

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTO PARA LA
CONSERVACIÓN VIAL EN EL TRAMO LA
QUINUA – CHALLHUAMAYO, REGIÓN
AYACUCHO, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autor:

Francesca Jennifer Miranda Aragon

Asesor:

Ing. Marko Anibal Torres Flores

<https://orcid.org/0000-0002-6581-0202>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Jose Luis Neyra Torres	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ing. Ruben Kevin Manturano Chipana	46905022
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Edmundo Vereau Miranda	10557797
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A mi padre, Guido, por darme el mejor regalo que se le puede dar a una persona, creer en mí.

A mi madre, Lourdes, por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y de mi vida.

A mi hermana Giulianna, mi moti, mi mejor amiga, mi alma gemela y la mejor parte de mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de cumplir mis metas y guiar mis pasos.

A mis padres, Guido y Lourdes, por todo el apoyo moral y económico que me brindaron, gracias a ello, estoy alcanzado mis metas con mucho orgullo. Mis logros y mis triunfos se los debo a ustedes, los amo muchísimo.

A Giulianna, Guido, Nadia y Alejandro, mis hermanos, por apoyarnos en todo momento para poder lograr nuestros objetivos.

A Luis Chacón, por apoyarme incondicionalmente en mi carrera universitaria y por confiar en mí.

A mi asesor, el Ing. Marko Anibal Torres Flores, por su paciencia y conocimientos brindados.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	35
1.3. Objetivos	35
1.4. Hipótesis	36
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	37
CAPÍTULO III: RESULTADOS	73
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	101
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones para los ensayos de emulsión asfáltica y residuo para CQS-1h	21
Tabla 2: Requerimientos para las emulsiones modificadas con polímeros	22
Tabla 3: Granulometría de los agregados.....	23
Tabla 4: Requerimiento de los agregados para micropavimentos en frío	23
Tabla 5: Granulometría del filler.....	24
Tabla 6: Requerimientos para el agua	25
Tabla 7: Especificaciones para los ensayos de diseño de micropavimento.....	29
Tabla 8: Límites para los componentes del micropavimento	31
Tabla 9: Matriz de operacionalización de la variable independiente	38
Tabla 10: Matriz de operacionalización de la variable dependiente	40
Tabla 11: Características de la cantera Pedregal	44
Tabla 12: Criterios de clasificación para ensayo de Schulze Breuer and Ruck	71
Tabla 13: Resultado de granulometría del agregado	73
Tabla 14: Resultado de equivalente de arena	74
Tabla 15: Resultado de azul de metileno	74
Tabla 16: Resultado de peso unitario seco suelto.....	75
Tabla 17: Resultado de Riedel-Weber	75
Tabla 18: Resultado de resistencia a la abrasión.....	76
Tabla 19: Resultado de granulometría del filler.....	77
Tabla 20: Resultado de viscosidad Saybolt Furol	77
Tabla 21: Resultado de sedimentación.....	77
Tabla 22: Resultado del tamizado	78
Tabla 23: Resultado de carga de partícula.....	78
Tabla 24: Resultado de residuo asfáltico por evaporación.....	79
Tabla 25: Resultado de penetración	79
Tabla 26: Resultado de ductilidad.....	80
Tabla 27: Resultado de recuperación elástica	80
Tabla 28: Resultados de índice de Fraas	80
Tabla 29: Resultado de tiempo de mezclado.....	82
Tabla 30: Resultado de porcentaje óptimo de humedad.....	82
Tabla 31: Resultado de cohesión.....	83
Tabla 32: Resultado de Wet Striping	84
Tabla 33: Resultados de abrasión en húmedo (WTAT)	85
Tabla 34: Resultados de rueda cargada (LWT).....	86
Tabla 35: Resultado de desplazamiento lateral	87

Tabla 36: Resultados de Schulze Breuer and Ruck.....	88
Tabla 37: Clasificación y puntuación por muestra.....	89
Tabla 38: Clasificación y puntaje final	90
Tabla 39: Diseño final de micropavimento	91
Tabla 40: Resultados de los ensayos del agregado.....	101
Tabla 41: Resultados de los ensayos de la emulsión asfáltica.....	102
Tabla 42: Resultados de los ensayos del residuo asfáltico	102
Tabla 43: Resultados de los ensayos para el diseño del micropavimento	103
Tabla 44: Análisis comparativo costo-beneficio por m2.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Camión micropavimentador	32
Figura 2: Barredora mecánica	34
Figura 3. Tramo La Quinua – Challhuamayo.....	41
Figura 4. Viscosímetro	47
Figura 5. Muestra en el viscosímetro	47
Figura 6: Fuente de poder y electrodos	48
Figura 7. Peso de tamiz y fondo.....	49
Figura 8. Muestra con tamiz N° 20	50
Figura 9. Lavado de muestra.....	50
Figura 10. Probeta con muestra.....	51
Figura 11. Muestra a 163°C	53
Figura 12. Aparato de penetración	54
Figura 13. Molde con muestra.....	55
Figura 14. Ductilómetro	56
Figura 15. Recuperación elástica	57
Figura 16: Equipo para ensayo de Índice de Fraass	58
Figura 17: Residuo asfáltico teórico.....	59
Figura 18. Tiempo de mezclado	61
Figura 19: Cono de absorción de arena y escala de flujo	62
Figura 20. Cohesímetro	63
Figura 21: Muestra de ensayo de desnudamiento húmedo.....	64
Figura 22. Muestras a 60 minutos	65
Figura 23. Ensayo abrasión en húmedo WTAT	66
Figura 24. Ensayo rueda cargada y adhesión de arena LWT	67
Figura 25: Muestra desplazamiento lateral	68
Figura 26. Moldes cilíndricos.....	69
Figura 27. Cilindros de agitación	70
Figura 28. Máquina de abrasión	70
Figura 29. Muestras después de estar sumergidas en agua hervida	71
Figura 30 Curva granulométrica	73
Figura 31. Porcentaje óptimo de humedad.....	83
Figura 32. Curva de cohesión.....	84
Figura 33. Curva WTAT	85
Figura 34. Curva LWT	86
Figura 35. Cantidad óptima de asfalto	87

Figura 36. Trabajo de limpieza	93
Figura 37. Barredora mecánica	93
Figura 38. Limpieza de caja esparcidora.....	94
Figura 39. Aplicación de micropavimento.....	95
Figura 40. Tramo La Quinua – Challhuamayo.....	95
Figura 41. Personal técnico	96
Figura 42. Caja esparcidora.....	96
Figura 43. Rodillo Neumático 10 Ton	97
Figura 44. Apertura al tránsito	98
Figura 45. Apertura al tránsito	98
Figura 46. APU por m2 de Micropavimento.....	99
Figura 47. APU por m2 de Slurry Seal	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Superficie específica	58
Ecuación 2: Curva B	60
Ecuación 3: Curva G	60
Ecuación 4: Curva H	60
Ecuación 5: Porcentaje de emulsión teórico.....	60

RESUMEN

La presente tesis abarca la problemática generada a partir de la no conservación de las carreteras, la búsqueda de materiales innovadores los cuales brinden mayores beneficios económicos, vida útil, entre otros, planteando como objetivo principal determinar la influencia de aplicar micropavimento para la conservación vial en el tramo La Quinua – Challhuamayo, región Ayacucho, asimismo, realizar las verificaciones correspondientes de los ensayos a los componentes y diseño del micropavimento.

Se realizó una investigación de tipo aplicativo, explicativo y no experimental ya que se hizo una revisión del proyecto haciendo uso de los reportes de laboratorio, fichas técnicas y manuales para así cumplir con todos los objetivos planteados.

Los resultados han sido satisfactorios puesto que todos los ensayos cumplen con las exigencias planteadas por la norma ISSA y por el manual del MTC, por otro lado, la aplicación del micropavimento no ha presentado problemas por factores externos y climatológicos brindando así mayor seguridad y comodidad al usuario.

PALABRAS CLAVES: micropavimento, conservación vial, pavimento

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las carreteras son los principales activos en cuanto a transporte de un país, su conservación de estas influye en la velocidad de depreciación de la misma, por ello, sin un adecuado mantenimiento los valores de las redes de carreteras disminuirían rápidamente, generando efectos adversos para los usuarios y sociedad influyendo directamente en cuanto a seguridad, economía, medio ambiente y sociales (Asociación mundial de la carretera, 2014).

En la actualidad la mayor parte del transporte es terrestre y uno de los principales problemas es la falta de desarrollo de infraestructura vial ya que éste nos posibilita a mejorar los indicadores productivos y competitivos que impactan sobre el crecimiento y desarrollo económico del país (Rojas y Ramírez, 2018). Tener una red de carreteras en buen estado es necesario para todo país, ya que permite satisfacer las necesidades básicas como salud, educación, alimentación y mejora económica para los pueblos.

Según Ramos (2018), para realizar el mantenimiento periódico de un pavimento flexible, el micropavimento es una opción ventajosa que contribuye a mejorar y corregir las fallas superficiales y de esta manera frenar un deterioro acelerado del pavimento. Asimismo, Aranda y Zamora (2018) recomiendan utilizar el micropavimento porque éste al trabajarse con agua y en frío no contamina y permite la preservación del pavimento.

El Perú al ser un país en pleno desarrollo, no es ajeno a la construcción constante de infraestructura vial es por esta razón que Figueroa, Crovetto, Ortiz y Pérez (2017) señalan que el Perú debe realizar inversiones en la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial, lo cual permitirá mayor intercambio comercial, tanto interno como externo.

Según el Ministerio de transportes y Comunicaciones (2016) nos dice que la red de carreteras del Perú se descompone en 3 las cuales son: Red vial Nacional, Departamental y vecinal; teniendo únicamente un 13.70% del total de vías pavimentada, siendo la red nacional la más pavimentada con un 69.70%, lo cual hace requerir de un plan de mantenimiento con diferentes alternativas de materiales según el clima, sinuosidad del terreno, topografía todo esto con el fin de obtener su mayor vida útil.

En la región de Ayacucho según el Ministerio de Transportes y comunicaciones (2020) se va destinar S/.377 000 000 millones de soles en el marco del programa Arranca Perú para la conservación de redes nacionales y vecinal de la región de Ayacucho, ejecutándose así 2079 km de mantenimiento en la red nacional con una inversión aproximada de S/.113 000 000 millones de soles.

El presente trabajo se centra en los proyectos los cuales se desea aplicar micropavimento en su mantenimiento periodico, centrándose como lugar de estudio el tramo vial La Quinoa – Challhuamayo perteneciente a la ruta nacional Emp. PE – 3S ubicado en la región de Ayacucho al sur de la sierra central del Perú, abarcando la problemática generada a partir de la no conservación de las carreteras, la búsqueda de materiales innovadores los cuales brinden mayores beneficios económicos, vida útil, entre otros; es ahí donde se da a relucir el micropavimento el cual como demuestran diferentes estudios es un material que tiene mayores beneficios por encima de los materiales tradicionales.

Antecedentes internacionales:

Sangiorgi, Bitelli, Lantieri, Irali y Girardi (2012) en su artículo de investigación “A study on texture and acoustic properties of cold laid microsurfacing” estudian el micropavimento como una técnica económica para una operación de conservación vial que proporciona resistencia efectiva al deslizamiento y uniformidad de la superficie mejorando así la seguridad vial. Asimismo, los autores tenían como objetivo desarrollar una aplicación innovadora de micropavimento, capaz de reunir algunas soluciones técnicas en un solo material para diversos aspectos funcionales y ambientales utilizando un dispositivo de escáner láser 3D para evaluar la textura de la superficie y analizar los parámetros de rugosidad. Finalmente concluyeron que el micropavimento es una solución capaz de extender el ciclo de vida del pavimento al restaurar una contribución significativa en términos de seguridad asimismo planean más estudios sobre soluciones adicionales para intervenciones de mantenimiento.

Vargas (2016) en su tesis “Experiencia de diseño de micropavimentos en el Salvador” para optar el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad de Piura, Lima estudia y realiza el diseño de micropavimentos vinculados a la realidad peruana haciendo una comparación de la norma ISSA A-143, versión febrero 2010 y con las normas peruanas EG 2013 del MTC. Según el autor los resultados fueron satisfactorios ya que desarrolló un mecanismo para el diseño de micropavimentos puesto que indica que la norma indica parámetros mas no manifiesta un procedimiento o metodología a seguir para el diseño. Adicionalmente, el autor recomienda diseñar con las canteras propias de la zona ya que el diseño del micropavimento tiene relación con la composición química de los agregados y cada diseño están y vinculados a la realidad de cada país, es decir, clima, temperatura, tipo de material, humedad, etc.

Toscano (2014) en su tesis “Diseño de micro-pavimento aplicado como tratamiento superficial para el control de la Variación Térmica en el pavimento flexible de la vía Pifo – Cusubamba, como parte del mantenimiento periódico” planteando como problema principal la falta de mantenimiento que se le realizan en las vías para que puedan llegar a la mayor vida útil, entre las diferentes opciones de tratamiento superficiales destaca el micropavimento por sus diferentes beneficios que este trae consigo. Plantea como objetivo principal diseñar un micropavimento duradero, concluyendo así después de los ensayos en laboratorio que los agregados utilizados para la mezcla son fundamentales para poder obtener un buen diseño de mezcla así también el clima propio de la zona en donde se va colocar ya que este alteraría el porcentaje de humedad que debe tener el agregado, dando como recomendación que es necesario la realización de mínimo 3 a 4 diferentes diseños con el fin de obtener el más óptimo para la vía.

Fuentes y Flores (2021) en su artículo de investigación “Aplicación de micropavimentos en el Altiplano” en donde nos habla del uso del micropavimento como un material “novedoso” que viene siendo adaptado en mayor cantidad en los últimos años por su larga vida útil que se obtiene con este material además de su rápida apertura de tráfico “Quick – traffic”, nos presenta un caso de una vía del país de Bolivia en donde en su cuarta etapa se decidió aplicar el micropavimento siendo este proyecto reconocido en el vecino país por ser uno de los primeros en emplear soluciones novedosas y que se viene desempeñando de manera adecuada. Concluyendo así que el micropavimento es una solución “novedosa” que principalmente brinda ventajas en cuanto a vida útil además de ser mucho más ecológico en cuanto a otros materiales, sin embargo, es necesario evaluar la cada proyecto para poder usar el material adecuado en cada zona.

