen monóxido (CO) , dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburo, aldehídos, óxido de azufre, así mismo los contaminantes hídricos que se da por alimentación del horno (PH, solidos suspendidos) y el agua de enfriamiento del proceso y finalmente la sílice libre que perjudica la salud de los empleados de la planta.

En resumen, se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 8. Cuadro de resumen

CUADRO DE RESUMEN

	UNIDAD	TCP	ASSHTO-93	DIFERENCIA	%
COSTO X M2	S/.	S/. 70.45	S/. 96.46	S/. 26.01	27%
PLAZO DE EJECUCIÓN	DÍAS	21	28	7	25%
CONSUMO DE RECURSOS (CEMENTO)	Tn	879.44	1,293.30	413.856	32%
PRESUPUESTO A NIVEL DE COSTO DIRECTO	S/.	105.671	144.688	39,016.2	27%

En el costo de cada diseño de pavimento se obtuvo una diferencia de 25.87 nuevos soles con un porcentaje del 27 % , de la misma manera en el plazo de ejecución se obtuvo una diferencia de 7 días con un porcentaje del 25 % , el consumo de recursos del material fundamental del concreto que es el cemento se obtuvo una diferencia de 413.856 toneladas con un porcentaje del 32 % , finalmente el presupuesto a nivel de costo directo el cual se obtuvo una diferencia de 38,807.9 nuevos soles con un porcentaje del 27 % . Esto indica que el diseño de losa con Geometría Optimizada fue más factible que el diseño con ASSHTO-93 por todo lo mencionado.

V. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica “HE1: El diseño de pavimento TCP vs. AASHTO-93 repercute positivamente en el sistema Whitetopping con Losas de Geometría Optimizada”. En este sentido, Almeida y Santur en su tesis titulada “Aplicación de la Técnica Whitetopping en la Evaluación del Pavimento Flexible en el C. P Mallares-C. P Saman-Sullana- Piura, 2018” de tipo aplicada y diseño pre experimental, tuvo como resultado que de acuerdo con la evaluación del pavimento existente a través del método: Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la viga de Benkelman, se obtuvo que los valores de su deflexión son inferiores al admisible, donde un mayor número de presencia de deflexiones se tuvo entre las progresivas Km 0+350 al 0+825 donde se encontró fallas superficiales como hundimientos, piel de cocodrilo, baches, grietas , desprendimiento de asfalto; y también la presencia de diferentes estratos encontrados en las calicatas como andesita y arenisca dificultaron el sobrepuesto de la técnica whitetopping, pero finalmente se realizó con resultados favorables para su desempeño.

Asimismo, Pari en su tesis titulada “Aplicación de la Metodología de Losa con Geometría Optimizada en Diseño de Pavimento Rígido en el Centro Poblado de Jayllihuaya – Puno” de tipo aplicada y diseño estadístico, tuvo como resultado que el espesor de la estructura de pavimento rígido diseñado por la metodología de losa con geometría optimizada está compuesta por 12 cm de losa de concreto y 20 cm de subbase granular y es menor al diseñado por el método AASHTO 93 conformada por 15cm de losa de concreto y 20cm de subbase granular, resultado de la combinación del conjunto de parámetros de diseño, tráfico, suelo y factores climáticos. El costo directo del pavimento rígido diseñado por la metodología de losa con geometría optimizada es menor en 13.04% aproximadamente en comparación por el método de AASHTO 93.

En consecuencia, se acepta la hipótesis específica 1; ya que los resultados fueron favorables para aplicar capas de concreto tomando como base la estructura del pavimento flexible existente.

Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica “HE 2: La evaluación económica entre los Análisis de Costo Unitario de m² AASHTO-93 y TCP influye

positivamente en el sistema Whitetopping con Losas de Geometría Optimizada”. En este sentido, Esteban en su tesis titulada “Rehabilitación de pavimentos asfálticos con la aplicación de capas de concreto WHITETOPPING – calle Moquegua, Omate–Moquegua, 2017” de tipo aplicada y diseño cuasi experimental, se concluyó que la aplicación de capas de concreto tiene un costo inicial elevado debido al uso del concreto, pero que a la larga trae consecuencias positivas ya que a diferencia del asfalto convencional su mantenimiento es de tiempo prolongado en comparación con el asfalto que el mantenimiento es periódico, es decir en cortos periodos de tiempo.

Se realizó la comparación económica a través de un presupuesto para cada diseño tomando como área de muestra 86.4 m^2 y 77.76 m^2 para medir las partidas y así obtener el costo unitario por m^2 de ASSHTO-93 y TCP, el precio de las partidas se obtuvo del expediente técnico de la Av. Víctor Malásquez. Se obtuvo que el Costo por m^2 según ashto-93 es de S/. 96.32 soles; sin embargo, el costo por m^2 según TCP es de S/. 70.45 soles. Donde se evidencia que el costo mediante el diseño de losa con geometría optimizada es menor al diseño AASHTO-93 en S/ 27.45 soles.

En consecuencia, se acepta la hipótesis específica 2 debido que, si se tiene los resultados positivos en cuanto al costo del pavimento con el diseño TCP a comparación con el AASHTO 93, entonces se garantizará el buen funcionamiento de la estructura del pavimento sin recurrir a mantenimientos periódicos.

Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica “HE3: Existe relación significativa entre el tiempo y recursos de TCP vs AASHTO-93 del sistema Whitetopping con Losas de Geometría Optimizada”. En este sentido, Florez, Morales y Rodríguez, en su tesis titulada “Estudio Comparativo de Metodología Tradicional de Diseño de Pavimentos Versus Tecnología TCP (Geometría Optimizada) para la vía entre las veredas La Carrera y Leticia, del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca” de tipo aplicada y diseño descriptivo, tuvo como resultado que La tecnología del pavimento con losas de geometría optimizada, económicamente muestra un ahorro a comparación del pavimento tradicional y cumple con los requerimientos mínimos; de acuerdo a la reducción en el espesor de 13,2, en comparación con pavimentos de losas cortas

diseñadas por el método AASHTO tradicional, reduciendo el costo de construcción en aproximadamente un 20% del costo inicial, con una vida de diseño similar a las losas convencionales, optimizando tiempo y recursos (materiales y equipos).

Se obtuvo como resultado que en el costo de cada diseño de pavimento se obtuvo una diferencia de 25.87 nuevos soles con un porcentaje del 27%, de la misma manera en el plazo de ejecución se obtuvo una diferencia de 7 días con un porcentaje del 25%, el consumo de recursos del material fundamental del concreto que es el cemento se obtuvo una diferencia de 413.856 toneladas con un porcentaje del 32%, finalmente en el presupuesto a nivel de costo directo se obtuvo una diferencia de 38,807.9 nuevos soles con un porcentaje del 27%. Por todo lo mencionado, se evidenció que el diseño de losa con Geometría Optimizada fue más factible que el diseño con AASHTO-93.

En consecuencia, se acepta la hipótesis específica 3, debido a que el costo inicial en ocasiones es elevado, pero que a la larga trae consecuencias positivas; causando beneficios a nivel económico y social, con la optimización del tiempo de ejecución de obra y los recursos que se emplean en el diseño TCP.

VI. CONCLUSIONES

Para concluir con el proyecto de investigación se cumplió con los objetivos establecidos que fueron:

1. OE.1 Analizar de qué manera el sistema whitetopping influye en el diseño de pavimento TCP y ASSHTO-93.

El resultado que se obtuvo fue que; El pavimento rígido con ASSHTO-93 tuvo las siguientes dimensiones y un espesor de:

$$E= 0.2 \text{ m}$$

$$L= 4.0 \text{ m}$$

$$A=3.60 \text{ m}$$

El pavimento rígido con TCP tuvo las siguientes dimensiones y un espesor de:

$$E= 0.17 \text{ m}$$

$$L= 1.8 \text{ m}$$

$$A= 1.8 \text{ m}$$

Ambos diseños obtuvieron losas con espesor menor en comparación al método tradicional de construcción de pistas en los cuales involucra la partida de movimiento de tierras que conlleva intervenciones con redes existentes de servicios públicos y privados (luz del sur, calidda, Sedapal, claro, Bitel, etc.)

2. OE.2 Establecer de qué manera el sistema whitetopping influye en la evaluación económica entre TCP y ASSHTO-93.

El resultado que se obtuvo comparando los dos diseños en costo por m^2 fue de S/.26.01 lo que representa un 27 %, ya que con el diseño de ASSHTO-93 salió S/. 96.46 y el diseño con TCP salió S/. 70.45. Entonces para el tramo de muestra de 1.5 km con ASSHTO-93 fue S/. 144.68 y con TCP fue S/. 105.67 con una diferencia de S/. 39016.2. Por tal motivo con un mismo presupuesto, con metodología TCP podría rehabilitarse aproximadamente 20% de vías en menos tiempo lo que genera menor impacto social.

3. OE.3 Establecer de qué manera el sistema whitetopping influye en el tiempo de ejecución de TCP y ASSHTO-93.

El resultado que se obtuvo mediante el cronograma de ejecución para ASSHTO-93 y TCP se diferencia en 7 días lo que representa un 25 %, esto significa que por cada Km de diseño ASSHTO-93 se puede construir 1.4 Km con TCP.

También para el consumo de recursos con el material más incidente que fue el cemento, para ASSHTO-93 salió 1293.30 toneladas y para TCP 879.44 con una diferencia de 413.86 toneladas lo que representa un 32 %. Estos resultados indicaron que hay mayor contaminación, efectos negativos para la salud al producir el cemento para diseñar con ASSHTO-93.

De tal manera que al ejecutar en un menor plazo con whitetopping y TCP se impacta menos el medio ambiente.