Antecedentes nacionales:

Rujel y Solórzano (2015) en su tesis “Importancia de la determinación de un micropavimento en frío como capa de rodadura de alta performance para el proyecto Conococha – Recuay” para optar el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Ricardo Palma, Lima estudian el proyecto mencionado anteriormente utilizando los laboratorios para poder determinar la compatibilidad de materiales, diseño de la mezcla y aplicación en el proyecto, también, durante la aplicación del micropavimento se verificó el control de calidad para viabilizar la solución planteada donde señalan que presenta factores complejos tanto en clima, geografía y tráfico. Los autores concluyeron que el micropavimento era la solución técnica más efectiva para el proyecto, y es la más eficiente por su alto desempeño de colocación, asimismo, los autores recomiendan que el diseño final del micropavimento se realice inmediatamente antes de iniciar la operación del proyecto.

Salinas (2009) en su tesis “Aplicación de micropavimento usando asfalto modificado con Polímero en la vía Sullana – Aguas Verdes” para optar el grado de ingeniero civil, en donde plantea principalmente como objetivo dar a conocer la aplicación de micropavimento con asfaltos modificados, logrando concluir que al comparar el tipo de asfalto modificado y el tradicional no existe ahorro significativo en cuanto a dinero, sin embargo, sí se espera un mayor periodo de vida útil del pavimento; resaltando el tiempo de reapertura del tráfico con esta tecnología lo cual en este caso fue de 2 horas, además de obtener finalmente una buena macro textura lo cual es bueno para mejorar la resistencia al deslizamiento, entre otras cosas destacables que se pueden dar al aplicar micropavimento en vías.

Contreras y Furlong (2020) en su tesis “Calidad del micropavimento, utilizando las canteras del Milagro de la Provincia de Trujillo, 2020” para optar el grado de ingeniero civil, en donde se realizando ensayos a los agregados de las 6 canteras ubicadas en el Milagro de las cuales solo 1 llega a obtener los criterios de calidad requeridas para el micropavimento, esto nos da cuenta del alto estándar de calidad que debe tener el material usado para la fabricación de este, concluyendo así que la cantera Bauner cumple con los estándares de calidad para la fabricación del micropavimento tipo M-II, finalmente recomienda a las empresas constructoras tener mucho cuidado en la colocación de este material ya que al ser una técnica nueva poco conocida en el Perú podrían haber aun fallas en su colocación por parte de estas.

Palomino y Rodriguez (2017) en su tesis titulada “Importancia en la selección de criterios de diseño en el desempeño de micropavimento aplicado al proyecto vial Conococha – Recuay” para optar el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, estudian el al proyecto Conococha – Recuay en donde se da los criterios principales para una buena colocación del micropavimento los cuales nos dice que son 3: materiales de alta calidad, diseño competente y proceso constructivo. Teniendo como objetivo principal demostrar la importancia de la fase de diseño del micropavimento para poder llegar a su puesta en obra correcta, concluyendo así que se obtuvo los rangos admitidos para cada una de sus características de los agregados, dando énfasis en la cantidad de asfalto que se debe emplear, brinda como recomendación realizar siempre un tramo prueba a la vía.

Definiciones Conceptuales:

- Asfalto de curado rápido: Asfalto disuelto constituido de cemento asfáltico y un diluyente de alta volatilidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Asfalto modificado: Producto de la integración de un polímero o distinto modificador en el pavimento para mejorar sus propiedades físicas y geológicas como reducir la sensibilidad a la temperatura y humedad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Cantera: Almacenamiento natural de materiales aptos para la construcción, reparación, mejora y/o mantenimiento de carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Carretera: Vías de tránsito de vehículos automotores, de al menos dos ejes, cuyas características geométricas se ajusten a las normas técnicas vigentes en el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Carretera pavimentada: Carretera con superficie de rodadura compuestas por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Obra: Infraestructura vial implementada en un **ÁREA DE TRABAJO**, teniendo como base un Expediente Técnico aprobado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Pavimento: Sistema construido sobre la subrasante de la vía para soportar y distribuir los esfuerzos que ejercen los vehículos y mejorar las condiciones para el tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Polímero: Aditivo modificador del asfalto (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- Red vial: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Red vial Nacional: Pertenece a las carreteras nacionales que sirve como elemento destinatario de las redes Departamentales y Vecinales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Seguridad vial: Conjunto de actividades que sirven para evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y disminuir los impactos sociales negativos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Superficie de rodadura: Plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).
- Transitabilidad: Nivel de servicio de la infraestructura vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Bases teóricas:**Conservación Vial**

Conjunto de actividades técnicas de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de forma inmediata cada vez que se detecta un deterioro del camino, y que debe ser subsanado en el mínimo tiempo de ejecución desde el momento en que es detectado, de modo que asegure el mejor servicio a los usuarios, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica (MTC, EG 2013).

o Conservación rutinaria:

Se trata de una serie de actividades que se realizan de forma permanente en las vías para mantener sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y se relacionan principalmente a perfilado, roce, limpieza, bacheo, eliminación de derrumbes de pequeña escala (MTC, EG 2013).

o Conservación periódica:

Es un conjunto de actividades programables que se realizan en la vía cada cierto periodo de tiempo para restablecer sus condiciones de uso donde estas actividades pueden ser manuales o mecánicas involucrando principalmente: sustitución de capas de rodadura, reparación o reconstrucción de capas inferiores de la vía, reparación o reconstrucción de muros, túneles, obras de drenaje, señalización y elementos de seguridad vial, reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes (MTC, EG 2013).

Micropavimento

Es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, agua, filler y aditivo; correctamente proporcionados, mezclados y colocados sobre la superficie preparada según especificaciones (ISSA A 143, 2010).

- Emulsión asfáltica modificada con polímero: Es el producto de la disolución en el asfalto de polímeros que tienen la intención de modificar sus propiedades físicas y químicas. El material polimérico se debe moler o combinar en la solución de asfalto o emulsionante antes del procedimiento de emulsificación.

Tabla 1

Especificaciones para los ensayos de emulsión asfáltica y residuo para CQS-1h

ENSAYOS	MÉTODO		ESPECIFICACIONES
	AASHTO	ASTM	
Establecimiento y estabilidad de almacenamiento de asfaltos emulsionados, 24h	T 59	D 6930	1% máximo
Destilación de emulsión asfáltica ¹	T 59	D 6997	62% mínimo
Ensayo de emulsión asfáltica residual			
Punto de ablandamiento	T 53	D 36	135°F (57°C) mínimo
Penetración a 25°	T 49	D 5	40 -90 ²

Nota: Estos ensayos no están establecidos para el micropavimento en el manual de carreteras EG 2013 pero se puede validar lo correspondiente: la estabilidad de almacenamiento de asfaltos emulsionados, 24h es para un estricto control de calidad y el punto de ablandamiento cuando se coloca el micropavimento a temperaturas ambientales muy bajas.

Fuente: ISSA A 143

Tabla 2
Requerimientos para las emulsiones modificadas con polímeros

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA
Viscosidad Saybolt Furol (25°C) (sSf)	MTC E 403	20 – 100
Sedimentación (7 días)	MTC E 404	5% máximo
Prueba de tamiz	MTC E 405	0.1% máximo
Carga de partícula	MTC E 407	Positiva/Negativa
Determinación del residuo asfáltico	MTC E 411	62% mínimo
Prueba sobre el residuo de evaporación		
Penetración, 25°C, 100 g, 5 s	MTC E 304	50 – 90 ¹ mm 100 – 150 mm
Ductilidad 5°C	MTC E 306	≥ 10 cm
Índice de Fraass	MTC E 311	-17°C máx.
Recuperación elástica, 25°C, 20 cm, 1h	ASTM D6084	30% mín.

¹En función a las condiciones climáticas del proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-90 o 100-150)

Fuente: MTC EG

- Agregado: Se utilizará piedra triturada como granito, escoria, piedra caliza u otro agregado de alta calidad, o una combinación de los mismos. Para verificar que el material esté 100% triturado, el agregado principal será más grande que la piedra más grande en la granulometría utilizada (ISSA A 143, 2010). La granulometría debe satisfacer la siguiente tabla mostrada a continuación al igual que cumplir el requerimiento de los ensayos de los agregados.

Tabla 3
Granulometría de los agregados

TAMICES		PORCENTAJE PASANTE			
(mm)	(ASTM)	Tipo M-I	Tipo M-II	Tipo M-III	Tipo M-IV
12.5	1/2"				100
10.0	3/8"		100	100	85-98
5.0	N° 4	100	85-95	70-90	62-80
2.5	N° 8	85-95	62-80	45-70	41-61
1.25	N° 16	60-80	45-65	28-50	28-46
0.63	N° 30	40-60	30-50	18-34	18-34
0.315	N° 50	25-42	18-35	12-25	11-23
0.16	N° 100	15-30	10-24	7-17	6-15
0.08	N° 200	10-20	5-15	5-11	4-9

¹Para este proyecto se está utilizando Tipo M-III

Fuente: MTC EG

Tabla 4
Requerimiento de los agregados para micropavimentos en frío

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA
Partículas fracturadas	MTC E 210	100%
Durabilidad al Sulfato de sodio	MTC E 209	12% máximo
Desgaste de Los Ángeles	MTC E 207	25% máximo
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% mínimo
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máximo
Adherencia Riedel-Weber	MTC E 220	4 mínimo
Adherencia Método Estático	ASTM D 1664	95% mínimo

Fuente: MTC EG

- **Filler mineral:** Se utilizará cemento Portland, cal hidratada, polvo de piedra caliza, cenizas volantes u otro material de relleno aprobado que cumpla con las condiciones de ASTM D 242 si así lo requiere el diseño de la mezcla. Puede usarse para mejorar la resistencia de la mezcla y para adecuar las propiedades de fragmentación y curado de la mezcla (ISSA A 143, 2010). El contratista entregará al supervisor para cada lote de productos que se utilizará, los certificados de calidad del productor o los resultados de las pruebas cumpliendo las condiciones especificadas (MTC EG, 2013).

Tabla 5
Granulometría del filler

MEDIDA DEL TAMIZ		PORCENTAJE PASANTE
(mm)	(ASTM)	
0.630	N° 30 (600 μm)	100
0.315	N° 50 (330 μm)	95 – 100
0.080	N° 200 (75 μm)	70 – 100

Fuente: ASTM D 242

- **Agua:** El agua deberá ser limpia y estar libre de sales y otras sustancias nocivas. En general, el agua potable se considera apta para el uso del diseño y ella se podrá utilizar sin necesidad de realizar ensayos, sin embargo, si la calidad de agua está en pregunta, debe enviarse al laboratorio con las otras materias primas para que se realicen los ensayos correspondientes cumpliendo con los requerimientos presentados a continuación (MTC EG, 2013).

Tabla 6

Requerimientos para el agua

ENSAYOS	NORMA	EXIGENCIA
PH	NTP 339.073	5.5 – 8
Contenido de sulfatos (SO4) ¹	NTP 339.072	3000 PPM máximo

¹Determinado según norma NTP 339.074

Fuente: MTC EG

- Aditivos: Se pueden emplear aditivos para acelerar o retrasar la ruptura/fraguado del micropavimento. Los aditivos adecuados y su rango de uso adaptable deben ser aceptados por el laboratorio como parte del diseño de la mezcla (ISSA A 143, 2010).

Ensayos de caracterización de agregados

Estos ensayos mostrados a continuación sirven para identificar y determinar la calidad de los agregados.

- Análisis granulométrico: Este ensayo consiste en determinar la gradación de materiales propuestos con la finalidad de reconocer por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada, la distribución de partículas que deben satisfacer las especificaciones mostradas en la Tabla 3. Los equipos y materiales a utilizar son: Balanzas, estufa y tamices especificados (MTC E 204, 2016).

- **Equivalente de arena:** Este ensayo tiene como propósito indicar las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4,75mm).

Nos indica la cantidad de arena de nuestro árido, a mayor porcentaje, mayor cantidad de arena y menor cantidad de finos. Los equipos y materiales a utilizar son: cilindro graduado, horno, agitador mecánico o agitador de operación manual, lata de medición, tamiz n° 4, embudo, dos botellas de 3.8 L, papel filtro y stock de solución (MTC E 114, 2016).

- **Azul de metileno:** Este ensayo es uno de los procedimientos de laboratorio más confiable para la identificación y clasificación de arcillas con el propósito de describir las características del emulsificante químico a emplear en el diseño de la emulsión asfáltica. Los equipos y materiales son: balanza, bureta de vidrio, barra solida de vidrio de 20cm, agitador, recipiente, filtro y tamices (Coronel, 2017).
- **Peso unitario suelto:** Este ensayo tiene como finalidad determinar la relación masa/volumen donde se desconoce el vínculo entre el grado de compactación del agregado y los llevados a cabo por este ensayo que determina el peso unitario seco (MTC EG, 2013).

Ensayos de caracterización de emulsiones asfálticas

Los ensayos de caracterización de la emulsión asfáltica deben cumplir los requerimientos mostrados en la Tabla 2.

- Residuo asfáltico por evaporación: Mediante esta prueba es posible determinar el porcentaje de asfalto contenido en la emulsión, evaporando el agua y pesando el residuo con el objetivo de determinar el residuo del asfalto emulsionado. Asimismo, tiende a brindar un residuo asfáltico menor en penetración y ductilidad que el método de la prueba de destilación (MTC E 411, 2016).
- Carga de partícula: Este ensayo identifica las emulsiones catiónicas que son identificadas por la salida de las partículas a un electrodo negativamente cargado (cátodo) mediante una corriente directa (MTC E 407, 2016).
- Viscosidad Saybolt Furol: Esta prueba tiene como finalidad determinar la viscosidad o consistencia e las emulsiones asfálticas mediante el viscosímetro Saybolt Furol. Los materiales y equipos son: viscosímetro, baño de agua, tamiz N° 20, termómetro y cronómetro (MTC E 403, 2016).
- Tamizado (retenido en la malla N° 20): Este ensayo determina la aglomeración y la película formada en la parte superior, pueden ser causadas por la rotura de la emulsión, contaminación, mala producción, etc.