VII. RECOMENDACIONES

- Recomendamos a los investigadores tener como primera opción rehabilitar estructuras existentes en este caso pistas ya que así habrá mayor posibilidad de construir obras para el beneficio de la sociedad.
- Recomendamos innovar en el sector de la construcción utilizando la tecnología para mejorar o crear técnicas que ayuden al proceso constructivo obteniendo óptimos resultados así mismo difundir la metodología para dar mejor uso a los recursos del estado.
- Recomendamos realizar investigaciones en todos los lugares o regiones que carecen de una buena infraestructura vial, porque así se les dará una posibilidad de tener una mejor calidad de vida ya que estas investigaciones se pueden utilizar como futuros proyectos para nuestra sociedad.
- Recomendamos seguir investigando empleando otros elementos como aditivos, fibras, etc. con los cuales se puede mejorar aún el performance en la rehabilitación.

REFERENCIAS

1. Almeida, A. I. y Santur, G. E. (2019). “*Aplicación de la técnica whitetopping en la evaluación del pavimento flexible en el C. P Mallares-C. P Saman-Sullana- Piura, 2018*” (Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Piura, Perú). Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/32036/Almeida_SAI-Santur_MGE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación* (3ª ed.). México: Grupo Editorial Patria.
3. Cadena, P.; Rendón, R.; Aguilar, J.; Salinas, E; De la Cruz, F. y Sangerman, D. (2017). Quantitative methods, qualitative methods or combination of research: an approach in the social sciences. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1603-1617.
4. Caro, M.; Lorenzo, P. y Zamudio, A. L. (Febrero del 2011). *Diseño Experimental Puro* [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/gpaty22/experimental-puro>
5. CEMEX PANAMÁ. (Productor). (2016). *Whitetopping - Carretera Nvo. México – Chungal*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=CtgKCOuvCUU>
6. Cogollo, M. I. y Silva, A. Y. (2018). *Modelación numérica de pavimentos rígidos mediante modulación convencional y de losas cortas* (Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia). Recuperado de <http://repository.ucatolica.edu.co:8080/jspui/bitstream/10983/22413/1/tesis%20Modelaci%C3%B3n%20num%C3%A9rica%20de%20pavimentos%20r%C3%ADgidos%20mediante%20modulaci%C3%B3n%20convencional%20y%20de%20losas%20cortas..pdf>
7. Covarrubias, J. P. (2012). Diseño de losas de hormigón con geometría optimizada. *Revista Ingeniería de Construcción*, 27(3), 181 – 197.
8. Cristián Herrera Fritz. (Productor). (2012). *Juan Pablo Covarrubias Vidal - Pavimentos de Geometría Optimizada TCP*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=NQP4CCIfK90>
9. De la Cruz, J. M. (2016). *Caracterización de la adherencia en refuerzos de Ultra-Thin Whitetopping (UTW)* (Tesis de maestría, Escola de Camins, España). Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/83867/Caracterizaci%C3%B3>

[n%20de%20la%20adherencia%20en%20refuerzos%20de%20Ultra-Thin%20Whitetopping%20\(UTW\).pdf](#)

10. Delgado, E. y Gonzáles, C. (Octubre del 2015). *LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y CUASI EXPERIMENTAL* [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de https://issuu.com/piwigd/docs/la_inv_experimental_y_cuasiexperiem
11. Díaz, N. *Población y Muestra* [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de <https://core.ac.uk/reader/80531608>
12. DOMBRIZ, José Javier (pre.). *M5.1. CATALOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES*. (Celebrado en el XX Congreso Mundial de Carreteras de Montreal, el 7 de septiembre de 1995). Montreal: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA. 2002.
13. Florez, A. S., Morales, W. F. y Rodríguez, Y. (2019). *Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP (geometría optimizada) para la vía entre las veredas La Carrera y Leticia, del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca* (Tesis de pregrado, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Cundinamarca, Colombia). Recuperado de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/7763/T.IC_FlorezCamachoAngieSoledad_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14. Gutiérrez, J. (2007). *Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú). Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/47313571/Modelaci%C3%B3n-Geot%C3%A9cnica-de-Pavimentos-Flexibles-con-Fines-de-An%C3%A1lisis-y-Dise%C3%B1o-en-el-Per%C3%BApdf/>
15. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). México: El Oso Panda.
16. Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. (2018). *DISEÑO DE PAVIMENTOS (AASHTO – 93) Y DIPAV 2.3*. <http://www.ibch.com/triptico/dpvsc/files/dpvsc.pdf>

17. Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. (2018). *DISEÑO DE SOBRECARPETAS EN PAVIMENTOS EXISTENTES (AASHTO – 93) Y SOFTWARE DIPAV 2.0*.
https://www.ibch.com/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=startdown&id=11
18. JE Pavimentos. (Productor). (2019). *Losas de Geometría Optimizada*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=J3m0IUGHYB0>
19. Jugo, A. (2011). *MÉTODO DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS PCI* (Reporte Técnico M-268).
[file:///C:/Users/julia/Downloads/METODO%20PCI%202011\(AJB\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/julia/Downloads/METODO%20PCI%202011(AJB)%20(1).pdf)
20. Ley N.º24648. Ley de Creación del Colegio de Ingenieros del Perú, Lima, Perú, 20 de enero de 1987.
21. Manual de Carreteras. (2013). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN* (Norma EG-2013).
<https://es.slideshare.net/CarlosPajuelo/eg2013-especificacionestcnicasgrles-construccion-de-carreteras-mtcperu>
22. Martínez, V. H. (2009). *Pavimentos*. Publicado en 2009. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistacyt/feb11/pavimentos.htm>
23. Marroquín, R. *Confiabilidad y Validez de Instrumentos de investigación* [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-4-Confiabilidad%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf>
24. Martinelli, M. y Soto, M. *PAVIMENTOS URBANOS* (Norma CE.010).
<https://en.calameo.com/read/00520155441f6371a62c7>
25. Mendoza, H. (2015). *Evaluación del diseño de losas cortas (TCP) en pavimentos según tensiones* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú). Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/793/Tesis%20Civ441Men.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

26. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2016). *CÓDIGO DE NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRAS DE PAVIMENTACIÓN*.
<http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3467>
27. Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *PAUTAS METODOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTOS EN LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA DE CARRETERAS*.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
28. Montalvo, Farfán. (2016). *DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS Y ASFALTICOS*. [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de <file:///F:/TESIS/Libros/Libros/Dise%C3%B1o%20Pavimento%20Rigido.pdf>
29. Morales, Javier. (2005). *TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO UTILIZANDO SOBRECAPAS DE REFUERZO* (Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Piura, Perú). Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI_129.pdf
30. Normas APA. (2020). *¿Cómo enfocar la tesis? Enfoque cuantitativo y cualitativo*. Recuperado de <http://normasapa.net/tesis-enfoque-cuantitativo-cualitativo/>
31. Ordoñez, J. D. (2015). *Pavimentos de losas cortas de concreto para vías terciarias en Colombia* (Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia). Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7513/ATICULO%20FINAL%202015-12-02-REPOSITORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
32. Pari, J. (2019). *Aplicación de la metodología de losa con geometría optimizada en diseño de pavimento rígido en el centro poblado de Jayllihuaya – Puno* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú). Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11791/Pari_Mamani_Jenrry.pdf?sequence=1&isAllowed=y
33. Pereira, P. y Pais, J. (2017). Main flexible pavement and mix design methods in Europe and challenges for the development of an European method. *Journal of traffic and transportation engineering*, 4(4), 316-346.

34. Pimienta, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura*, (13), 263-276.
35. REGLAMENTO DE LA ACTUALIZACION DEL PLAN VIAL DEL 2010.
Recuperado de
[https://www.municallao.gob.pe/contenidosMPC/transparencia/pdf/plan-urbano-2011/anexo/ANEXO 1 REGLAMENTO DE LA ACTUALIZACION DEL PLAN VIAL_2010.pdf](https://www.municallao.gob.pe/contenidosMPC/transparencia/pdf/plan-urbano-2011/anexo/ANEXO_1_REGLAMENTO_DE_LA_ACTUALIZACION_DEL_PLAN_VIAL_2010.pdf)
36. Rivera, J. J. (2019). *Estudio de riegos asfálticos de liga entre capas asfálticas para rehabilitación de pavimentos flexibles fresados* (Tesis de doctorado, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina). Recuperado de
https://www.researchgate.net/profile/Jose_Rivera122/publication/332845349_ESTUDIO_DE_RIEGOS_ASFALTICOS_DE_LIGA_ENTRE_CAPAS_ASFALTICAS_PARA_REHABILITACION_DE_PAVIMENTOS_FLEXIBLES_FRESADOS/links/5ccc5afea6fdccc9dd8b2b57/ESTUDIO-DE-RIEGOS-ASFALTICOS-DE-LIGA-ENTRE-CAPAS-ASFALTICAS-PARA-REHABILITACION-DE-PAVIMENTOS-FLEXIBLES-FRESADOS.pdf
37. Roesler, J. y Bordelon, A. (2008). *DESIGN AND CONCRETE MATERIAL REQUIREMENTS FOR ULTRA-THIN WHITETOPPING* (Tesis de pregrado, University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, Estados Unidos). Recuperado de <https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/9685/FHWA-ICT-08-016%20Whitetopping.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
38. Rondón, H. A. y Reyes, F. A. (2015). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
39. Rodríguez, D. (2019). *Investigación aplicada: características, definición, ejemplos*. Publicado el 2019. Recuperado de
<https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20aplicada%20es%20el,la%20resoluci%C3%B3n%20pr%C3%A1ctica%20de%20problemas>
40. Sánchez, P. E. (2014). *MÉTODO DE DISEÑO DE LOSAS DE DIMENSIONES SUPERFICIALES OPTIMIZADAS, EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO* (Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador, San Salvador, El

- Salvador). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6963/1/M%C3%A9todo%20de%20dise%C3%B1o%20de%20losas%20de%20dimensiones%20superficiales%20optimizadas%20en%20pavimentos%20de%20concreto%20hidr%C3%A1ulico.pdf>
41. Sheehan, M. J., Tarr, S. M. y Tayabji, S. (2004). *INSTRUMENTATION AND FIELD TESTING OF THIN WHITETOPPING PAVEMENT IN COLORADO AND REVISION OF THE EXISTING COLORADO THIN WHITETOPPING PROCEDURE* (Colorado Department of Transportation Research Branch, Colorado, Estados Unidos). Recuperado de <https://expresslanes.codot.gov/programs/research/pdfs/2004/whitetopping2.pdf>
42. Sheehan, M. J., Tarr, S. M. y Okamoto, P. A. (1998). *GUIDELINES FOR THE THICKNESS DESIGN OF BONDED WHITETOPPING PAVEMENT IN THE STATE OF COLORADO* (Colorado Department of Transportation Research Branch, Colorado, Estados Unidos). Recuperado de <https://www.codot.gov/programs/research/pdfs/1998/whitetopping.pdf/>
43. TCPavements. *PAVIMENTOS TCP CARRETERAS*. [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de file:///F:/TESIS/Libros/Libros/1204024438_Presentaci%C3%B3n_TCP_-_Carreteras_web.pdf
44. Torres, L. G. (2010). *Instrumentos de medición* [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/liliagtorres/instrumentos-de-medicin-3705238#:~:text=4.,variables%20que%20tiene%20en%20mente.&text=En%20una%20investigaci%C3%B3n%20cualitativa%20%2C%20cuando,medir%20las%20variables%20de%20inter%C3%A9s.>
45. Ureta, Y. C. (2018). *Utilización de ultra-thin whitetopping como método de rehabilitación de pavimentos asfálticos en la ciudad de Tacna* (Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú). Recuperado de <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/605/1/Ureta-Espinoza-Young.pdf>
46. Vásquez, L. (2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS* (Manual PCI). <https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

47. Zumrawi, M. E. (2015). Survey and Evaluation of flexible Pavement. *International Journal of Science and Research*, 4(1), 1602-1607.
48. Zárate, J. P. (2019). “Plan de mantenimiento vial para la vía Biblián – Zhud, en los tramos de pavimento rígido” (Tesis de maestría, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador). Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32164/1/Trabajo%20de%20titulaci%c3%b3n.pdf>

ANEXOS

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 9. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Sistema whitetopping con Losas de Geometría Optimizada	<p>Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C (2009) Whitetopping (carpeta blanca) es un recubrimiento de concreto realizado con cemento Portland, construido sobre un pavimento asfáltico existente.</p> <p>TC Pavements (2009), Es una tecnología de diseño y construcción de losas con geometría optimizada que permite solucionar los principales problemas de la pavimentación tradicional a un menor costo.</p>	<p>Osuna (2008), citado por Esteban et al.(2018) indicó: Esta técnica (whitetopping) es simple ya que usa la misma metodología de pavimentos de concreto rígido, el cual consiste en aplicar placas de concreto tomando como base la estructura del pavimento asfáltico, para que sea viable el pavimento existente deberá presentar solo fallas superficiales, esta técnica garantiza una vida útil más prolongada del pavimento reduciendo inclusive problemas de contaminación. (p. 27)</p> <p>Pari (2019) Este sistema de diseño consiste en dimensionar las losas de tal manera que solo una rueda o set de ruedas se apoyen en una losa, a la vez , calcular en daño por fatiga producido en los puntos críticos de la losa, dado esto, determinar el espesor correspondiente considerando las condiciones de suelo, alabeo, tráfico, y otras condiciones relevantes(p.24)</p>	<p>Evaluación estructural del pavimento flexible</p> <p>Subsanación de fallas del pavimento flexible</p>	Evaluación de la Subrasante	Intervalo
				Evaluación de la base	Intervalo
				Evaluación de la carpeta	Intervalo
Variable Dependiente: Rehabilitación de pavimentos flexibles	<p>Gavilán y Ramos (2015), La rehabilitación para pavimentos consiste en el proceso por medio del cual la estructura del pavimento es restaurada a su condición original de soporte.</p>	<p>Ureta (2018), Una rápida rehabilitación de la vía con daños funcionales y estructurales en la carpeta asfáltica existente, ampliando su vida útil, reduciendo los costos de mantenimiento. (p.4)</p>	<p>Diseño de pavimento TCP vs. ASSHTO-93</p>	Tratamiento de las fisuras	Ordinal
				Tratamiento de bacheo	Ordinal
				Estudio de trafico	Intervalo
				Dimensiones de losa (juntas)	Intervalo
				Espesor de losa	Intervalo

			Costo unitario de m2 de AASHTO-93	De razón
		Evaluación económica	Costo unitario de m2 de TCP	De razón
		Productividad de TCP vs. ASSHTO-93	Consumo de recursos	De razón
			Tiempo de ejecución de obra	De razón

Memoria de Calculo

La avenida Víctor Malásquez es considerada Tipo de Vía Arterial ya que se permite el tránsito de todo tipo de transporte. El reglamento de la actualización del plan vial (2011) indica que: “Las vías Arteriales son aquellas que forman parte del Sistema Vial Urbano que permite la integración entre las vías Colectoras con las Vías Expresas. Son aquellas que llevan importantes volúmenes de tránsito.” (p.2).

Tabla 10. Número de puntos de Investigación

TIPO DE VIA	NUMERO MINIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACION	ESPACIAMIENTO MINIMO (m)
Expresas	1 cada	200
Arteriales	1 cada	300
Colectoras	1 cada	400
Locales	1 cada	500

Leyenda: Número de puntos de investigación según clasificación, tipo arterial

Fuente: Norma CE-010 Pavimentos Urbanos.

$$\text{N}^\circ \text{ de Calicatas} = \frac{\text{Longitud de Vía} \times \text{Ancho de Vía}}{2000}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Calicatas} = \frac{3700 \times 7.20}{2000}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Calicatas} = 13$$

Se realizó 3 calicatas obteniendo muestras representativas para los ensayos de laboratorio.

Tabla 11. Resultados de calicatas

Calicata N°	C-01 M-1	C-02 M-1	C-03 M-1
Profundidad (m)	0.00-1.50m	0.00-1.50m	0.00-1.50m
Pasa T.N° 4	87.36	57.76	56.72
Pasa T.N° 200	3.72	7.07	2.46

L.L.	N.T.	N.T.	N.T.
L.P.	N.P.	N.P.	N.P.
I.P.	N.P.	N.P.	N.P.
S.U.C.S	SW	SP-SM	SP
AASHTO	A-1-b-(0)	A-1-a-(0)	A-1-a-(0)
% GRAVA	12.64	42.24	43.28
% ARENA	83.63	50.69	54.26
% FINOS	3.72	7.07	2.46

C-1: Presenta un único estrato hasta la profundidad explorada de 1.50m, conformado por arenas bien graduadas, color beige, húmedo, no plástico, de compacidad firme, arenas con grava con poco o nada de finos y gravillas T.P ½" a 3" y T.M 6" a 8" en un 60%

C-2: Presenta un único estrato hasta la profundidad explorada de 1.50m conformado por arenas limosas pobremente graduadas color beige, húmedo, no plástico, de compacidad firme, arenas con grava con poco o nada de finos y gravillas sub angulosas.

C-3: Presenta un único estrato hasta la profundidad explorada de 1.50m, conformado por arenas pobremente graduadas, con grava con poco o nada de finos.

El valor del CBR se obtuvo mediante el Método de las Diferencias acumuladas-ASSHTO

Tabla 12 Valor del CBR

CALICATA	CBR
C-01	27.7
C-02	31.0
C-03	29.4

Tabla 13. CBR de diseño

Progresiva	CBR (%)	# Intervalo	Dist. Entre Intervalo	Dist. Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Área del intervalo	Área acumulada	Zx	Sub Tramos CBR prom.
01+200	27.7	1	01+300	1300	27.7	36010	36010	36010.00	29.2
02+500	31	2	950	2250	29.35	27882.5	63892.5	63892.5	
03+450	29.4	3	1470	3720	30.2	44394	108286.5	108286.50	

Con lo que obtuvo un C.B.R de Diseño al 95% de 29.20%.

El terreno de fundación de acuerdo a la estratigrafía y los ensayos de laboratorio realizados se concluye que el suelo subrasante está constituido: según clasificación SUCS SM/CL/GM/GP y ASSHTO A-3-(0) /A-6-(5) /A-1-a (0) /A-1-b-(0) /A-1-a(0), de consistencia firme y buenas condiciones como suelo de subrasante y de capacidad portante como material de fundación.

El suelo donde está la subrasante y cimentación tiene las siguientes características:

Permeabilidad: alta

Características de drenaje: alto

Capilaridad: baja

Elasticidad: media a alta

Cambio volumétrico: bajo

Resistencia al corte en estado seco: medio a alto

Compresibilidad en estado compacto: baja

Por lo tanto, el espesor de la subbase es 0.15m, la base 0.20m y carpeta asfáltica de 0.05m.

Tráfico; El Manual de Carreteras (2014) indico que:

“La información directa requerida para los estudios del tráfico en principio y salvo necesidades con objetivos más precisos o distintos, se conformará con muestreos orientados a calcular el IMDA del tramo, empezando por la demanda volumétrica actual de los flujos clasificados por tipo de vehículos en cada sentido de tráfico.” (p.62).

Para la realización del diseño de obras viales se cuantifica los niveles de tráfico, el cual se realizó el conteo del volumen, clasificación durante las 24 horas del día y siete días en cuatro estaciones, se tomaron en cuenta los días de lunes a viernes; y como días no laborables, sábado y domingo. Este expediente técnico fue realizado el 2018 estimando el ESAL(W18) para un espacio de vida útil de 20 años. Por consiguiente, para el diseño de los pavimentos de esta investigación se estima un ESAL estimado de 22 años de vida útil a partir del año del expediente técnico.