Si la retención de grumos es excesiva indica que podría haber dificultades en el manejo y colocación del material (MTC E 405, 2016).

- **Sedimentación:** Esta prueba determina y describe la sedimentación que se produce durante el almacenamiento de las emulsiones asfálticas para determinar la capacidad de ésta para permanecer como un medio disperso homogéneo durante el almacenamiento (MTC E 404, 2016).
- **Penetración:** Esta prueba es empleada como una medida de consistencia donde los valores altos de penetración muestran una consistencia más blanda. Los equipos y materiales son: Aparato de penetración, aguja de penetración, recipiente de prueba, baño de agua, plato de transferencia, dispositivo de tiempo y termómetros (MTC E 304, 2016).
- **Ductilidad:** Este ensayo tiene como objetivo determinar la ductilidad de material asfáltico que consiste en someter una probeta del material asfáltico a un ensayo de tracción, en propiedades determinadas de velocidad y temperatura, en un baño de agua de igual densidad, siendo la ductilidad la distancia máxima en centímetros (MTC E 306, 2016).
- **Recuperación Elástica:** Este ensayo tiene como objetivo determinar el valor de elasticidad que muestran los asfaltos modificados en específico con polímeros, que incorporados al ligante asfáltico cambian las características de éste, con el propósito de mejorarlo funcionalmente (MTC E 320, 2016).
- **Índice de Fraass °C:** Este ensayo tiene como objetivo determinar el punto de fragilidad Fraass, la temperatura en °C a la cual se observa en la primera fisura, de los materiales bituminosos (MTC E 311, 2016).

Ensayos para el diseño del micropavimento

Estos ensayos mostrados a continuación deben cumplir las especificaciones recomendados por la norma ISSA A 143:

Tabla 7

Especificaciones para los ensayos de diseño de micropavimento

ENSAYOS	ISSA TB N°	EXIGENCIA
Tiempo de mezcla @ 77°F (25°C)	TB 113	120s mínimo
Cohesión húmeda @ ¹ 30 minutos (rotura) @ ² 60 minutos (tráfico)	TB 139	¹ 12 kg cm mínimo ² 20 kg cm mínimo
Desnudamiento húmedo	TB 114	Pasa (90% mínimo)
Pérdida de abrasión por vía húmeda (WTAT) ¹ 01 hora de remojo ² 06 días de remojo	TB 100	¹ 50 g/ft ² (538 g/m ³) máximo ² 75 g/ft ² (807 g/m ³) máximo
Desplazamiento lateral		5% máximo
Gravedad específica después de 1000 ciclos de 125 lb (56.71 kg)	TB 147	2.10 máximo
Exceso de asfalto por adhesión de arena (LWT)	TB 109	50 g/ft ² (538 g/m ³) máximo
Clasificación de compatibilidad	TB 144	11 puntos mínimo (AAA, BAA)

Fuente: ISSA A 143

- Tiempo de mezclado: La prueba de mezcla se utiliza para predecir cuanto tiempo se puede mezclar un material antes de que comience a romperse. Puede ser una buena comprobación de referencia para verificar fuentes consistentes de material. El laboratorio debe constatar que los tiempos

de mezcla y los componentes sean adecuados para las condiciones climáticas esperadas durante el proyecto (ISSA A 143, 2010).

- Abrasión en húmedo (WTAT): Este ensayo determina la resistencia a la abrasión de la mezcla de micropavimento esté relacionada con el contenido de emulsión en condiciones de laboratorio así también mide las propiedades de deterioro de los sistemas de revestimiento de lechada en condiciones de abrasión húmeda. La abrasión a la humedad a largo plazo se determina mediante el uso del procedimiento de remojo de seis días mientras que a corto plazo se determina en remojo de una hora (ISSA TB 100, 2018).
- Rueda cargada y adhesión de arena (LWT): Esta prueba está destinada a compactar mezclas bituminosas de agregado fino, como el sello de la suspensión por medios de una rueda recíproca cargada también de calcular desplazamientos laterales por el mismo efecto con el objetivo de determinar el contenido máximo de emulsión en mezclas para micropavimentos (ISSA TB 109, 2018).
- Desplazamiento lateral: Este método cubre tres procedimientos de prueba que miden la cantidad de características de compactación o desplazamiento de mezclas frías de agregados finos, multicapa y densa como sellado de lechada o superficies bituminosas de micropavimento en frío bajo compactación simulada de tráfico rodante mediante prueba de rueda cargada, LWT modificado o seguimiento de rueda británico máquinas. (ISSA TB 147, 2018).

- Clasificación de compatibilidad – Schulze Breuer and Ruck: Este procedimiento de prueba cubre la determinación de la compatibilidad entre finos agregados de gradación específica y residuo de asfalto emulsionado. El método proporciona un sistema que puede asignar valores de clasificación a las siguientes características: pérdida de abrasión, adhesión y cohesión a altas temperaturas, de una combinación ligante-filler específica para comprobar con los valores conseguidos en las pruebas de referencia. El valor de la prueba puede estar relacionado con el rendimiento de campo de la mezcla de pavimento. (ISSA TB 144, 2018).

Los materiales y/o componentes se diseñarán dentro de los siguientes límites:

Tabla 8

Límites para los componentes del micropavimento

Materiales	Límites
Asfalto mineral	5.5-10.5% por peso de agregado seco
Mineral de relleno	0-3% por peso de agregado seco
Polímero modificador	Mínimo de 3% sólido basado en peso de bitumen contenido
Aditivo	Si es requerido
Agua	Si es solicitado para obtener una apropiada consistencia de mezcla

Fuente: ISSA A 143

Maquinarias y equipos

Es importante conocer las maquinarias y equipos que se emplea en la aplicación del micropavimento donde éstas deberán estar en condiciones óptimas de uso.

o Camión micropavimentador:

Es un equipo con una tecnología más avanzada donde principalmente ha aumentado la potencia de mezclado para así poder emplear emulsiones modificadas más viscosas y trabajar con mezclas espesas con mínimo contenido de agua de premezclado. Adicionalmente incorporan sistemas de control automático tipo PLC que permiten al operario de manera sincronizada con un solo comando aumentar o disminuir la producción de la mezcla (Villavicencio, 2015).



Figura 1: Camión micropavimentador

Fuente: Bergkamp Inc.

El camión micropavimentador está equipada con los siguientes sistemas mostradas en la figura 1 y explicadas a continuación:

- i. Sistema de agregados:** Incluye la tolva de agregados, la compuerta de apertura, la unidad motora, correa de alimentación central, y la alarma de control de nivel bajo de agregados disponibles.
- ii. Sistema de emulsión:** Incluye tanque de almacenamiento con indicador de nivel, bomba de asfaltos con dispositivos de control para el suministro y recirculación.
- iii. Sistema de agua:** Compuesto por el tanque para almacenamiento de agua con indicador de nivel, barra rociadora de agua, bomba centrífuga, tuberías de conexión, medidor de flujo y válvula de apertura y cierre. El agua es distribuida a presión tanto al mezclador como a la barra de rociado para humedecer la vía y la manguera manual es utilizada para limpiar el mezclador y la caja de esparcimiento.
- iv. Sistema de alimentación de filler y aditivos:** Integrado por los contenedores de filler, tanque de aditivos con sus válvulas y controles con velocidades variables.
- v. Sistema de mezclado:** Consta de dos espirales de mezclado de giro variable, accionados hidráulicamente y de gran potencia.
- vi. Caja esparcidora:** Varilla auxiliar con engranaje helicoidal de velocidad variable controlada hidráulicamente que se utiliza para esparcir y controlar el espesor de mezcla, barra secundaria con dispositivos de neopreno o uretano para el terminado final de la aplicación

vii. **Sistema de control:** Control computarizado por donde se cargan los valores de calibración que permite cumplir el s tal cual o reajustarlo con las condiciones de campo.

o **Barredora mecánica:**

Son máquinas encargadas de la limpieza de la vía, capaces de recoger la basura gruesa como el polvo más fino y materiales perjudiciales a la mezcla (Coronel, 2017).



Figura 2: Barredora mecánica

Fuente: Manual de equipos Caterpillar

o **Cargador frontal**

Es utilizado para transportar el agregado desde el banco de materiales hacia al área de almacenamiento de la máquina pavimentadora, y en algunos casos ayuda a trasladar a cortas distancias la caja esparcidora, sin causarle ningún daño. Es importante mencionar que, si esta máquina no está disponible, puede reemplazarla por una retroexcavadora cargadora de llanta (Coronel, 2017).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

¿De qué manera influye aplicar micropavimento para la conservación vial en el tramo La Quinoa – Challhuamayo, región Ayacucho, 2020?

1.2.2. Problemas específicos

- P.E.-01: ¿Los ensayos a los componentes del micropavimento cumplen con los estándares de calidad según la normativa ISSA y MTC?
- P.E.-02: ¿Los ensayos al diseño del micropavimento cumplen con los estándares de calidad según la normativa ISSA?
- P.E.-03: ¿Cómo aplicar el micropavimento cumpliendo las exigencias de calidad en el tramo La Quinoa – Challhuamayo, región Ayacucho?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo principal

Determinar la influencia de aplicar micropavimento para la conservación vial en el tramo La Quinoa – Challhuamayo, región Ayacucho, 2020

1.3.2. Objetivos específicos

- O.E.-01: Determinar si los ensayos a los componentes del micropavimento cumplen con los estándares de calidad según la normativa ISSA y MTC.
- O.E.-02: Determinar si los ensayos al diseño del micropavimento cumplen con los estándares de calidad según la normativa ISSA.
- O.E.-03: Detallar la aplicación de micropavimento para la conservación vial en el tramo La Quinoa – Challhuamayo.

1.4. Hipotésis

1.4.1. Hipotesis general

La aplicación de micropavimento para la conservación vial en el tramo La Quinua – Challhuamayo, región Ayacucho influye de manera positiva.

1.4.2. Hipotesis específicas

- H.E.-01: Los ensayos realizados a los componentes del micropavimento si cumplen con las especificaciones del MTC.
- H.E.-02: Los ensayos realizados para el diseño del micropavimento si cumplen con las especificaciones del ISSA.
- H.E.-03: La aplicación de micropavimento consiste en preparar la superficie, realizar un tramo de prueba, el esparcido de la mezcla, compactación y apertura al tránsito.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según Oblitas (2018), la investigación aplicada está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan obtener un objetivo concreto, es decir, conociendo el problema y así haciendo una investigación para dar respuesta al problema planteado. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado.

El tipo de investigación según su propósito es aplicado ya que se tiene los objetivos establecidos centrados específicamente en la influencia del micropavimento.

Asimismo, Oblitas (2018) indica que la investigación explicativa busca estudiar las relaciones de influencia entre las variables y no solo pretende observarlas para así conocer su estructura y los factores que intervienen en los fenómenos y su dinámica.

El tipo de investigación según su profundidad es explicativo porque no solo se busca describir los problemas sino dar soluciones a éstos, explicando por qué se decidió usar micropavimento para la conservación vial en el tramo La Quinua – Challhuamayo, región Ayacucho.

Del mismo modo Oblitas (2018) señala que la investigación no experimental se trabaja con hechos de experiencia directa no manipulados. Este tipo de investigación se basa fundamentalmente en la observación.

El tipo de investigación según su manipulación de variable es no experimental porque se basa en la observación y/o interpretación de los sucesos, detallando los ensayos realizados a los componentes y diseño del micropavimento, asimismo, la aplicación del micropavimento para la conservación vial en el tramo La Quinua – Challhuamayo, región Ayacucho sin manipular los sucesos.

2.2. Definición de Variables

La variable es una característica, cualidad o propiedad cuantitativa o cualitativa que puede obtener diferentes valores y es susceptible de ser cuantificada o medida en una investigación (Oyola, 2021).

Carballo y Guelmes (2016) señalan que la variable independiente es aquella que el investigador manipula para explicar y describir el objeto de estudio a lo largo de la investigación y la variable dependiente es aquella que se cambia por la acción de la variable independiente.

Para la presente investigación tenemos las siguientes variables:

- ✓ Variable Independiente: Micropavimento
- ✓ Variable Dependiente: Conservación vial

2.3. Operacionalización de variables

2.3.1. Operacionalización de variable independiente

Tabla 9

Matriz de operacionalización de la variable independiente

Matriz de Operacionalización de la variable				
Variable independiente: Micropavimento				
Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
	Es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, agua, filler y aditivo (ISSA A 143, 2010)	Ensayos de Caracterización de Agregados	- Partículas Fracturadas - Durabilidad al Sulfato de Sodio - Desgaste de Los Ángeles - Equivalente de Arena - Azul de metileno	Nominal

Micropavimento

	- Adherencia Riedel-Weber	
	- Adherencia Método Estático	
	- Viscosidad Saybolt Furol	
	- Sedimentación	
	- Prueba de tamiz	
	- Carga de partícula	
Ensayos de Caracterización de Emulsión Asfáltica modificada con polímeros	- Determinación del residuo asfáltico	Nominal
	- Penetración, 25°C, 100 g, 5 s	
	- Ductilidad 5°C	
	- Índice de Fraass	
	- Recuperación elástica, 25°C, 20 cm, 1h	
Ensayos de Caracterización de Agua (En caso sea necesario)	- PH	
	- Contenido de sulfatos	Nominal
Ensayos de Caracterización de Filler	- Análisis granulométrico	Nominal

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2. Operacionalización de variable dependiente

Tabla 10

Matriz de operacionalización de la variable dependiente

Matriz de Operacionalización de la variable				
Variable dependiente: Conservación Vial				
Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
Conservación Vial	Conjunto de actividades técnicas de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de forma inmediata cada vez que se detecta un deterioro del camino, y que debe ser subsanado en el mínimo tiempo de ejecución desde el momento en que es detectado (MTC EG, 2013)	Ensayo de cohesión húmeda	Kg cm	Nominal
		- Tiempo de curado inicial - Tiempo de apertura al tráfico		
		Ensayo de pérdida de abrasión por vía húmeda (WTAT) - Desgaste máximo	g/m3	Nominal
		Ensayo de Rueda cargada y adhesión de arena (LWT) - Compactación simulada de rodamiento de tráfico	g/m3	Nominal

Fuente: Elaboración Propia

2.4. Población y muestra

Población:

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población es la agrupación de todos los casos que coinciden con una serie de especificaciones es por ello que la población en estudio son todas las redes nacionales en donde se haya aplicado micropavimento para su conservación vial.