Por lo tanto, el ESAL(W18) critico:

$$W_{18} = 2.93 \times 10^7$$

Al saber los ejes equivalentes que fue 29300000, fue concordante a una vía arterial en el sistema vial.

Serviciabilidad; El Manual de Carreteras (2014) indico que:

“La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se magnifica en una escala de 0 a 5, donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente que es un valor ideal que en la práctica no se da”. (p.227).

Por consiguiente, para este diseño se consideró que la serviciabilidad inicial es 4.5 y la serviciabilidad final es 3.00.

Tabla 14. Niveles de tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{p1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{p2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{p3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{p4}	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
	T _{p5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{p6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{p7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
Resto de Caminos	T _{p8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{p9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{p10}	1 000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{p11}	12'500.001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{p12}	15,000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{p13}	20'000.001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{p14}	25,000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{p15}	>30'000.000		4.50	3.00	1.50

Leyenda: Índice de serviciabilidad inicial y final según el rango de tráfico TP14.

Fuente: MTC: Sección suelos y pavimentos

Por lo tanto, la serviciabilidad es:

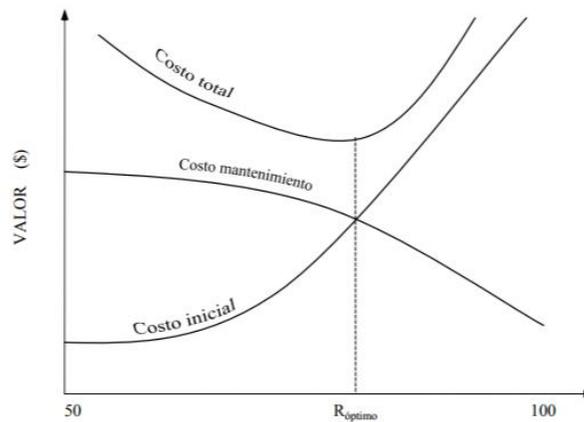
Δ PSI=1.5

La confiabilidad “R” y la Deviación Estándar (So); El Manual de Carreteras indico que: “La confiabilidad es en cierta manera un factor de seguridad, que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, siguiendo conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas”. (p.228).

Para optimizar el espesor del pavimento, se determinó el nivel de confiabilidad óptimo que asegure el costo total más bajo, es decir, el balance del costo inicial y los costos de mantenimiento. Por lo tanto, la confiabilidad considerada en el diseño fue de 90%, con una desviación normal estándar.

$$Z_R = -1.282$$

Figura 16. Representación gráfica de nivel óptimo de confiabilidad



Leyenda: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R) en este caso es zona urbana.

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de pavimentos ASSHTO-93

Tabla 15. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)

Tipo de camino	Zona Urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80 -99.9
Arteriales principales	80 -99	75-99
Colectoras	80 -95	75-95
Locales	50 -80	50 -80

Leyenda: Representación gráfica de nivel óptimo de confiabilidad.

Fuente: ASSHTO-93

Para el valor de la desviación estándar el rango típico sugerido por AASHTO está comprendido entre $0.30 < S_o < 0.40$, por lo que el manual del MTC recomienda:

$$S_o = 0.35$$

Transferencia de Carga (J); El Manual de Carreteras (2014) indico que: “Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivo de transmisión de cargas”. (p.233).

parámetro para el diseño de pavimentos de concreto que vincula la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras. Este valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto.

Tabla 16. Coeficiente de Transferencia de Carga (J)

Berma	Con. Asfáltico o Granular		Con. Hidráulico	
	SI	NO	SI	NO
Elemento de transmisión de carga				
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8- 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9- 3.2	--	2.3 - 2.9	---

J=2.7 (juntas transversales de contracción con dowells)

Leyenda: Coeficiente de Transferencia de Carga con asfalto o concreto hidráulico

Fuente: MTC: Sección de suelos y pavimentos

Drenaje (Cd): El Manual de Carreteras (2014) indico que:

“Las condiciones de drenaje representan la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un cierto tiempo. En general el nivel de drenaje de las capas intermedias depende del tipo y permeabilidad de las capas de subbase, tipo de sub rasante, condiciones climáticas, entre otras” (p.232).

El drenaje y sus efectos sobre el comportamiento del pavimento, han sido considerados en el método AASHTO-93, esto depende de los siguientes factores.

- Calidad del Drenaje

Se da por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada de la estructura del pavimento ASSHTO recomienda las siguientes condiciones:

Tabla 17. Condiciones de drenaje (AASHTO 93)

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	El suelo libera el 50% de agua en 2 horas
Bueno	El suelo libera el 50% de agua en 1 día
Mediano	El suelo libera el 50% de agua libre en 7 días
Malo	El suelo libera el 50% de agua libre en 1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Leyenda: Valores de calidad de drenaje con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de pavimentos ASSHTO-93

- Exposición a la saturación

Porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación. Este dato depende de la precipitación fluvial y condiciones de drenaje.

Tabla 18. Calidad de drenaje (AASHTO 93)

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20 -1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20 -1.15	1.15-1.10	1.10 -1.00	1.00
Mediano	1.10 -1.00	1.10 -1.00	1.00 -0.90	0.90
Malo	1.10 -1.00	1.00 -0.90	0.90 -0.80	0.80
Muy malo	1.00 -0.90	0.90 -0.80	0.80 -0.70	0.70

Leyenda: Valores de coeficiente de drenaje para porcentajes del tiempo en que la estructura está expuesta a niveles de humedad

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de pavimentos ASSHTO-93

Sabiendo que el clima de Manchay es templado, húmedo y con ausencia de lluvias, temperatura máxima de 30°C y temperatura mínima de 13°C así mismo ausencia de precipitaciones pluviales que sean capaces de lavar la atmosfera.

Por el cual el valor fue:

$$Cd=1.10$$

Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec); El Manual de Carreteras (2014) indico que: “El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado. La predicción del mismo se puede efectuar a partir de la resistencia a compresión o flexotracción, a través de correlaciones establecidas” (p.231).

De tal manera que está relacionado con su módulo de ruptura y se determinó mediante la norma ASTM C469 y a partir de la siguiente correlación con la resistencia a la compresión.

$$Ec = 57000 \times (f'c)^{0.5}$$

Dónde:

$$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 = 4978.17 \text{ psi}$$

$$Ec = 4021700 \text{ psi}$$

Módulo de Rotura del Concreto (Sr); Se correlaciona con el módulo de compresión del concreto.

$$Sr = k \sqrt{f'c}$$

Donde los valores de “k” varían entre 7 y 12, según AASTHO 93, en este caso se trabajó con 10.

Por lo que tenemos:

$$S_r = 705.60 \text{ psi}$$

MÓDULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K); El Manual de Carreteras (2014) definió que: “El ensayo para determinar el módulo de reacción de la sub rasante, llamado también ensayo de la placa, tiene por objetivo determinar la presión que se debe ejercer para lograr cierta deformación”. (p.229).

El módulo está en función de las siguientes variables:

El módulo resiliente de la subrasante, el cual se calculó actualmente en base al CBR.

- El espesor de la base de afirmado. La cual se asume de 0.20 m.

Se aplicó la siguiente ecuación para la reacción combinada:

$$K = \left(1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^{0.5} \times K_0$$

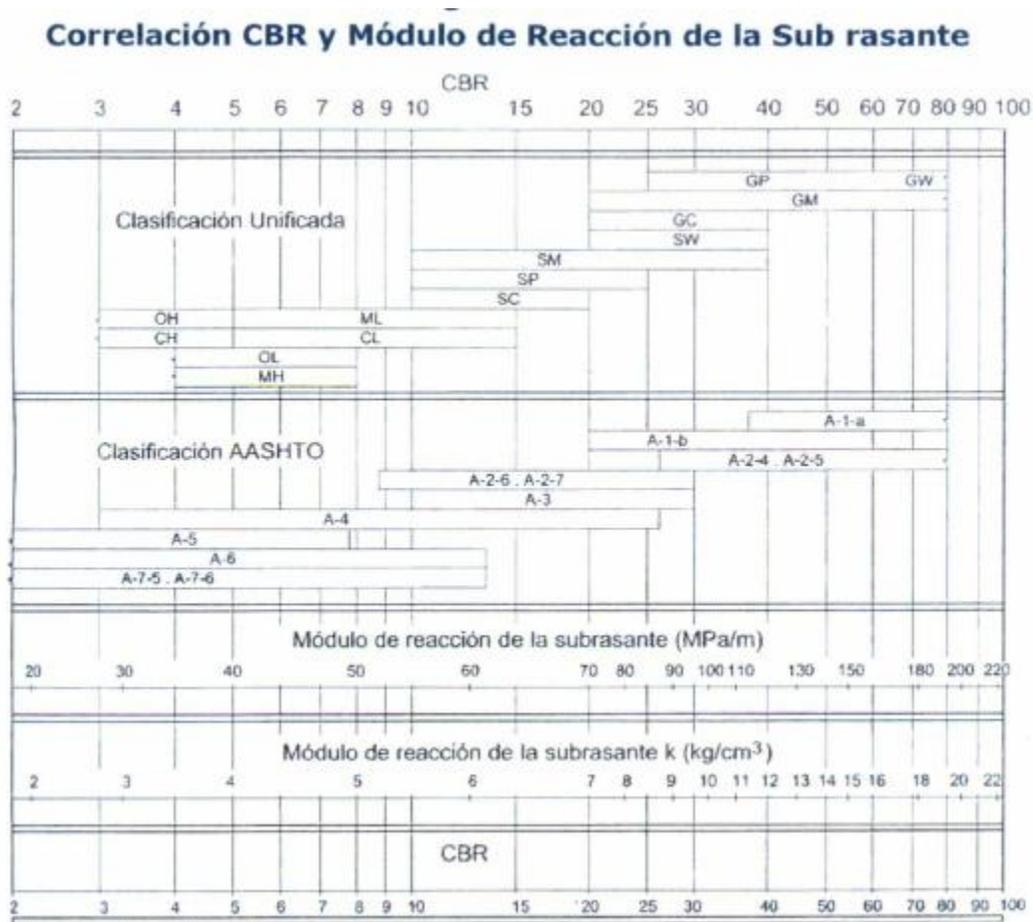
Dónde:

K1 = Coeficiente de reacción de la Sub base granular = 20 kg/cm²

K0 = Coeficiente de reacción de la Subrasante = 9.30 kg/cm², se usó la tabla de correlación CBR y Modulo de reacción de la Subrasante.

H = Espesor de la Base Granular = 20 cm

Figura 17. Correlación CBR y módulo de reacción de la sub rasante



Leyenda: Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.

Fuente: Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements.

Por lo que dio como resultado:

K = 406.18 pci

MODULACIÓN DE LOSAS; Está determinada por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento el corte debe tener una profundidad de H/3 y un ancho de 6.0 mm en base a recomendaciones de ASSHTO Y PCA.

ASSHTO (2018) indico que: “El espaciamento entre juntas no debe de superar la longitud de 24 veces el espesor de la losa”. (p.178)

Juntas cada $(24 \times 0.20) < 5.76$ m

ASSHTO (2018) indico que: “La relación entre el largo y ancho de los paños debe de estar dentro del rango 0.71 a 1.25 veces el ancho de la losa. Separación máxima en función del espesor de la losa para distintas condiciones de soporte por recomendaciones del PCA”. (p.178)

Bases granulares: 24 veces el espesor de la losa

Bases cementadas: 21 veces el espesor de la losa

De acuerdo a estas recomendaciones y las condiciones de soporte que da la base granular se determina para los carriles tramos un espaciamento de juntas transversales de 4.00 metros.

Respecto al diseño de las características de los pasadores lisos (dowells) empleados para la junta de contracción se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

Figura 18. Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores.

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM)	DIAMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 ¼"	460	300
300 - 430	38	1 ½"	510	380

Leyenda: Diámetros y longitudes recomendados según el rango de espesor de la losa en este caso 200 mm.

Fuente: Manual de Carreteras: Sección de suelos y pavimentos.

Diseño de Juntas Longitudinales; Las juntas longitudinales dividen la vía en carriles, pueden ser originadas por el mismo proceso constructivo, de carril a carril, o mediante corte, en el caso de que se pavimenten más de dos carriles a la vez.

El corte debe de tener una profundidad de $H/3$ y un ancho 6 mm.

Figura 19. Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre.

Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

Leyenda: Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre en este caso 200 mm

Fuente: Manual de Carreteras: Sección de suelos y pavimentos.

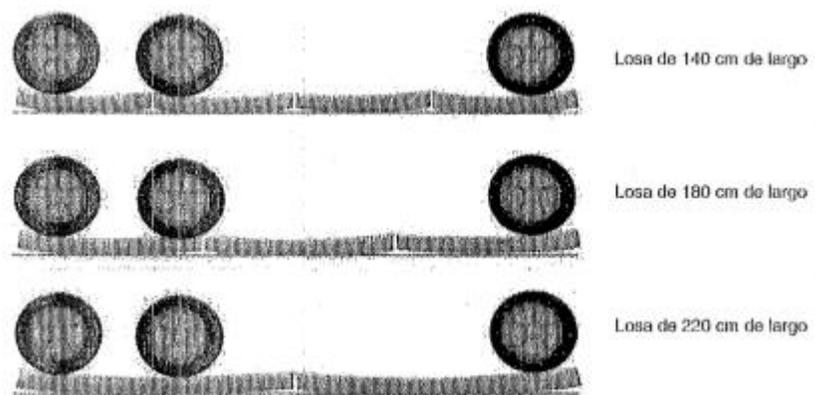
El sellado de Juntas se realizó en el corte de 6.0 mm con elastomérico de poliuretano es un sellador elastómero bi componente a base de poliuretano que cura en contacto con la humedad atmosférica, transformándose en una junta flexible y resisten con una excelente adherencia.

Para el diseño de Losas con Geometría Optimizada se tomó en cuenta lo siguiente: El Método de Diseño de pavimentos de Hormigón con Losas de espesor Optimizado (2012) indico que:

“El concepto básico del diseño es dimensionar las losas de tal manera que solo una rueda o set de ruedas se apoyen en una losa a la vez, calculando el daño por fatiga que se produce en los puntos críticos de la losa, y dado esto, determinar el espesor correspondiente para las condiciones de suelo, alabeo, tránsito, etc. [...] estos pavimentos basan su comportamiento en que se produzca flexión debido a la interacción de cargas colocadas sobre las losas. Para lograrlo el pavimento se construye de forma continua y se generan las juntas según establezca en el diseño. El largo de la losa se debe definir antes del cálculo del espesor”. (p.3).

Por tal razón las losas pequeñas (media pista x1.2 m a 3 m), el corte de juntas delgado (1.9 mm - 2.5 mm), no requiere sellado de juntas, tampoco requiere barras de transferencia de carga ni de amarre entre pistas.

Figura 20. Rangos de losas con teoría TCP.



Leyenda: Rangos de losas con teoría TCP según las condiciones en que se va a construir.

Fuente: : El Método de Diseño de pavimentos de Hormigón con Losas de espesor Optimizado

Figura 21. Ficha de Recolección de datos deflexión de pavimento

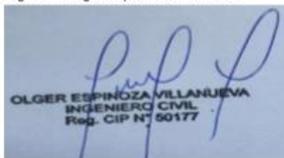
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO																	
REGISTRO DE CAMPO																	
MEDIDA DE LA DEFLEXION EMPLEANDO LA YIGA BENKELMAN - BASE																	
EJECUTORES ALBINO MACHUCA, Kevin Francisco, ENCISO HIDALGO Marcela Elizabeth												FECHA DE ENSAY 14/09/20					
UBICACIÓN Avenida La Unión Ref. Arco Retamal																	
PROGRESIVA 0+000 - 0+500																	
CALZADA Derecha (E-O)												RELACIÓN 1:4					
CARRIL Eje Izquierdo												CARGA 8200 Kg.					
												PRESIÓN 80 psi					
Progresiva (Km)	Distancia al borde	Lecturas del Dial 1								Espesor (cm)	Deflexiones Corregidas		Parámetros de Evaluación			TEMPERATURA	
		L-0	L-25	L-50	L-75	L-100	L-500	L-0	L-25		Do	D25	Do	D25	Re (m)	Amb °C	Pav. °C
		0.01mm	0.01mm	0.01mm	0.01mm	0.01mm	0.01mm	0.01mm	0.01mm		0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm			
0+000	0.90	0.0	3.0	5.0	7.0	10.0	12.0	0.0	5.0	20.0	48.0	36.0	48.0	36.0	260	--	--
0+025	0.90	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.0	4.0	20.0	40.0	32.0	40.0	32.0	391	--	--
0+050	0.90	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	0.0	6.0	20.0	60.0	48.0	60.0	48.0	260	--	--
0+075	0.90	0.0	2.0	5.0	8.0	12.0	14.0	0.0	7.0	20.0	56.0	48.0	56.0	48.0	391	--	--
0+100	0.90	0.0	3.0	6.0	9.0	15.0	18.0	0.0	8.0	20.0	72.0	60.0	72.0	60.0	260	--	--
0+125	0.90	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	0.0	5.0	20.0	60.0	48.0	60.0	48.0	260	--	--
0+150	0.90	0.0	2.0	5.0	8.0	12.0	14.0	0.0	6.0	20.0	56.0	48.0	56.0	48.0	391	--	--
0+175	0.90	0.0	2.0	5.0	7.0	10.0	13.0	0.0	5.0	20.0	52.0	44.0	52.0	44.0	391	--	--
0+200	0.90	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	11.0	0.0	4.0	20.0	44.0	36.0	44.0	36.0	391	--	--
0+225	0.90	0.0	3.0	5.0	8.0	10.0	13.0	0.0	5.0	20.0	52.0	40.0	52.0	40.0	260	--	--
0+250	0.90	0.0	2.0	4.0	7.0	9.0	12.0	0.0	7.0	20.0	48.0	40.0	48.0	40.0	391	--	--
0+275	0.90	0.0	3.0	6.0	10.0	13.0	15.0	0.0	6.0	20.0	60.0	48.0	60.0	48.0	260	--	--
0+325	0.90	0.0	3.0	7.0	10.0	13.0	15.0	0.0	5.0	20.0	60.0	48.0	60.0	48.0	260	--	--
0+350	0.90	0.0	2.0	5.0	8.0	11.0	13.0	0.0	7.0	20.0	52.0	44.0	52.0	44.0	391	--	--
0+375	0.90	0.0	2.0	4.0	7.0	9.0	11.0	0.0	4.0	20.0	44.0	36.0	44.0	36.0	391	--	--
0+400	0.90	0.0	3.0	5.0	8.0	10.0	13.0	0.0	6.0	20.0	52.0	40.0	52.0	40.0	260	--	--
0+425	0.90	0.0	2.0	4.0	6.0	9.0	12.0	0.0	6.0	20.0	48.0	40.0	48.0	40.0	391	--	--
0+450	0.90	0.0	3.0	5.0	8.0	11.0	14.0	0.0	7.0	20.0	56.0	44.0	56.0	44.0	260	--	--
0+475	0.90	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	0.0	4.0	20.0	60.0	48.0	60.0	48.0	260	--	--
0+500	0.90	0.0	2.0	4.0	6.0	9.0	11.0	0.0	5.0	20.0	44.0	36.0	44.0	36.0	391	--	--

Estadísticos:	Mínimo	40.0	32.0	260.4
	Promedio	53.0	43.0	328.6
	Máximo	72.0	60.0	390.6
	Desviación Stand	7.58	6.44	66.64
	Deflexión Caract	62.81	51.42	261.98
	Deflexión Admisible	75.00		