Muestra:

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la muestra es un subgrupo de elementos que pertenecen a esa agrupación definido en sus características al que llamamos población. En la presente investigación el muestreo es no probabilístico por conveniencia donde la muestra está conformada por el tramo vial La Quinoa – Challhuamayo ubicado en el distrito del Tambo, provincia La Mar, departamento de Ayacucho que presenta aproximadamente 52.92 Km de longitud donde el punto de inicio del tramo es 23+910 y su punto final es 76+830.

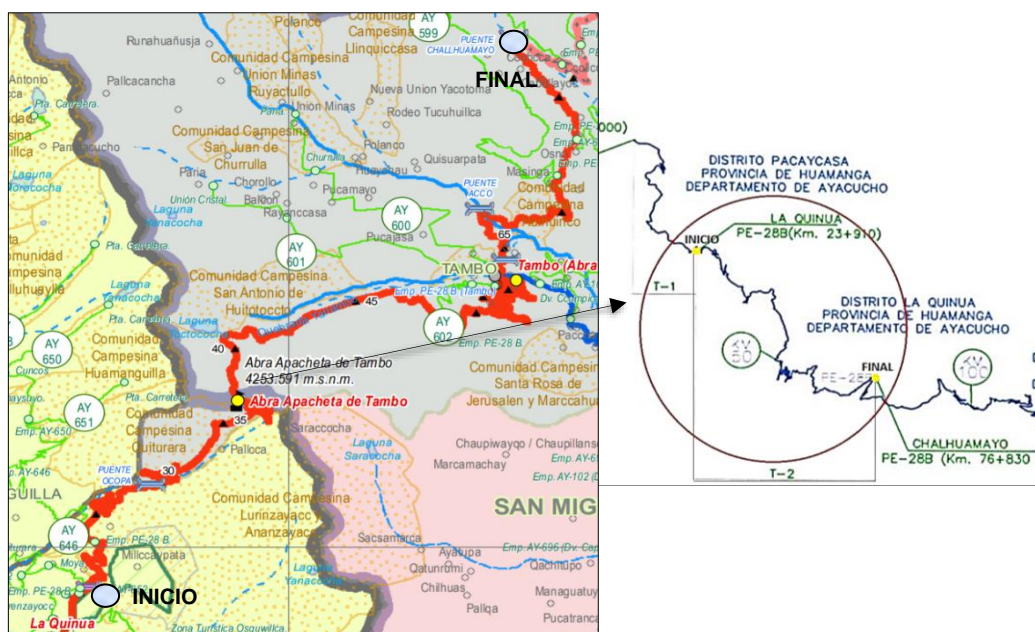


Figura 3. Tramo La Quinoa – Challhuamayo

Fuente: MTC

El área de investigación se encuentra ubicado altitudinalmente a 3319 m.s.n.m., tiene un promedio de temperatura máxima de 19.8°C y la mínima es de 4.5°C. El clima es variado característico de la región de la Sierra ya que presenta estaciones lluviosas y secas. La temporada de lluvias se presenta de noviembre a marzo mientras que la temporada seca se produce en los meses de mayo a agosto.

La calzada existente en el tramo se encuentra a nivel de carpeta asfáltica el cual se mantiene en buen estado, con la señalización respectiva. El ancho de la calzada es de 6.50 m y tiene una vía de dos carriles en sentidos opuestos. Existen curvas pronunciadas a lo largo del tramo, lo cual hacen notar la sinuosidad del corredor.

2.5. Materiales, instrumentos y métodos

Materiales

- Laptop
- USB
- Celular
- Cámara fotográfica
- Manuales (Manual de ensayo de materiales, manual de carreteras EG y la norma ISSA A 143).
- Libros (Mortero asfáltico: Slurry Seal, Manual de investigación: Teoría y practica para hacer la tesis según la metodología cuantitativa, entre otros).
- Libreta de apuntes

Instrumentos

Los instrumentos son herramientas conceptuales que sirven para complementar a las técnicas de investigación (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, 2014).

En este presente estudio, se hará uso de la observación no participante ya que se sustentará a través del análisis documental. Asimismo, se hará uso de los reportes de laboratorio y fichas técnicas del proyecto para poder cumplir con los objetivos planteados.

Métodos

Los métodos de investigación son procedimientos utilizados por los investigadores para recoger la información o realizar la observación (Oblitas, 2018).

En la presente investigación, se hará un trabajo de gabinete para la recolección de datos revisando antecedentes y datos del proyecto dándole un enfoque teórico para cumplir con los objetivos planteados. Asimismo, se hará uso del Manual de Carreteras EG para poder describir el proceso constructivo y la aplicación del micropavimento, también, se hará uso del Manual de Ensayos de Materiales y la guía ISSA A – 143 para cumplir con las especificaciones indicadas en cada ensayo a explicar en la presente.

2.6. Procedimiento

- **Paso 1:** Verificación de los ensayos al agregado, filler y agua
- **Paso 2:** Verificación de los ensayos a la emulsión asfáltica
- **Paso 3:** Calculo del porcentaje de emulsión teórica
- **Paso 4:** Verificación de los ensayos al diseño del micropavimento
- **Paso 5:** Calculo del porcentaje de emulsión óptimo
- **Paso 6:** Ensayo final de compatibilidad - Schulze Breuer and Ruck
- **Paso 7:** Determinación del diseño final de micropavimento

1. Verificación de los ensayos al agregado, filler y agua

Para empezar con el diseño de micropavimento, se debe seleccionar la cantera que nos proporcionará el agregado, es por eso que, para el tramo la Quinua – Challhuamayo se seleccionó la cantera Pedregal donde a continuación se detallan las características de esta.

Características de la cantera Pedregal:

Está ubicada en el margen derecho del río Cachi en el km 0+000. Los agregados primarios son de forma redondeada, luego de procesarlas mediante el chancado se obtiene la arena cumpliendo la especificación, 100 % chancado.

Las arenas trituradas tienen regular distribución granulométrica y con presencia de finos dentro de la especificación. Los materiales primigenios se clasifican en el sistema SUCS como GW-GP, no plástico. Su CBR al 100 % de su MDS para una penetración de 0.1” obtenido es 71.5 %.

La extracción de materiales se puede efectuar entre mayo y noviembre, en temporada de estiaje.

Tabla 11

Características de la cantera Pedregal

Cantera Pedregal	
Ubicación	Km 0+000 Lado Izquierda
Coordenadas	E: 578917.22, N: 8554980.31
Propietario	Particular
Acceso	6.07 km (solución básica) 300 m (afirmado)
Área	10 000 m ²
Prof. Expl. (m)	1.50 m, se ha considerado una altura promedio
Limpieza (m)	-
Nivel freático	Si presenta
Volumen bruto (m³)	15 000 m ³

Eliminar (m3)		-	
Volumen neto (m3)		15 000 m3	
Usos, rendimiento y tratamientos	Recarga granular:	95%	Zarandeo
	Slurry Seal:	80%	Triturado y zarandeo
	Micropavimento:	70%	Zarandeo
Obras complementarias	Apertura de acceso:	-	
	Reconformación de vía	500 m	
	Obras de encauzamiento	-	
Volumen útil (m3)	Recarga granular:	95%	4250 m3
	Slurry Seal:	80%	12000 m3
	Micropavimento:	70%	10500 m3
Descripción	Está conformado por gravas mal graduadas identificada según la clasificación AASHTO como A-1-a (0) y GP según la clasificación SUCS, los finos que pasan la malla N°40 y no tienen plasticidad		
Equipo de explotación	Chancadoras primarias, chancadoras secundarias, zarandas, excavadoras, tractores, cargadores y volquetes		
Época de explotación	Con restricciones en periodo de lluvias		

Fuente: Proyecto

Luego de seleccionar la cantera, se debe realizar los ensayos correspondientes al agregado y filler para comprobar que cumplan con las exigencias mostrados en la tabla 4. Para no hacer el procedimiento engorroso, no se detallará los ensayos del agregado y filler, ya que, estos ensayos son comunes (Análisis granulométrico, equivalente de arena, peso unitario suelto, desgaste de los ángeles, entre otros).

Asimismo, se le debe realizar lo ensayos correspondientes al agua (contenido de sulfatos, ph, entre otros) en caso no se utilice agua potable.

Por consiguiente, se inicia diciendo que nuestro agregado, filler y agua cumplen con los estándares de calidad.

2. Ensayos de caracterización de emulsiones asfálticas

Se procede a elaborar la emulsión que será una CQS-1hp (Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Controlada modificada con polímeros), luego se debe realizar los ensayos correspondientes que cumplan con las exigencias mostrados en la tabla 2.

a) Viscosidad Saybolt Furol (25°C)

Verter la emulsión en un frasco de 100 ml después colocarlo en un baño de agua por 30 minutos a 25°C y mezclar lentamente la muestra evitando que se forme burbujas. Luego se debe colocar el tapón del viscosímetro en la parte inferior y se echa la muestra a través del tamiz N° 20 directamente en el tubo del viscosímetro. En la figura 4 se puede apreciar el equipo completo.

Posteriormente se agita continuamente con el termómetro mediante movimientos circulares de 30 a 50 rpm evitando movimientos verticales que pudieran provocar la formación de burbujas hasta que se establezca un equilibrio térmico. Una vez que la temperatura permanezca constante, se retira el termómetro y se procede a colocar el matraz receptor debajo del tubo de viscosidad.

Se separa rápidamente el tapón inferior y simultáneamente se pone en funcionamiento el cronómetro (figura 5), el cual se detiene cuando la muestra alcance la marca de aforo de 60 cm³ y se registra el tiempo en segundos.

La exigencia admitida por la norma E 403 del MTC es de 20 a 100 segundos para muestras a 25°C.



Figura 4. Viscosímetro

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Muestra en el viscosímetro

Fuente: Elaboración propia

b) Carga de Partícula

Se homogeniza la muestra de emulsión y se vierte en un vaso de vidrio de 250 ml en tal cantidad que los electrodos queden sumergidos 25 mm dentro de esta.

Después se conecta los electrodos de manera directa y correcta a la fuente de poder como se observa en la figura 6 y se procede a ajustar la intensidad de este con el objetivo de pasar a través de ellos una carga de 8 mA, una vez que se haya iniciado ese proceso se toma el tiempo con ayuda de un cronómetro.

El ensayo termina cuando hayan transcurrido 30 minutos después de la aplicación de la carga o cuando la intensidad de la corriente descienda por lo menos a 2 mA. Cuando se haya cumplido con cualquiera de estas dos condiciones, se lava con agua cada uno de los electrodos con la finalidad de observar en que electrodo se deposita la emulsión asfáltica.

La exigencia admitida por la norma E 407 del MTC es positiva o negativa.

Nota: El resultado expresará que la carga de la partícula es "positiva", si la muestra se deposita en el cátodo, y "negativa", si se deposita en el ánodo.

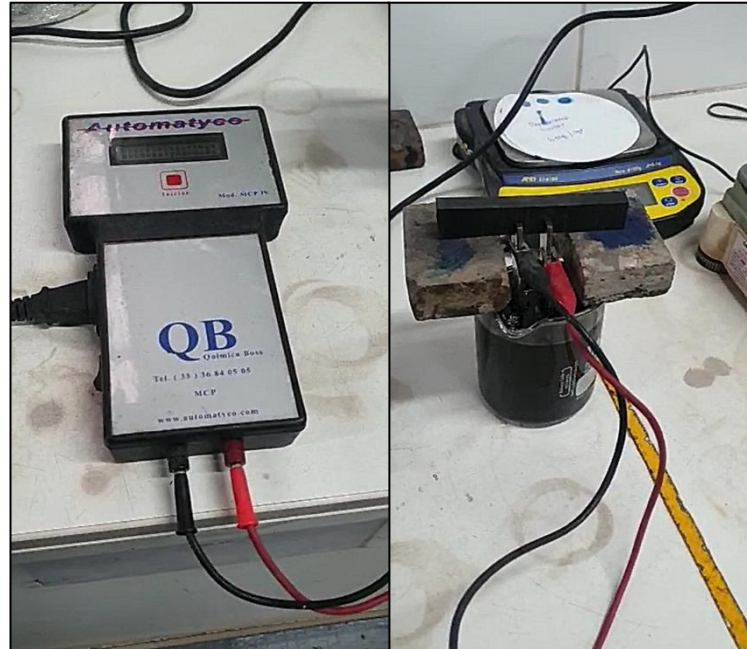


Figura 6: Fuente de poder y electrodos

Fuente: Elaboración propia

c) Tamizado (retenido en la malla N° 20)

Se pesa el tamiz N° 20 y el fondo (figura 7). Luego se moja la malla del tamiz con agua destilada y se pesa una muestra representativa de 1000 gramos en un recipiente posteriormente se hace pasar por el tamiz N° 20 como se aprecia en la figura 8. El tamiz y la emulsión retenida se lavan con la misma solución hasta que el agua salga de color claro (figura 9).

Finalmente, el tamiz, el fondo y la muestra se secan en un horno a 105°C durante 2 horas, se deja enfriar y se determina el peso en gramos. La exigencia máxima admitida por la norma E 405 del MTC es de 0.1%.

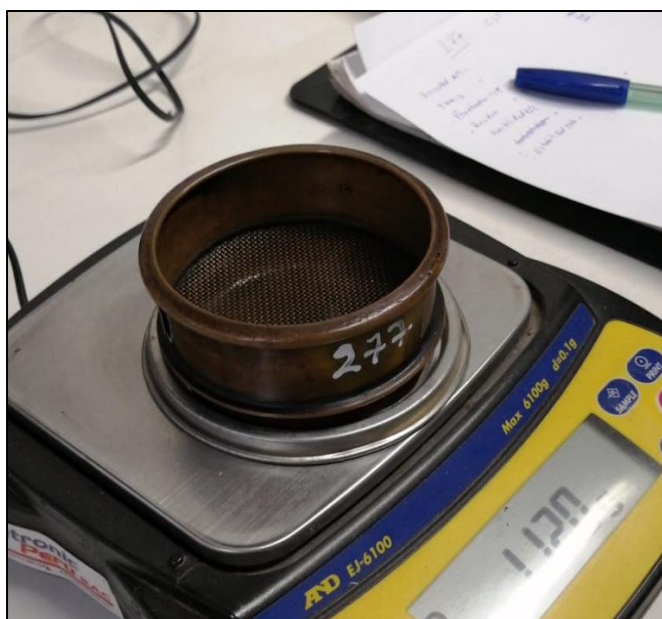


Figura 7. Peso de tamiz y fondo

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Muestra con tamiz N° 20

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Lavado de muestra

Fuente: Elaboración propia

d) Sedimentación a 7 días

Colocar la emulsión en cada una de las probetas (2) hasta el nivel de 500 ml, se tapan herméticamente y se dejan a temperatura de ambiente por 7 días (figura 10).