3. OBSERVACIONES

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N: MT-LL-573-2020 / FECHA: 10-08-2020
 N° DIAL: 9611135
 N° DIAL: 9611176

Ingeniero Olger Espinoza Villanueva



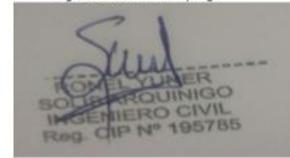
OLGER ESPINOZA VILLANUEVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 50177

Ingeniero Ronald Enciso Quispe



RONALD ENCISO QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 173827

Ingeniero Ronel Solís Arquino



RONEL SOLÍS ARQUINO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 195785

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO
REGISTRO DE CAMPO**

MEDIDA DE LA DEFLEXION EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN - BASE

EJECUTORES ALBINO MACHUCA, Kevin Francisco, ENCISO HIDALGO Marcela Elizabeth

UBICACIÓN Avenida La Unión Pter. Arco Pietamal

PROGRESIVA 0+000 - 0+500

FECHA DE ENSAYO 14/03/2020

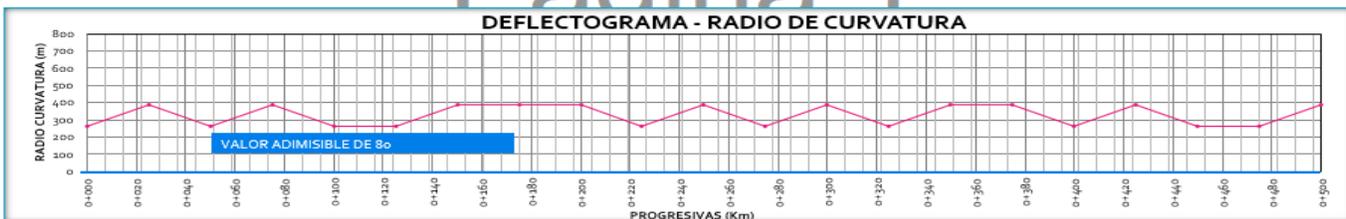
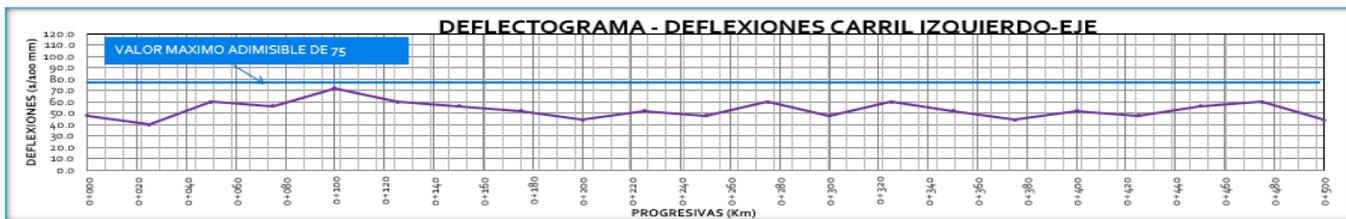
CALZADA Derecha (E-O)

CARRIL Eje Izquierdo

RELACIÓN 1:4

CARGA 8200 Kg

PRESIÓN 80 psi



Ingeniero Olger Espinoza Villanueva

Ingeniero Ronald Enciso Quispe

Ingeniero Ronel Solís Arquinigo

OLGER ESPINOZA VILLANUEVA
INGENIERO CIVIL

RONALD
ENCISO QUISPE

RONEL SOLÍS ARQUINIGO
INGENIERO CIVIL

Leyenda: Ficha de recolección de datos de deflexión de pavimento de la progresiva 0+00-0+500 calzada derecha

Fuente: Propia

Tabla 19. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Leyenda: Rangos para muestreo del PCI

Fuente: Vásquez Luis (p.3) PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.

Figura 25. Número de calicatas para exploración de suelos

Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Leyenda: Cantidad de calicatas para exploración de suelos según la clasificación de IMDA

Fuente: Norma CE 010 PAVIMENTOS URBANOS.

Figura 26. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 Tn.

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUB RASANTE Carpetas Asfálticas en Caliente + Base Granular + Subbase Granular						
TIPO SUB RASANTE CLASE DE TRANSITO	Inadecuada CBR < 3 % (*)	Pobre 3 % ≤ CBR < 6 % (*)	Regula	Buena	Muy Buena	Excelente
			6 % ≤ CBR < 10 %	10 % ≤ CBR < 20 %	20 % ≤ CBR < 30 %	CBR ≥ 30 %
Tr0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.136	1.871	1.557	1.392
Tr1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.470	2.165	1.809	1.625
Tr2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.702	2.367	1.979	1.780
Tr3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.956	2.593	2.173	1.959
Tr4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.107	2.725	2.283	2.059
Tr5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.434	3.012	2.521	2.274
Tr6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.866	3.395	2.841	2.561
Tr7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.206	3.707	3.105	2.797
Tr8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.63	4.103	3.449	3.107
Tr9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.837	4.300	3.624	3.267
Tr10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.092	4.552	3.869	3.501
Tr11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.226	4.679	3.985	3.609
Tr12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.341	4.883	4.173	3.786
Tr13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.907	5.323	4.580	4.172
Tr14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.052	5.460	4.708	4.293

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de suelos, que sera materia de Estudio Especial
- Con el Suelo Estabilizado la estructura del pavimento a colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

Leyenda: Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn, para diseño de pavimentos flexibles, rígidos y semirrígidos

Fuente: Manual de Carreteras; sección suelos y pavimentos del MTC

Figura 27. Sustento de metrados de ASSHTO-93 para costo por m²

SUSTENTO DE PLANILLA DE METRADOS									
PROYECTO :	Rehabilitación de pavimentos flexibles mediante sistema whitetopping con Losas de Geometría Optimizada en la Av. La Unión-Manchay, 2020								
DISEÑO :	PAVIMENTO RIGIDO CON ASSHTO-93								
UBICACIÓN :	MANCHAY-PACHAMAC-LIMA								
PARTIDA	DESCRIPCION	UND	N° VECES	LARGO	DIMENSIONES			SUB TOTAL	TOTAL
					ANCHO	ALTO			
01 PISTAS									
01.01	PAVIMENTO WHITETOPPING ASSHTO-93 (A=86.4 M2)								86.40
01.01.01	TRATAMIENTO DE FISURAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE	M2	1.00	12.00	7.20			86.40	

Leyenda: Sustento de metrados de la partida de tratamiento de fisuras en pavimento flexible

Fuente: Propia

Figura 42. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.05	PAVIMENTO DE CONCRETO PREMEZCLADO Fc=350 kg/cm2 C/PAVIMENTADORA (H=20cm.)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 270.0000	EQ. 270.0000	Costo unitario directo por : m3			334.92
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0296	20.96	0.62	
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0593	17.00	1.01	
0147010004	PEON	hh	0.5000	0.0148	15.30	0.23	
0147100023	CAPATAZ	hh	0.0100	0.0003	25.96	0.01	
							1.87
Materiales							
0221010033	CONCRETO PREMEZCLADO Fc=350 KG/CM2, CEMENTO PORTLAND TIPO I	m3		1.0500	272.00	285.60	
							285.60
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.87	0.09	
0349250002	PAVIMENTADORA DE CONCRETO DE ENCOFRADO DESLIZANTE	hm	1.0000	0.0296	1,600.00	47.36	
							47.45

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 43. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PAVIMENTO RIGIDO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m2			29.65
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	20.96	11.98	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5714	17.00	9.71	
0147100023	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0571	25.96	1.48	
							23.17
Materiales							
0202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 16	kg		0.2500	2.91	0.73	
0202010026	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1800	3.07	0.55	
0243040004	MADERA TORNILLO 16' A MAS (HABILITADO)	p2		1.0500	4.95	5.20	
							6.48

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 44. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.08		FLOTADO Y TEXTURIZADO DE CONCRETO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,080.0000	EQ. 1,080.0000	Costo unitario directo por : m2			1.99
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.0296	20.96	0.62	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0148	15.30	0.23	
0.85							
Equipos							
0348080008	PEINE DE FIBRA PLÁSTICA 2.44M	hm	2.0000	0.0148	25.55	0.38	
0348080009	PEINE DE METÁLICO 1.20 m	hm	2.0000	0.0148	27.35	0.40	
0348080010	FROTACHO DE MAGNESIO 1.80 m	hm	2.0000	0.0148	24.21	0.36	
1.14							

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 45. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.09		CORTE CON DISCO EN JUNTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES				
Rendimiento	m/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m			3.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	20.96	1.12	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0533	15.30	0.82	
0147100023	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0053	25.96	0.14	
2.08							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.08	0.10	
0337030003	CORTADORA DE CONCRETO 13HP DISCO DE 16"	hm	1.0000	0.0533	22.00	1.17	
1.27							

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 46. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.10	SELLADO DE JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN, CONTRACCIÓN Y ASFÁLTICAS					
Rendimiento	m/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m			9.46
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	20.96	1.40	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0667	15.30	1.02	
							2.42
Materiales							
0254610003	SELLADOR ELASTOMERICO POLIURETANO PARA JUNTAS	gal		0.0400	101.50	4.06	
0261010006	BACKER ROD (CORDON DE POLIURETANO) 8mm	m		1.0200	2.80	2.86	
							6.92
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.42	0.12	
							0.12

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 47. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.11	CURADO DE CONCRETO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2			1.30
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0320	15.30	0.49	
							0.49
					Fecha :	02/05/2018 22:20:17	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0103002	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. VICTOR MALASQUEZ ENTRE LOS TRAMOS AV. PAUL POBLET LIND HASTA LA AV. LA MOLINA - DISTRITO DE PACHACAMAC - PROVINCIA DE LIMA - REGIÓN LIMA					
Subpresupuesto	001	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. VI				Fecha presupuesto	15/02/2018
Materiales							
0229010043	CURADOR SIKA 200L	gal		0.0730	10.59	0.77	
							0.77
Equipos							
0349100012	MOCHILA CON PULVERIZADOR MANUAL	hm	1.0000	0.0320	1.25	0.04	
							0.04