Transcurridos los 7 días, se extrae una porción de 55 ml de la parte superior de cada probeta, las muestras extraídas se homogenizan y luego se pesan 50 gr de cada una en dos vasos de vidrio previamente tarados. Finalmente se colocan en el horno a 163°C por 2 horas, se deja enfriar y se pesan.

Después de sacar las muestras de la parte de arriba se extraen cuidadosamente aproximadamente 390 cm³ de cada una de las dos probetas, se desprecia esta parte. Igualmente, que, en la parte superior, se extrae el restante del material que queda en las probetas, se pesa 50 gr de cada una de ellas y se sigue el mismo procedimiento que la parte superior.

El porcentaje máximo admitido por la norma E 404 del MTC es de 5% para muestras a 7 días.



Figura 10. Probeta con muestra

Fuente: Elaboración propia

e) **Determinación del residuo asfáltico por evaporación**

Después de haber mezclado minuciosamente la muestra, se pesa 50 gr de asfalto emulsionado en cada uno de los cuatro vasos, habiendo tarado previamente cada vaso que contiene la varilla de vidrio.

Luego se coloca los vasos que contienen las varillas y la muestra adentro del horno a 163°C y se dejan dentro por 2 horas como se aprecia en la figura 11. Después de las 2 horas transcurridas, se retira cada vaso del horno y se agita bien el residuo. Después de la agitación, se vuelven a colocar los vasos en el horno durante 1 hora.

Finalmente se retiran los vasos del horno, se deja enfriar a temperatura del ambiente y luego se pesa junto con las varillas, este peso se expresa en porcentaje.

En este proyecto se requiere usar pruebas al residuo asfáltico es por eso que una vez hallado el porcentaje del residuo, se debe colocar los vasos en el horno por 15 a 30 minutos hasta que se encuentre lo suficientemente fluido y pasarlo por el tamiz de 300 μm para poder desarrollar las respectivas pruebas.

El porcentaje mínimo admitido por la norma E 411 del MTC es de 62%.

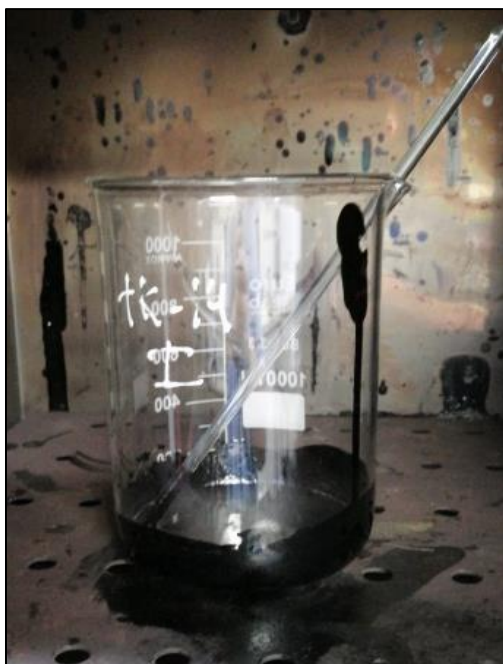


Figura 11. Muestra a 163°C

Fuente: Elaboración propia

Ensayos sobre el residuo de evaporación:

a) Penetración, 25°C. 100 g. 5 s

Calentar la muestra por 30 minutos hasta que se encuentre fluida, verter la muestra en una cápsula y dejar refrigerar a una temperatura entre 15 y 30°C por 60 a 90 minutos protegiendo la cápsula del polvo con otro recipiente. Luego se debe colocar la capsula con la muestra con en el parante sumergido del penetrómetro y realizar el baño de agua a 25°C por 60 minutos y mantenerlo completamente cubierto de agua.

Transcurridos los 60 minutos, con la muestra sumergida se coloca la aguja hasta que la punta roce con la superficie de la muestra y se inicia las pruebas (3) donde el aparato de penetración tiene una masa total de 100 g por 5 segundos como se observa en la figura 12.

La exigencia admitida por la norma E 304 del MTC es de 50 a 90 mm.

Nota: Si la cápsula con la muestra se mueve, se ignora el resultado.



Figura 12. Aparato de penetración

Fuente: Elaboración propia

b) Ductilidad, 5°C, 5cm/min

Preparar la placa y el molde (3), colocando una capa delgada de una mezcla de glicerina y dextrin, talco o caolín para evitar que el material bajo la prueba se adhiera. Vaciar la muestra dentro del molde teniendo cuidado en no mover las piezas para no distorsionar el bloque y dejar reposar a una temperatura de ambiente por 30 a 40 minutos como se aprecia en la figura 13.

Transcurrido el tiempo especificado, se quita el exceso del material con una espátula caliente hasta que quede completamente nivelado y se coloca en un baño de agua a una temperatura de 25°C por 60 minutos. Luego se quita la briqueta de la placa, se coloca sobre los tornillos y la maquina va a ir estirando la muestra a una velocidad constante de 5 cm/min como se aprecia en la figura 14. Mientras la prueba se realiza, el agua de la máquina de ensayo (ductilómetro) debe estar a 5°C y cubrir la muestra como mínimo 2.5 cm por abajo.

La distancia mínima admitida por la norma E 306 del MTC es 10 cm para muestras a 5°C.

Nota: Es importante resaltar que, si el ensayo de ductilidad no cumple con la exigencia establecida usando el método de residuo asfáltico por evaporación, se podrá realizar la prueba nuevamente usando el método de la prueba del residuo por destilación según lo que indica la norma E 411 del MTC.



Figura 13. Molde con muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Ductilómetro

Fuente: Elaboración propia

c) Recuperación elástica, 25°C, 20 cm, 1h

Preparar la muestra de la misma manera que fue explicada en el ensayo de ductilidad y se coloca en un baño de agua a una temperatura de 25°C por 60 minutos.

Luego se coloca la briqueta y se engancha los anillos de cada extremo del ductilómetro y la maquina irá separándolos a una velocidad constante de 5 cm/min hasta una longitud de 20 cm. Se detiene el ductilómetro cuando el estiramiento de la muestra alcance a longitud indicada.

Posteriormente, se corta la muestra a una distancia equidistante y se espera 1h para poder medir la distancia de retracción de la muestra expresándolo en cm. La recuperación elástica se expresa en porcentaje, dividiendo la longitud de retracción de la muestra con la longitud de 20 cm y multiplicándolo por 100.

La exigencia mínima admitida por la norma ASTM D 6084 es de 30% para muestras a 25°C.



Figura 15. Recuperación elástica

Fuente: Elaboración propia

d) Índice de Fraass

Se coloca una cantidad de muestra sobre una placa de ensayo limpia, plana y tarada y esta se coloca sobre una placa de calefacción. Luego se comienza a calentar en forma suave para que la mezcla se vaya extendiendo sobre la placa de ensayo, dejándola finalmente en reposo hasta que quede uniformemente cubierta. Se deja enfriar la placa y se pesa. Si en caso se presenta burbujas en la película del material se recomienda un enfriamiento rápido de la muestra y luego calentarla para obtener una superficie lisa y uniforme.

Posteriormente se prepara el equipo de ensayo de rotura de Fraass mostrado en la figura 16, se coloca la placa por ensayar entre las mandíbulas del equipo de flexión, después se inserta el termómetro en el interior del tubo móvil y se agrega hielo seco a través de un embudo para que la temperatura descienda a una velocidad uniforme de 1° C por minuto. Cuando se alcance una temperatura por lo menos superior a 10° C, se debe realizar una prueba de flexión cada minuto girando la manivela hasta el tope final y

volviéndola a girar sin parar hasta que se encuentre en su posición inicial. Se observa y se anota la temperatura en el cual se observa la primera grieta en la superficie de la muestra bituminosa debido a la rigidez que adquiere el material a medida que se enfría.

La temperatura máxima admitido por la norma E 311 del MTC es -17°C .



Figura 16: Equipo para ensayo de Índice de Fraass

Fuente: Elaboración propia

3. Cálculo del porcentaje de emulsión teórica

Para determinar la cantidad de asfalto teórico se debe calcular la superficie específica mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 1: Superficie específica

$$SE = \frac{1}{100} [(0.342 \times G) + (1.92 \times g) + (15.33 \times K) + (118 \times F)]$$

Donde:

SE: Superficie específica

G: % retenido entre las mallas 3/8 y # 4

g: % retenido entre las mallas # 4 y # 50

K: % retenido entre las mallas # 50 y # 200

F: % pasa la malla # 200

Luego, con el valor hallado de la superficie específica, se entra al gráfico mostrado a continuación donde existen tres curvas, cuyos valores dependen del tipo de materiales y las propiedades de éstos.

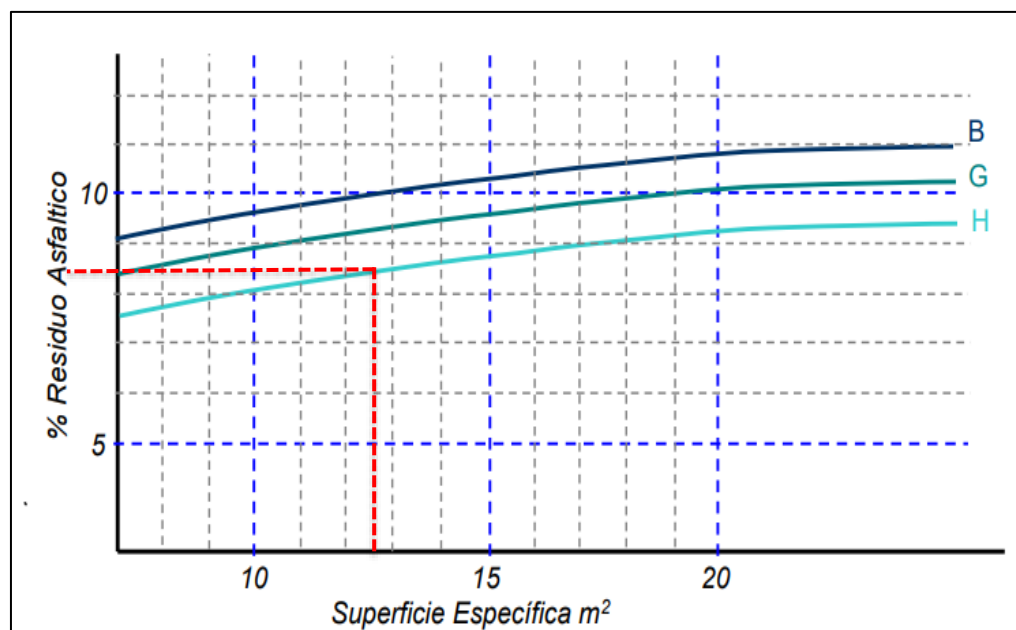


Figura 17: Residuo asfáltico teórico

Fuente: Gustavo Rivera E.

Donde:

Curva B: Materiales con bajo equivalente de arena y absorción alta

Curva G: Materiales con propiedades promedio

Curva H: Materiales con alto equivalente de arena y absorción baja

Entonces de la figura anterior se obtiene las ecuaciones exponenciales de las curvas B, G y H mostradas a continuación:

Ecuación 2: Curva B

$$Y = -0.0002x^3 + 0.0057x^2 + 0.0888x + 8.3422$$

Ecuación 3: Curva G

$$Y = -0.0053x^2 + 0.2737x + 6.7352$$

Ecuación 4: Curva H

$$Y = -0.0047x^2 + 0.2851x + 5.9759$$

Donde:

Y: % residuo asfáltico

X: Superficie específica

Se determina el porcentaje de residuo asfáltico reemplazando en la ecuación exponencial que corresponda. Por último, se procede a calcular *el porcentaje de emulsión teórico* en función al ensayo de residuo asfáltico por evaporación.

Ecuación 5: Porcentaje de emulsión teórico

$$\% \text{ emulsión} = \frac{\% \text{ residuo asfáltico teórico} \times 100}{\% \text{ residuo asfáltico por evaporación}}$$

Nota: Se debe tener en cuenta este porcentaje es el teórico y no el óptimo

4. Ensayos para el diseño del micropavimento

a) Tiempo de mezclado

Con ese porcentaje hallado de emulsión asfáltica teórico, los demás porcentajes de los componentes del micropavimento (agregado, agua, filler y aditivo si es requerido) se estiman en función a la experiencia de laboratorio donde se debe cumplir con lo establecido en la tabla 8.

Mezclar en movimiento circular durante 10 segundos, 200 gr de agregado y 2 gr (1%) de cemento portland tipo I. Añadir agua hasta que la mezcla sea trabajable y uniforme posteriormente añadir el porcentaje teórico de emulsión e iniciar el temporizador como se aprecia en la figura 18.

Se continúa mezclando durante un máximo de 5 minutos o hasta que la mezcla se rompa es decir cuando pierde trabajabilidad y se registra el tiempo de mezcla en segundos. El tiempo mínimo admitida por la norma TB-113 de la ISSA es de 120 segundos.



Figura 18. Tiempo de mezclado

Fuente: Elaboración propia

b) Consistencia

Para este ensayo, se utilizarán las mismas cantidades del ensayo anterior (tiempo de mezclado) donde *el único porcentaje variable será el agua añadida*.

Se mezclan los componentes por 30 segundos y se vierte en el cono de absorción de arena hasta que se encuentre lleno que se encuentra encima de la escala de flujo (es la conformación de 7 círculos plasmados en una hoja en cm) mostrado en la figura 19, asimismo, es necesario mencionar que se puede hacer uso de un embudo para facilitar el proceso del vacéo, después se retira el cono de forma vertical y se deja que el flujo se expanda.

Una vez que el flujo se detenga, se debe hacer registro de los datos en la escala de flujo.

Los límites de flujos admitidos por la norma TB-106 de la ISSA es de 2 a 3 cm.



Figura 19: Cono de absorción de arena y escala de flujo

Fuente: Elaboración propia

c) Cohesión

Tamizar en este caso a través del tamiz de 8 mm (5/16”) para agregados del tipo III y desechar la porción retenida. Luego se mezcla y moldear especímenes idénticos utilizando el molde circular de 10 mm para el tipo III centrado los anillos sobre los cuadrados de papel impermeable.

Luego se coloca la muestra en el pie de neopreno preparado, se establece una presión de aire de 200 kPa al cohesiómetro y el pie es bajado contra el espécimen a una velocidad de 8 a 10 cm/seg. Medir la torsión resultante que tiene a los 30, 60, 90 y 120 minutos. Las tasas mínimas establecida por la norma TB-139 de la ISSA son de 12 y 20 kg-cm para muestras a 30 y 60 minutos respectivamente.

Nota: Con este ensayo también se determina el porcentaje óptimo de filler en el diseño y debe haber cumplido con el ensayo de tiempo de mezclado.



Figura 20. Cohesiómetro

Fuente: Elaboración propia

d) Desnudamiento húmedo

Se utiliza las muestras del ensayo “tiempo de mezclado”. Las muestras deben curarse a temperaturas del laboratorio por lo menos 24 horas. Luego se coloca la malla sobre el vaso de 600 ml y se vierte 400 ml de agua destilada dentro de este y se calienta. Después la mezcla se coloca sobre el agua hirviendo y luego de 3 minutos se retira de la fuente de calor y se deja enfriar.

Se vierte agua fría dentro del vaso hasta que el asfalto se traslade para un lado, se retira la mezcla del vaso y se coloca sobre una hoja blanca como se observa en la figura 21 para dejarla secar a temperatura de ambiente. Finalmente se examina la mezcla y se calcula el porcentaje de agregado cubierto con asfalto.

La tasa mínima de establecida por la norma TB-114 de la ISSA es 90 %.

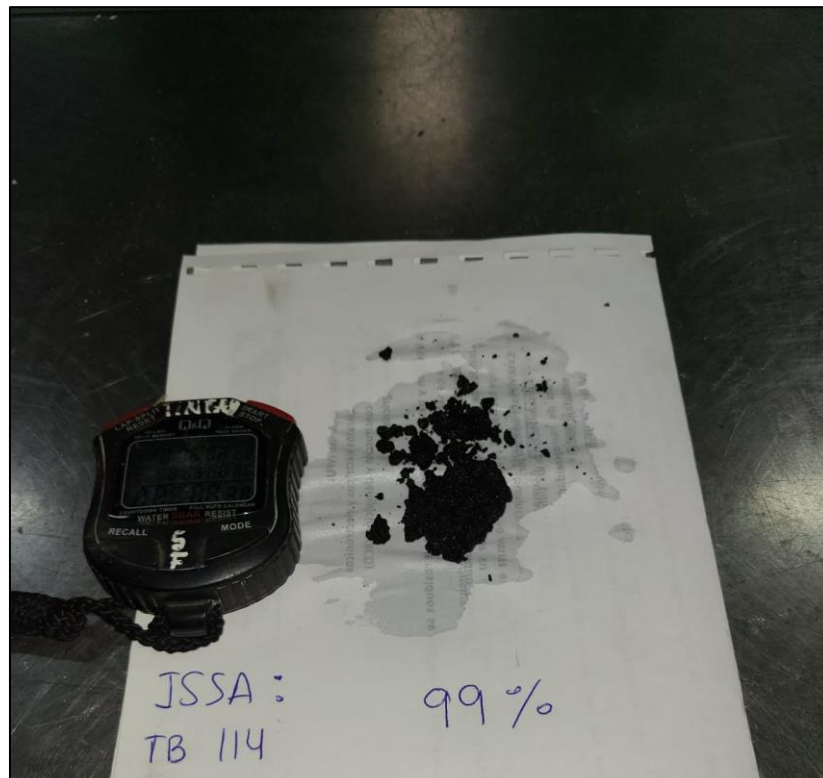


Figura 21: Muestra de ensayo de desnudamiento húmedo

Fuente: Elaboración propia

e) Abrasión en húmedo (WTAT)

Se utiliza siete muestras de micropavimento en forma de disco con 6 mm de espesor y 280 mm de diámetro, que fue previamente inmersa en agua a 25°C por un periodo de 60 minutos y secada a un peso constante a 60°C (figura 22).

Luego es sometido a una carga abrasiva bajo el agua a 25°C con una manguera de goma respaldados en movimiento rotativo durante 5 minutos (figura 23).

Se lava la muestra para eliminar todo el material resultante del proceso de abrasión y se seca a un peso constante. La pérdida de peso se expresa en gramos y luego se calcula la pérdida por área unitaria.

Las pérdidas máximas de peso por abrasión en húmedo admitida por la norma TB-100 de la ISSA son de 538 y 807 g/m² para muestras sumergidas en agua durante 1 hora y 6 días respectivamente.



Figura 22. Muestras a 60 minutos

Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Ensayo abrasión en húmedo WTAT

Fuente: Elaboración propia

f) Ensayo de la rueda cargada y adhesión de arena (LWT)

Se utiliza siete muestras rectangulares de 50 mm de ancho por 375 mm de largo previamente curadas, que son colocadas bajo la acción de una rueda neumática que es comprimido con 1000 ciclos y carga de 56 kg en el equipamiento. Después de la compactación, las muestras son lavadas, secadas a 60°C y pesadas.

Una vez pesada la muestra seca, se colocan 300 gramos de arena normalizada sobre las muestras y se repiten 1000 ciclos adicionales, la muestra es nuevamente removida y pesada. Se verifica entonces el aumento de masa debido a la adhesión de la arena en la muestra. La tasa máxima establecida por la norma TB-109 de la ISSA es de 538 g/m²



Figura 24. Ensayo rueda cargada y adhesión de arena LWT

Fuente: Elaboración propia

g) Desplazamiento lateral

Se mezcla 500 gr de agregado, cemento portland tipo I, agua, emulsión asfáltica y aditivo (si es requerido), después se coloca una capa de glicerina en los moldes para evitar que la muestra se pegue y luego la muestra es colocada en los moldes como se observa en la figura 25 centrados sobre platinas de calibración e inmediatamente realizar la acción de aserrado. Una vez que la mezcla este suficientemente endurecida, se remueve del molde y se deja secar por 24h a temperatura de ambiente. Luego el peso es secado en un horno, se deja enfriar por 2 horas y se mide el ancho y espesor de la muestra utilizada.

Posteriormente, se coloca la muestra bajo la acción de la rueda (la misma que fue utilizada para el ensayo de LWT) y se somete a 1000 ciclos y una carga de 56 kg. Después de la compactación, se retira la muestra de la rueda y se mide nuevamente el ancho y espesor céntricamente en la huella de la rueda.

Se registra el incremento del ancho original en porcentaje.

El porcentaje máximo establecido por la norma TB-147 de la ISSA es 5 %.



Figura 25: Muestra desplazamiento lateral

Fuente: Elaboración propia

5. Calculo del porcentaje de emulsión óptimo

Para determinar la cantidad optima de emulsión, se grafican las curvas de los resultados de los ensayos WTAT (abrasión en húmedo) y LWT (rueda cargada) en un mismo plano y por media aritmética se consigue el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica a utilizar para el diseño de micropavimento.

6. Ensayo final de compatibilidad - Schulze Breuer and Ruck

Este ensayo es considerado la más importante porque es una verificación final de compatibilidad para pruebas de mezcla en micropavimentos. Se encuentra en función de la absorción, abrasión, integridad y adherencia.

Mezclar 200 gr de agregado y 2 gr (1%) de cemento portland tipo I. Añadir agua hasta que la mezcla sea trabajable y uniforme (el óptimo obtenido en el ensayo de consistencia) Luego añadir el porcentaje óptimo de emulsión y mezclar hasta que rompa,

dejar que cure al aire por 1 hora. Luego colocar un poco de mezcla en 4 tazones y secarlos al horno a 60°C por 18 horas. Transcurridas las 18 horas, colocar 40 gr de la mezcla en los moldes como se aprecia en la figura 26. Inmediatamente después prensar por 1 minuto a una presión de 1000 kg, luego retirar del molde la muestra cilíndrica y dejarlo enfriar a temperatura de ambiente. Se debe limpiar cualquier partícula suelta y finalmente pesar.



Figura 26. Moldes cilíndricos

Fuente: Elaboración propia

Luego sumergir en agua a 25°C durante seis días. Después de los seis días, secar presionando ligeramente el papel toalla a la superficie de la muestra y determinar el peso del agua absorbida por la muestra.

Llenar en los cilindros de agitación con 750 ml de agua y colocar la muestra como se aprecia en la figura 27. Luego tapar y colocarlo en la máquina de abrasión (figura 28) por 3 horas a 3600 ciclos (20 RPM). Posteriormente se debe secar y pesar.



Figura 27. Cilindros de agitación

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Máquina de abrasión

Fuente: Elaboración propia

Luego colocar la muestra desgastada en la canastilla de malla metálica por 30 minutos en agua hervida. Colocar la muestra sobre papel toalla como se aprecia en la figura 29, secarla y registrar el peso en porcentaje, este porcentaje es el valor de cohesión o integridad.

Finalmente, después de secar al aire por 24 horas, calcular un porcentaje estimado de partículas de agregado totalmente cubiertas de asfalto, este porcentaje es el valor de adhesión.



Figura 29. Muestras después de estar sumergidas en agua hervida

Fuente: Elaboración propia

A cada uno de las propiedades se le asigna una calificación, La puntuación mínima establecida por la norma TB-144 de la ISSA es de 11 puntos (AAA, BAA).

Tabla 12

Criterios de clasificación para ensayo de Schulze Breuer and Ruck

Clasificación Ensayo	Puntaje por Ensayo	Abrasión gr	Integridad %	Adherencia %
A	4	0 – 0.7	90 – 100	90 – 100
B	3	0.7 – 1	75 – 90	75 – 90
C	2	1 – 1.3	50 – 75	50 – 75
D	1	1.3 – 2	10 – 50	10 – 50
0	0	2 a más	0	0

Fuente: ISSA TB – 144

7. Determinación del diseño final de micropavimento

Para determinar los porcentajes óptimos para el diseño de un micropavimento se debe de haber procedido a ensayar cada componente que interviene en la mezcla donde estos deben cumplir con todos las especificaciones establecidos en la norma ISSA. Con estos resultados, se procede a definir los porcentajes de cada uno.

2.7. Aspectos éticos

En la presente investigación se respetará el Reglamento de Grados y Títulos planteado por la Universidad Privada del Norte, asimismo, se mantendrá la ética en todos los aspectos respetando las normas morales y sociales que tenemos. También se velará por los derechos de los autores utilizados en la presente investigación y se mantendrá un trabajo integro e impecable.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Ensayos al agregado

- Análisis granulométrico

Tabla 13

Resultado de granulometría del agregado

Abertura en mm.	Tamiz ASTM	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones Tipo III MTC EG	
25.400	1"	0.0	0.0	100.00		
19.000	3/4"	0.0	0.0	100.00		
12.700	1/2"	0.0	0.0	100.00		
9.500	3/8"	0.0	0.0	100.00	100	100
4.750	N° 4	17.2	17.2	82.80	70	90
2.360	N° 8	26.0	43.2	56.79	45	70
1.180	N° 16	19.4	62.6	37.37	28	50
0.590	N° 30	11.7	74.3	25.68	19	34
0.297	N° 50	8.1	82.4	17.61	12	25
0.149	N° 100	4.9	87.2	12.76	7	17
0.075	N° 200	3.2	90.5	9.51	5	11
FONDO		9.5	100	0.0		

Fuente: Elaboración propia

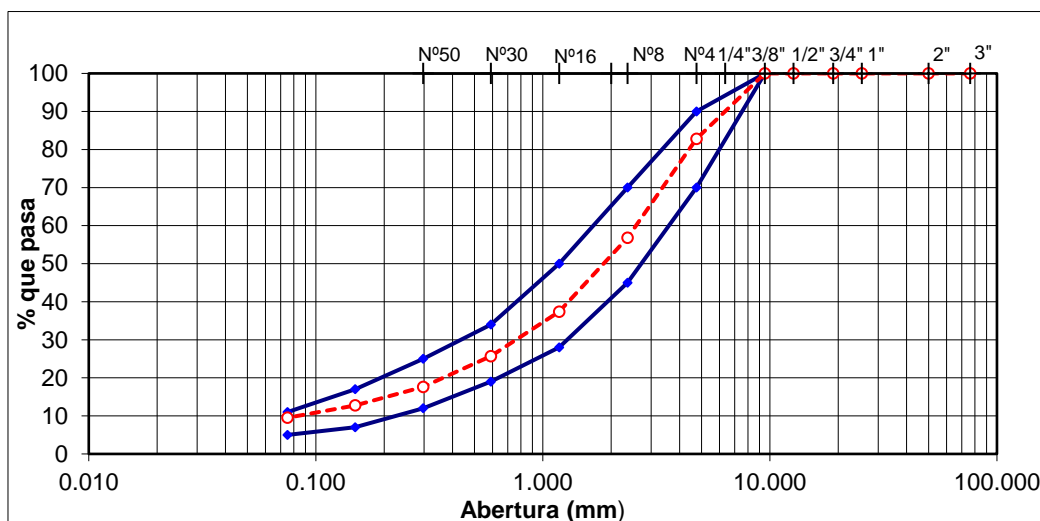


Figura 30 Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia

- **Equivalente de arena**

Tabla 14
Resultado de equivalente de arena

Ensayo de equivalente de arena			
			Exigencia MTC E 114
N° de muestra	1	2	
Altura máxima de arcilla (A)	5.1	5.0	
Altura máxima de la arena (B)	3.9	4.0	60 % mínimo
Resultado, % (B/A) *100	76.5	80	
Promedio	79 %		

Nota: El resultado del ensayo de equivalente de arena salió 79% (valor entero), que representa el contenido de arena de la fracción fina de la muestra. Es importante mencionar que cuanto mayor es el E.A. mejor es la condición del material.