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 48. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO FY=4200KG/CM2 EN JUNTA LONGITUDINAL			
Rendimiento	kg/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : kg	3.94
Fecha : 02/05/2018 22:20:17					

S10

Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0103002	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. VICTOR MALASQUEZ ENTRE LOS TRAMOS AV. PAUL POBLET LIND HASTA LA AV. LA MOLINA - DISTRITO DE PACHACAMAC - PROVINCIA DE LIMA - REGIÓN LIMA				
Subpresupuesto	001	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. VI			Fecha presupuesto	15/02/2018
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	20.96	0.48
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	17.00	0.39
0147100023	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	25.96	0.06
0.93						
Materiales						
0203020003	ACERO CORRUGADO Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0300	2.71	2.79
2.79						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.93	0.05
0349040036	MONTACARGAS 68 HP	hm	0.1000	0.0023	72.68	0.17
0.22						

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 49. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DOWELS LISO L=0.46M ALTURA = 0.125M (INCLUYE CANASTILLA)				
Rendimiento	m/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m	71.69	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	20.96	0.48
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	17.00	0.39
0147100023	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	25.96	0.06
0.93						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.93	0.05
0349040036	MONTACARGAS 68 HP	hm	0.2500	0.0057	72.68	0.41
0.46						
Subcontratos						
0401010025	SC SUMINISTRO DE DOWEL (BARRA PASAJUNTA + CANASTILLA)	m		1.0000	70.30	70.30
70.30						

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 50. Análisis de Costo Unitario de expediente técnico para ASSHTO-93 y TCP

Partida	02.06.01	TRATAMIENTO DE FISURAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m2			26.14
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	20.96	0.84	
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.1200	15.30	1.84	
0147100023	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0040	25.96	0.10	
						2.78	
Materiales							
0204000000	ARENA FINA	m3		0.0250	45.00	1.13	
0213000024	MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO	m3		0.0250	345.00	8.63	
						9.76	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.78	0.08	
0349010002	COMPRESORA NEUMÁTICA 250-330 PCM, 87 HP	hm	1.0000	0.0400	80.07	3.20	
0349040037	VOLQUETE 15 M3	hm	1.0000	0.0400	257.96	10.32	
						13.60	

Leyenda: ACU, los datos se utilizaron para el costo por m² y cronograma de ejecución

Fuente: Expediente Técnico de Av. Víctor Malásquez.

Figura 51. Pavimento rígido construido mediante whitetopping con losas de geometría optimizada



Leyenda: Pavimento rígido construido mediante whitetopping con losas de geometría optimizada

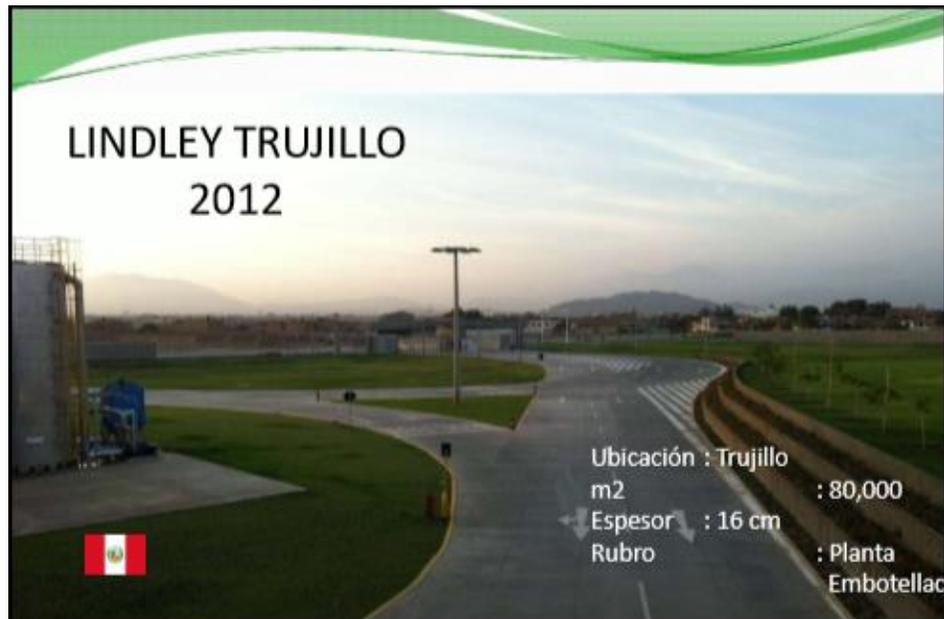
Figura 52. Pavimento rígido construido con TCP en Valdivia Chile



Leyenda: Pavimento rígido construido con TCP en Valdivia Chile

Fuente: TCPavements

Figura 53. Pavimento rígido construido con losas de geometría optimizada



Leyenda: Pavimento rígido construido con losas de geometría optimizada

Fuente: TCPavements

Figura 54. Pavimento rígido construido con losas de geometría optimizada en una vía tipo arterial



Legenda: Pavimento rígido construido con losas de geometría optimizada en una vía tipo arterial

Fuente: TCPavements

Anexo 6: Fotografías

Figura 55. Avenida Víctor Malásquez de N-S y Avenida La Unión de E-O



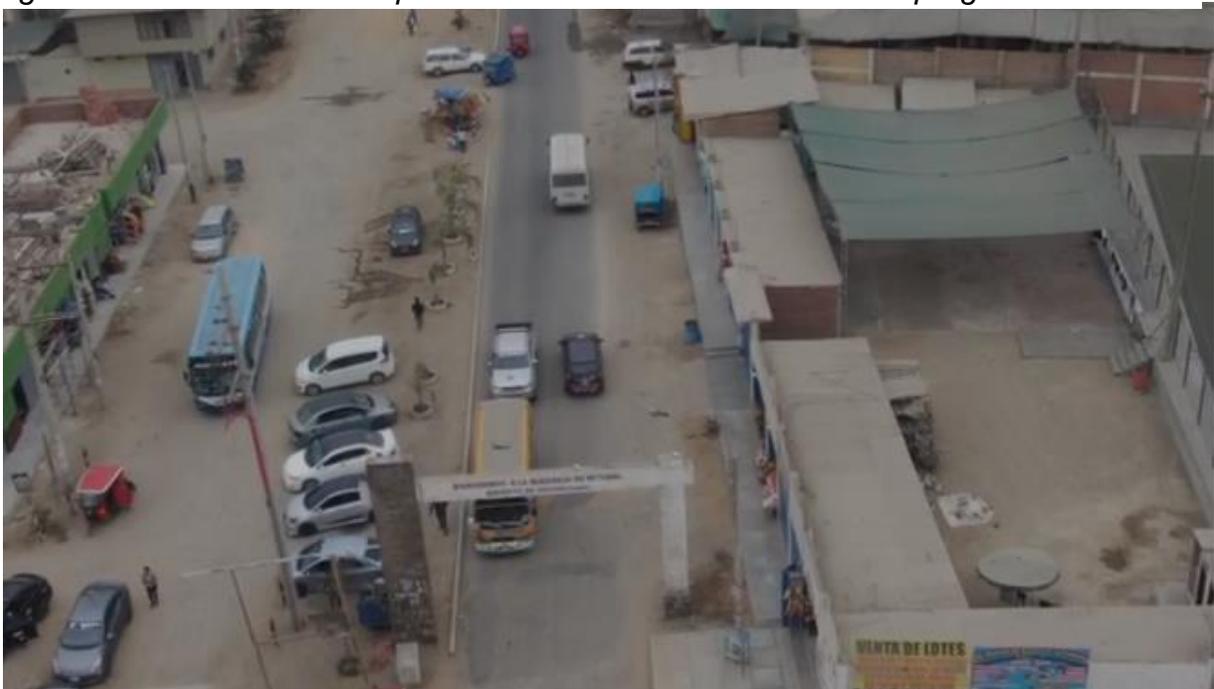
Legenda: Avenida Víctor Malásquez de N-S y Avenida La Unión de E-O

Figura 56. Tránsito vehicular Av. Malásquez



Leyenda: Se observa que el tránsito vehicular de la Av. Víctor Malásquez y la Av. La Unión son semejantes ya que la misma cantidad de vehículos transitan por las dos avenidas.

Figura 57. Av. La Unión con presencia de tránsito vehicular en la progresiva 0+000



Leyenda: Av. La Unión con presencia de tránsito vehicular de 6:00 am – 8:00 am. en la progresiva 0+000

Figura 58. Av. La Unión con presencia de tránsito vehicular en la progresiva 0+100



Leyenda: Av. La Unión con presencia de tránsito vehicular de 6:00 pm – 8:00 pm. en la progresiva 0+100

Figura 59. Ensayo estructural del pavimento flexible existente



Leyenda: Ensayo estructural del pavimento flexible existente, se inicia marcando con yeso cada 25 metros cada carril derecho, izquierdo y central.

Figura 60. Armado de la viga Benkelman



Leyenda: Se empezó armar la viga benkelman ajustando los pernos que corresponde.

Figura 61. Colocación de la viga Benkelman



Leyenda: Se ubico la viga benkelman en el eje del camión para dar inicio al ensayo en el carril derecho.

Figura 62. Lectura de los diales



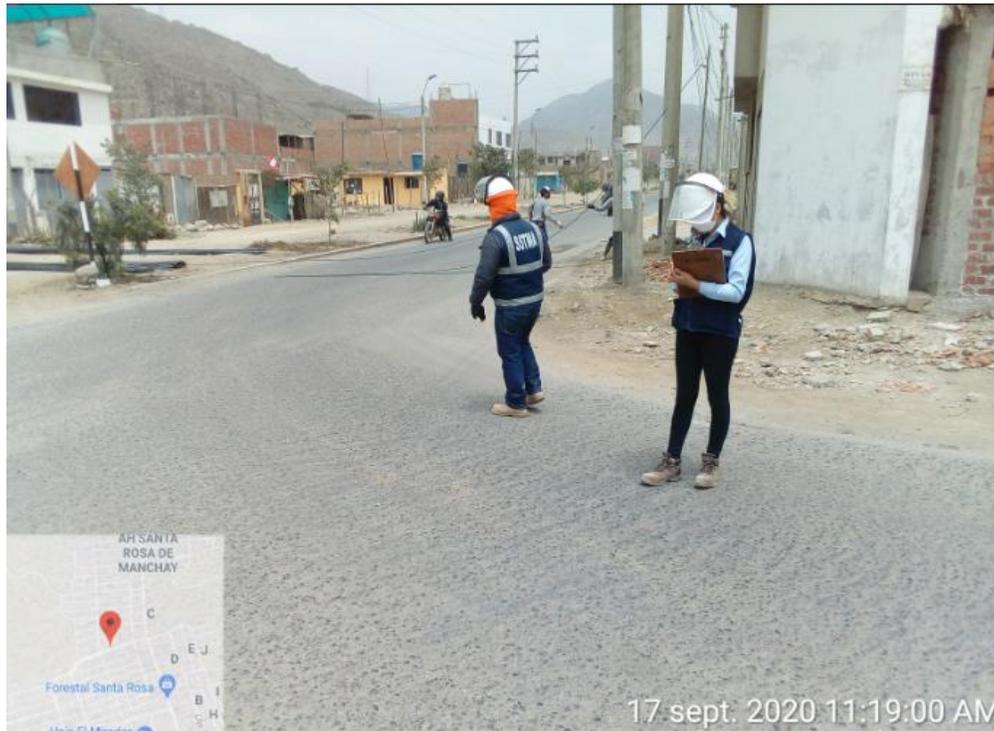
Leyenda: Anotación de lectura de los diales que inicio en el carril derecho y finalizara en el eje del carril izquierdo cada 25 metros según lo marcado.

Figura 63. Anotación de lectura de los diales



Leyenda: Anotación de lectura de los diales que inicio en el carril izquierdo y finalizo en el eje del carril derecho cada 25 metros según lo marcado.

Figura 64. Evaluación visual de la carpeta asfáltica existente mediante el Índice de condición del pavimento (PCI)



Leyenda: Evaluación visual de la carpeta asfáltica existente mediante el Índice de condición del pavimento (PCI) cada 324 m²

Figura 65. Presencia de fisuras en la progresiva 1+000 de la calzada



Leyenda: Presencia de fisuras en la progresiva 1+000 de la calzada

Figura 66. Presencia de grietas longitudinales



Leyenda: Presencia de grietas longitudinales de la progresiva 0+555 – 0+600.

Figura 67. Presencia de piel de cocodrilo



Leyenda: Presencia de piel de cocodrilo de la progresiva 0+555 – 0+600.

Figura 68. Inicio de levantamiento topográfico



Leyenda: Inicio de levantamiento topográfico en la progresiva 0+000 de la avenida La Unión.

Figura 69. Levantamiento topográfico progresiva 1+000



Leyenda: Se continuó avanzando con el levantamiento topográfico progresiva 1+000

Figura 70. Levantamiento topográfico



Leyenda: Levantamiento topográfico, se tomaron los puntos cada 20 m

Figura 71. Levantamiento topográfico 1.5 km de muestra de la Av. La Unión.



Leyenda: Se continuó avanzando con el levantamiento topográfico hasta culminar el 1.5 km de muestra de la Av. La Unión.

Figura 72. Pavimentadora de 7.20 m de ancho en Av. Víctor Malásquez Tramo I



Leyenda: Pavimentadora de 7.20 m de ancho luego de haber pavimentado en la Av. Víctor Malásquez-Manchay

Figura 73. Pavimentadora de 7.20 m de ancho en Av. Víctor Malásquez Tramo III



Leyenda: Pavimentadora de 7.20 m de ancho posicionada para pavimentar en la Av. Víctor Malásquez-Manchay

Figura 74. Ficha Técnica de elastomérico de poliuretano



DATOS TECNICOS

Aspecto: Pastoso
 Color: Gris
 Densidad a 20°C 1,32 ±0,01 Kg/L
 Mezcla Parte A + Parte B
 Ecurrimiento (ISO 7390) Ninguno
 Temperatura de aplicación: de +5 a +40°C
 Tiempo de Aplicación: 120min.
 Secado al tacto: 4 horas
 Índice de Curado: 3 días
 Dureza Shore A D-2240 35± 1
 Modulo al 100% (ISO 8339): Aprox. 0,4 MPa

Porcentaje de elongación ASTM D-412: ≥ 300%
 Resistencia al rasgado ASTM D-624: > 45 lb/pulg.
 Resistencia a la temperatura: -40 a +195°C
 Resistencia a la tensión: 35 Psi
 Resistencia a la compresión: 95%
 Resistencia a bases y ácidos diluidos: Media
 Resistencia a la radiación UV: Buena
 Resistencia al agua y a la niebla salina: Excelente

Compatibilidad con pinturas:
 Base agua: Si
 Base solventes: Ensayos previos

PRODUCTO NO CONTROLADO POR SUNAT

USGBC VALORACIÓN LEED
 SELLA FLEX PU 40 cumple con los requerimientos LEED. LEED CI 2009 IEQc. 4.1 Low-Emitting Materials – Adhesives and Sealants (<250) y Green Seal Standard for commercial Adhesives GS-36 (SCAQMD Rule #1168.).
 Contenido de VOC < 100 g/L (menos agua)

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SELLAFLEX PU 40 Cumple con las especificación TT-S-00227E, Tipo II, Clase A; ASTM C920, Tipo M, Clase 25, Grado NS, Utilice T, M, A y O. ISO11600-F-25 LM. SELLAFLEX PU 40 supera los requisitos de prueba de ASTM C1247 para selladores expuestos a continua inmersión en líquidos. SELLAFLEX PU 40 es un sellador elastómero bi componente a base de poliuretano que cura en contacto con la humedad atmosférica, transformándose en una junta flexible y resistente con una excelente adherencia en la mayor parte de los materiales que se usan tradicionalmente en la construcción. Aprobado como sellador de juntas para superficies con la posibilidad de contacto incidental con alimentos, tales como losas, muros. Por su dureza Shore A ±35 posee mayor resistencia al desgaste manteniendo la misma elongación de 600% que los selladores convencionales de dureza Shore ±25, esta cualidad lo hace especial para sellar juntas de canales de irrigación.

USOS

- Para juntas verticales y horizontales (no es auto nivelante).
- Normalmente no necesita imprimación pero es recomendable para mayor adherencia utilizarlo.
- Es especial para sellar juntas en pasos y elevadores, juntas de control y expansión en plataformas y rampas de estacionamientos, aceras, estadios pisos de bodegas, industriales y áreas de tráfico pesado de peatones y vehículos.
- Es especial para juntas bajo agua en canales de irrigación.
- Para carpintería y para juntas de paneles prefabricados ligeros y pesados, en madera, aluminio y PVC.
- Para pegado de tejas de barro cocido y tejas de hormigón.

VENTAJAS

- Alta elasticidad, durabilidad y flexibilidad.
- Durable.
- Para juntas verticales y horizontales (no es auto nivelante).
- Resistente al corte y desgarramiento.
- Absorbe movimientos de expansión y contracción de 50 %.
- Resistente a la abrasión e interperismo.
- Se adhiere a cualquier sustrato.
- Resiste cortes rasgado.
- No se escurre es especial para juntas verticales.
- Se puede pintar sobre el sello.
- Resistente a hidrocarburos

SUPERFICIES RECOMENDADAS

Es especial para uso en juntas de:

- Losas de concreto.
- Canales.
- Todo tipo de junta expuesta.
- Muy buena adherencia en concreto, mortero, metales, madera, vidrio, poliéster, piedra, azulejos, drywall, placa cemento y cerámicos.

ENVASES

Juego de galon

SELLAFLEX PU 40

www.aditivosespeciales.com.pe

APLICACION

SELLAFLEX 40 Se puede aplicar en forma manual o con pistola neumática.

Después de la aplicación, use una espátula para alisar la junta con agua jabonosa (opcional).

Mezclar los componentes por separado.

Verter el componente B sobre el componente A, mezclar en forma homogénea. Aplicar sobre la junta.

Preparamos la superficie

La superficie que estará en contacto debe estar limpia, libre de polvo, grasas, aceites, pinturas, ceras, selladores o cualquier sustancia que pudiera interferir con la adhesión.

Para juntas que estarán sumergidas en agua aplique el imprimante PRIMER 75 o PERPRIMER POX que recomiende el fabricante (opcional).

La temperatura en el momento de la aplicación de estar entre 4°C y 40°C.

TIEMPO DE VIDA – ALMACENAMIENTO

Los envases sellados de este producto se garantizan durante 12 meses si se mantiene en su envase original herméticamente cerrado entre 5 y 25°C.

En caso el producto este vencido consultar al fabricante para la revisión y aceptación de su uso.

LIMITACIONES

No presenta ningún tipo de limitaciones sobre las superficies recomendadas.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

No clasificado como peligroso. Lea la hoja de Seguridad antes de usar.

RENDIMIENTO Y CONSUMO

Se recomienda usar SELLAFLEX 40 según el ancho y profundidad de la junta.

Para juntas de 1" de ancho por 1/2 de profundidad rinde aproximadamente 12 ml.

LIMPIEZA

Herramientas se deben limpiar con SOLVENTE 100 antes que el sellador haya curado completamente. Después de curar, abrasión es necesaria.



Leyenda: Ficha Técnica de elastomérico de poliuretano material para sellar juntas en pavimentos rígidos.