Fuente: Elaboración propia

- **Azul de metileno**

Tabla 15
Resultado de azul de metileno

Ensayo de azul de metileno			
			Exigencia AASHTO TP 57
N° de muestra	1	2	3
Resultado, mg/g.	8	8	8
Promedio	8 mg/g.		8 mg/g. máximo

Nota: El promedio en azul de metileno reportó el valor de 8 mg/g., el cual representa 8 miligramos de azul de metileno por gramo de material, lo que indica que tiene mediana reactividad y tendría un desempeño aceptable con el diseño.

Fuente: Elaboración propia

- **Peso unitario seco suelto del agregado fino**

Tabla 16
Resultado de peso unitario seco suelto

Ensayo de P.U.S.S.				Exigencia MTC E 203
	1	2	3	
N° de muestra	1	2	3	
Peso de tara, kg (T)	0.320	0.320	0.320	
Peso de muestra + tara, kg (M)	4.825	4.825	4.830	
Peso de muestra, kg A=(M-T)	4.505	4.505	4.510	1400 – 1600 kg/m ³
Volumen de recipiente, m ³ (V)	0.00284	0.00284	0.00284	
Resultado, kg/m ³ (A/V)	1588	1588	1590	
Promedio	1588 kg/m ³			

Nota: El ensayo muestra la relación peso/volumen en su condición suelta. El P.U.S.S. del agregado fino que se promedió resultó 1588 kg/m³.

Fuente: Elaboración propia

- **Adherencia Riedel-Weber**

Tabla 17
Resultado de Riedel-Weber

Ensayo de Riedel-Weber			Exigencia MTC E 220
	Grado	Desprendimiento	
Grado	1	No desprende	
Grado	2	No desprende	
Grado	3	No desprende	
Grado	4	No desprende	
Grado	5	No desprende	4 mínimo
Grado	6	Desprendimiento inicial	
Resultado, grado	6		

Nota: Según la observación visual realizada en el ensayo de Riedel-Weber se puede decir que recién se notó el desprendimiento entre el agregado y el asfalto en el grado 6.

Cada grado o índice representa la disolución de carbonato sódico anhídrido en agua destilada (las cantidades se encuentran especificadas en el Manual de ensayo de materiales MTC E 220)

Fuente: Elaboración propia

- **Desgaste de Los Ángeles**

Tabla 18

Resultado de resistencia a la abrasión

Ensayo de resistencia a la abrasión – Maquina de Los Ángeles						
Tamices		Peso retenido (gr.)	Cálculos	N° 1	N° 2	Exigencia MTC E 207
Pasa	Retiene					
1/2"	3/8"	-	Retenido N° 12 (gr) (B)	4172.2	4163.1	
3/8"	1/4"	2500	Pasa N° 12 (gr) (C)	827.8	836.9	
1/4"	N° 4	2500	Resultado, % (A-B) / A	16.6	16.7	25 % máximo
N° 4	N° 8	-	Promedio	16.7%		
Total		5000 (A)				

Nota: La granulometría de nuestra muestra determina el uso de gradación, que en este caso es tipo C (8 esferas), donde el porcentaje de desgaste es de 16.7%.

Fuente: Elaboración propia

3.2. Filler mineral

Así como fue mencionado anteriormente, como filler mineral se podría utilizar diferentes insolubles en asfalto aprobado que cumpla con los requisitos de ASTM D 242. Para este caso se empleó *Cemento Portland tipo I*, donde este debe cumplir con las especificaciones granulométricas.

Tabla 19
Resultado de granulometría del filler

Tamiz ASTM	% retenido	% acumulado	% que pasa	Especificaciones ASTM D 242	
N° 30			100	100	100
N° 50	2	2	98	95	100
N° 200	2	4	96	70	100
FONDO	96	100	0.0		

Fuente: Elaboración propia

3.3. Ensayos a la emulsión y residuo asfáltico

- **Viscosidad Saybolt Furol**

Tabla 20
Resultado de viscosidad Saybolt Furol

Ensayo de viscosidad Saybolt Furol, 25 °C		
		Exigencia MTC E 403
Temperatura (°C)	25	20 – 100 seg
Resultado, seg	22.9	

Nota: El ensayo de viscosidad presenta un rol importante para que al momento de la aplicación no se esparza hacia las bermas o pendientes entonces al resultar 22.9 seg indica que es una muestra viscosa aceptable.

Fuente: Elaboración propia

- **Sedimentación**

Tabla 21
Resultado de sedimentación

Ensayo de sedimentación, 7 días	
	Exigencia MTC E 404

Tiempo (días)	7	5 % máximo
Resultado, %	3.7	

Nota: La sedimentación es evaluada para garantizar la uniformidad durante el almacenamiento es por eso que si supera la exigencia significa que la muestra esta presentado fases de separación, en este caso, resultado 3.7% de sedimentación o asentamiento a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia

- **Prueba de tamiz**

Tabla 22

Resultado del tamizado

Ensayo de tamizado de la emulsión asfáltica		
		Exigencia MTC E 405
Tamiz	N° 20	0.1 % máximo
Resultado, %	0.01	

Nota: El ensayo de tamiz es para evaluar la cantidad de producto asfáltico mal emulsionado que es provocado por una mala molienda y/o mala dosificación. Para este caso presentó 0.01% retenido en la malla N°20.

Fuente: Elaboración propia

- **Carga de partícula**

Tabla 23

Resultado de carga de partícula

Ensayo de carga de partícula		
		Exigencia MTC E 407
Resultado	Positivo (+)	Positivo / negativo

Nota: Este ensayo identifica la deposición de la emulsión en el ánodo o cátodo en este caso la emulsión se depositó en el cátodo, por lo tanto es de carga eléctrica positiva.

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación del residuo asfáltico por evaporación**

Tabla 24
Resultado de residuo asfáltico por evaporación

Ensayo de residuo asfáltico por evaporación				Exigencia MTC E 411
N° de muestra	1	2	3	
Temperatura		163 °C		
Peso de recipiente y varilla, gr	95.33	94.49	94.27	
Peso de muestra inicial, gr	50.0	50.1	50.0	62 % mínimo
Peso de recipiente, varilla y muestra final, gr	126.33	125.49	125.32	
Resultado, %	62.0	62.0	62.1	
Promedio		62.0 %		

Nota: El ensayo determina cualitativamente la cantidad de asfalto de una emulsión donde en este caso resultado 62% de asfalto.

Fuente: Elaboración propia

- **Penetración**

Tabla 25
Resultado de penetración

Ensayo de penetración, 25 °C, 100 gr, 5 seg, 0.1 mm		Exigencia MTC E 304
Temperatura (°C)	25	
Masa total (gr)	100	50 – 90 mm
Tiempo (seg)	5	
Resultado, mm	78.0	

Nota: Este ensayo determina la penetración del asfalto cuyo valor expresa el grado de dureza que se relaciona con altitudes y climas, en este caso la penetración es correspondiente a la altitud de la zona.

Fuente: Elaboración propia

- **Ductilidad**

Tabla 26
Resultado de ductilidad

Ensayo de ductilidad, 5 °C, 5 cm/min		
		Exigencia MTC E 306
Temperatura (°C)	5	≥ 10 cm
Resultado, cm	11.5	

Nota: La ductilidad del residuo asfáltico desarrollada a 5°C determina establecer la deformación plástica sin romperse o vulnerar su estructura que permite saber la capacidad de resistencia del asfalto modificado en bajos climas, para este caso, la muestra presentó 11.5 cm de elongación.

Fuente: Elaboración propia

- **Recuperación elástica**

Tabla 27
Resultado de recuperación elástica

Ensayo de recuperación elástica, 25 °C		
		Exigencia ASTM D 6084
Temperatura (°C)	25	30 % mínimo
Resultado, %	35.0	

Nota: Este ensayo determina evaluar la tensión elástica recobrada después de alargar severamente la muestra desarrollada a 25°C. La muestra presentó 35% de recuperación elástica.

Fuente: Elaboración propia

- **Índice de Fraass**

Tabla 28
Resultados de índice de Fraass

Ensayo de índice de Fraass

Exigencia	
MTC E 311	
Resultado, °C	-17 -17°C máximo

Nota: Es la determinación de la temperatura en la que presenta la primera fisura en la superficie a causa de la rigidez que va adquiriendo al enfriarse, para este caso, resultó a los -17°C.

Fuente: Elaboración propia

3.4. Calculo del porcentaje de emulsión teórico

- Se determina la superficie especifica reemplazando los datos de la granulometría mostrados en la tabla 13 en la ecuación 1 y se obtiene:

$$SE = \frac{1}{100} [(0.342 \times 17.2) + (1.92 \times 65.2) + (15.33 \times 8.1) + (118 \times 9.5)]$$

$$SE = 13.80 \text{ m}^2$$

- Reemplazamos en la curva H (ecuación 4) ya que se obtiene un material considerado con alto equivalente de arena y absorción baja, asimismo, es fundamental recordar que existe una tendencia de diseño de tomar el mínimo de ligante asfáltico posible para obtener un bajo contenido de asfalto y que al someterse al paso de los vehículos trabaje como un sello de gravilla fijada.

$$Y = -0.0047 \times 13.8^2 + 0.2851 \times 13.8 + 5.9759$$

$$Y = 8.6 \%$$

- Por último, se reemplaza en la ecuación 5 para determinar el porcentaje de emulsión teórico

$$\% \text{ de emulsión teórico} = \frac{8.6 \times 100}{62}$$

$$\% \text{ de emulsión teórico} = 13.9 \%$$

3.5. Ensayos al diseño del micropavimento

- **Tiempo de mezclado**

Tabla 29

Resultado de tiempo de mezclado

Ensayo de tiempo de mezclado				Exigencia ISSA TB 113
N° de muestra	1	2	3	
Resultado a 15 °C, seg	280.0	279.0	285.0	
Promedio		281.3 seg		120 seg mínimo
Resultado a 29 °C, seg	178.0	167.0	175.0	
Promedio		173.3 seg		

Nota: El tiempo de rotura del diseño de la mezcla se da a los 281.3 seg a 15° C y a los 173.3 seg a 29 °C, es decir, que se perderá la trabajabilidad después de ese tiempo. Estos valores estiman cuanto tiempo el material puede ser mezclado en las máquinas antes que empiece a romper.

Fuente: Elaboración propia

- **Consistencia**

Tabla 30

Resultado de porcentaje óptimo de humedad

Ensayo de consistencia					Exigencia ISSA TB 106
% humedad	N°1	N°2	N°3	Consistencia	
8	1.3	1.7	1.6	1.5 cm	
10	2.4	2.4	2.5	2.4 cm	2 – 3 cm
12	3.3	3.0	3.6	3.3 cm	
14	4.6	4.3	4.1	4.3 cm	

Nota: Con este ensayo se determina el porcentaje óptimo de humedad que será 10% ya que su consistencia es de 2.4 cm cumpliendo con la exigencia, asimismo, se indica que se utilizó 13.7% de emulsión ya que se obtuvo una mejor consistencia con ese porcentaje.

Fuente: Elaboración propia

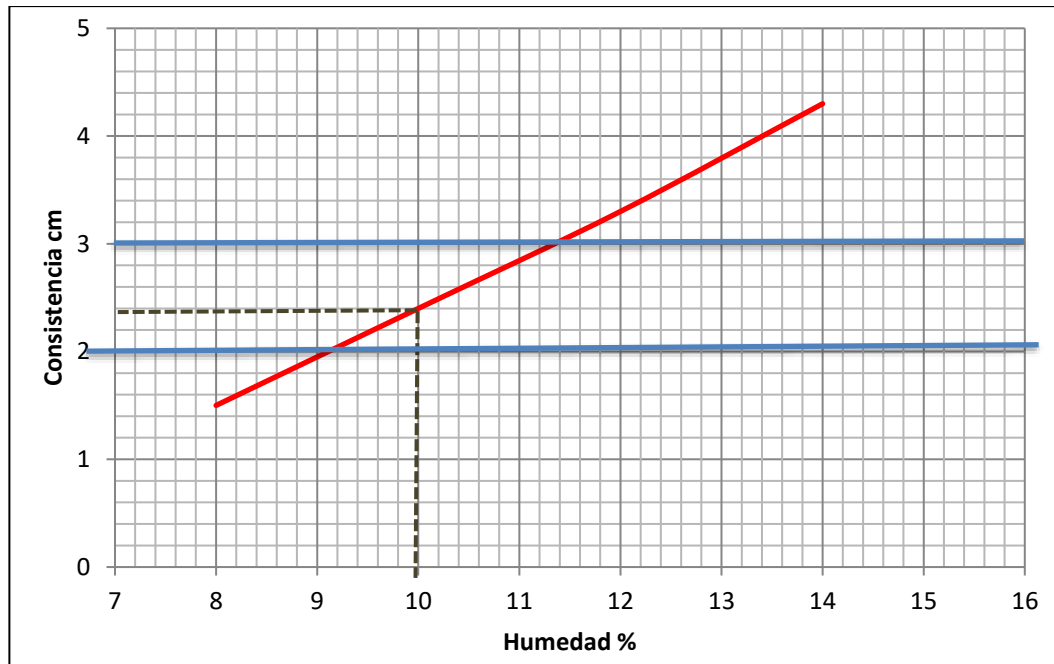


Figura 31. Porcentaje óptimo de humedad

Fuente: Elaboración propia

- **Cohesión**

Tabla 31

Resultado de cohesión

Ensayo de cohesión húmeda			
	Exigencia ISSA TB 139		
Temperatura	15 °C	29 °C	
Emulsión %	13.7	13.7	12 kg cm mínimo
Filler %	1	1	(30 min)
Agua %	10	10	
	Cohesión (kg-cm)		
30 min	12	14	20 kg cm mínimo
60 min	20	21	(60 min)
90 min	22	23	

Nota: Para este ensayo se tiene los porcentajes de emulsión y agua (ensayos previos) y se determina que con el 1% de filler nos proporciona una curva de cohesión aceptada. El valor de 12 kg cm define que la mezcla ha llegado a su curado inicial que debería ser a los 30 min y 20 kg cm define el valor para que se apertura al tráfico.

Fuente: Elaboración propia

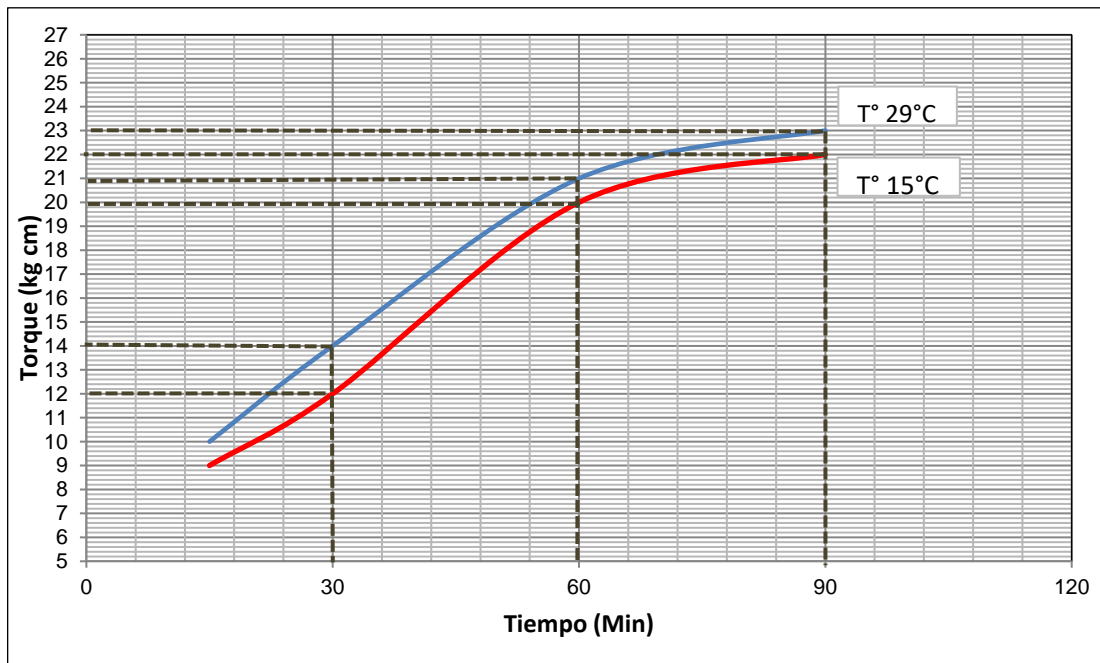


Figura 32. Curva de cohesión

Nota: En la figura 32 se muestra que a los 30 minutos presenta un toque de 14 kg cm y a los 60 minutos presenta 21 kg cm a temperatura de 29°C y para 15°C a los 30 minutos, 12 kg cm y a los 60 minutos, 20 kg cm.

Fuente: Elaboración propia

- **Desnudamiento húmedo – Wet Striping**

Tabla 32

Resultado de Wet Striping

Ensayo Wet Striping				Exigencia ISSA TB 114
N° de muestra	1	2	3	
Resultado, %	99	99	99	90 % mínimo
Promedio	99 %			

Nota: Este ensayo evalúa la capacidad de resistencia al daño de la humedad (desprendimiento). Según la evaluación visual se determina que la muestra presenta un recubrimiento de 99% que representa la estimación del área de agregado cubierto con asfalto.

Fuente: Elaboración propia

- **Abrasión en húmedo (WTAT)**

Tabla 33

Resultados de abrasión en húmedo (WTAT)

Ensayo de abrasión en húmedo					Exigencia ISSA TB 100
Contenido de emulsión	12	13.5	15	16.5	
Peso inicial	1698.0	1619.7	1661.7	1645.9	
Peso final	1681.9	1610.0	1655.5	1640.5	538 g/m ²
Factor de corrección		34.983			máximo
Resultado, g/m ²	563.2	339.3	216.9	188.9	

Nota: Esta prueba determina la resistencia a la abrasión simulada al tránsito, que está relacionada a la cantidad de emulsión. A mayor cantidad de emulsión menor desgaste.

Fuente: Elaboración propia

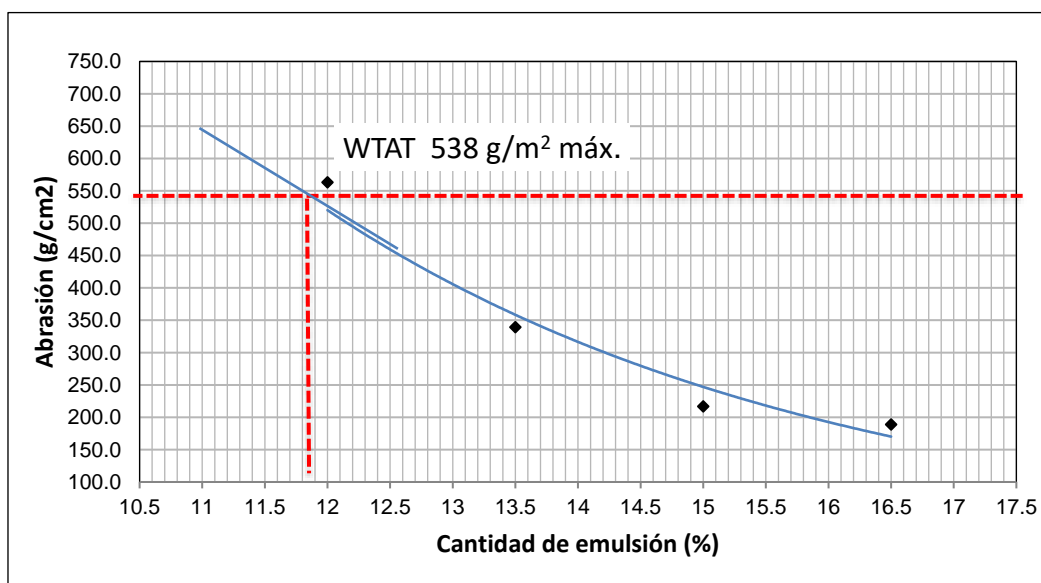


Figura 33. Curva WTAT

Nota: En la figura 33 se logra observar que el valor mínimo de cantidad de emulsión es de 11.9 % en peso de agregado, este valor debemos usar para no tener un desgaste por encima de lo permitido.

Fuente: Elaboración propia

- **Rueda cargada (LWT)**

Tabla 34

Resultados de rueda cargada (LWT)

Ensayo de rueda cargada					Exigencia ISSA TB 109
Contenido de emulsión	12	13.5	15	16.5	
Peso inicial	512.8	491.3	516.3	522.5	
Peso final	517.2	496.0	521.8	529.0	538 g/m ² máximo
Factor de corrección	0.011129				
Resultado, g/m ²	395.4	422.3	494.2	584.1	

Nota: Esta prueba determina el contenido de emulsión máximo permisible y evitar excesos que reflejaran exudaciones, ahuellamientos, entre otros en el pavimento.

Fuente: Elaboración propia

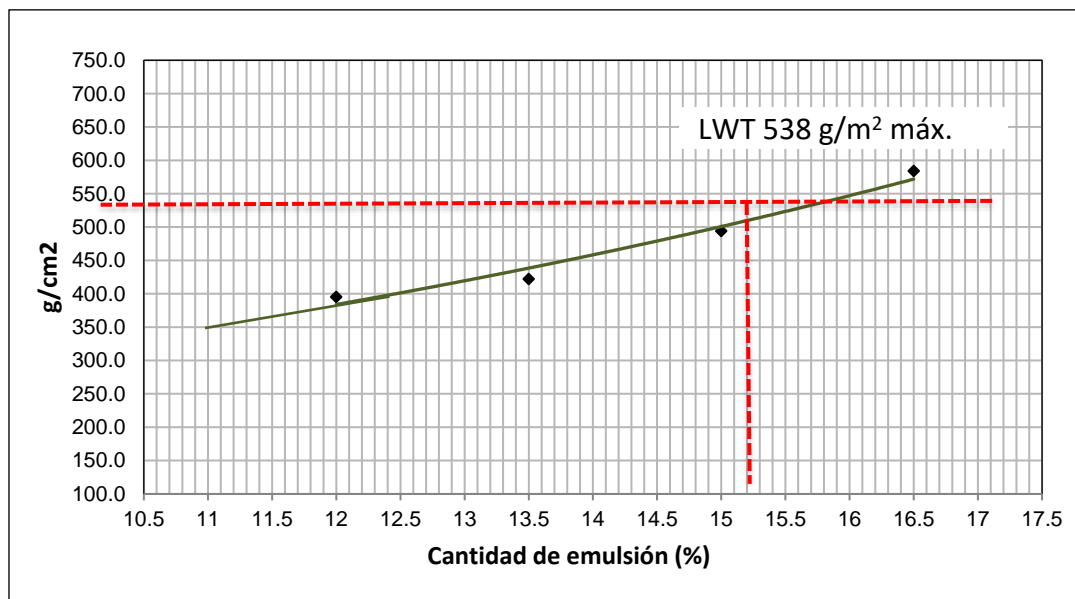


Figura 34. Curva LWT

Nota: En la figura 34 se logra observar que el valor máximo de cantidad de emulsión es de 15.6 % en peso de agregado.

Fuente: Elaboración propia

- **Desplazamiento lateral**

Tabla 35

Resultado de desplazamiento lateral

Ensayo de desplazamiento lateral		
		Exigencia
		ISSA TB 147
Resultado, %	3.8	5 % máximo

Nota: La muestra presentó 3.8% de incremento lateral con respecto al ancho inicial.

Fuente: Elaboración propia

3.6. Calculo del porcentaje de emulsión óptimo

Para determinar la cantidad óptima de asfalto para el diseño de micropavimento para la parte técnica y económica se debe tener las curvas de WTAT y LWT. En la siguiente figura se observa la curva azul de abrasión en húmedo (WTAT) y la curva verde de rueda cargada (LWT).

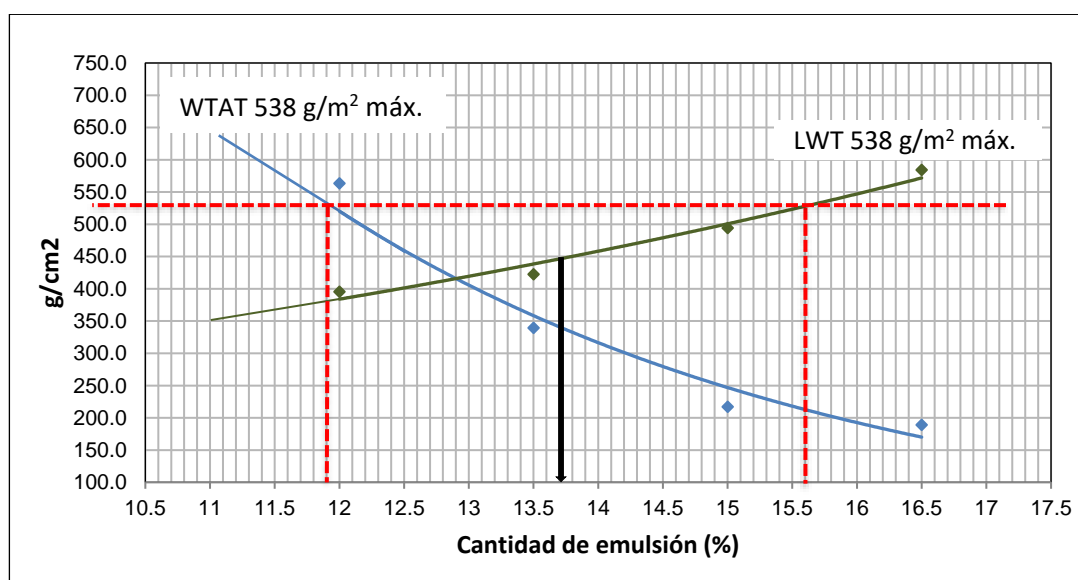


Figura 35. Cantidad óptima de asfalto

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, el contenido de emulsión mínima es 11.9 % y el contenido de emulsión máximo es 15.6 %, con esos porcentajes se procede a hallar la cantidad óptima de emulsión y la cantidad óptima de residuo asfáltico.

Cantidad óptima de emulsión:

$$C.O.E. = \frac{(15.6 + 11.9)}{2} \pm 0.05\%$$

$$C.O.E. = 13.70 \%$$

Cantidad óptima de residuo asfáltico:

$$C.O.R.A. = 13.7 \times 0.62$$

$$C.O.A. = 8.49 \%$$

3.7. Clasificación de compatibilidad - Schulze Breuer and Ruck

Finalmente se realiza el ensayo final de compatibilidad, que es el más importante y el de mayor duración porque se encuentra en función de la absorción, abrasión, integridad y adherencia.

Tabla 36

Resultados de Schulze Breuer and Ruck

Ensayo de clasificación de compatibilidad							
Peso inicial (A)	Peso después de 6 días (B)	Absorció gr (A-B)	Peso después de los 3600 ciclos (C)	Abrasión Gr (B-C)	Peso después del hervido (D)	Integridad % (D/C) *100	Adherencia % (E)
41.76	42.67	0.91	41.74	0.93	38.8	93.0	99
40.97	41.95	0.98	40.98	0.97	38.5	93.9	99

41.76	42.80	1.04	41.91	0.89	38.9	92.8	99
41.33	42.43	1.1	41.47	0.96	38.9	93.8	99

Nota: Para el ensayo de absorción se obtuvo un promedio de 1 gr, para el ensayo de abrasión 0.94 gr, para el ensayo de integridad se obtuvo 93.38 % y para el ensayo de adherencia 99 %.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 37 se muestra la clasificación y puntuación de cada muestra ensayada por abrasión, integridad y adherencia donde en la muestra N°1, N°2, N°3 y N°4 obtuvieron el mismo resultado de “11 – BAA” siguiendo los criterios de clasificación especificados en la tabla 12.

Tabla 37

Clasificación y puntuación por muestra

N° de muestra	Abrasión		Integridad		Adherencia	
1	3	B	4	A	4	A
2	3	B	4	A	4	A
3	3	B	4	A	4	A
4	3	B	4	A	4	A

Nota: Para la muestra N°1, N°2, N°3 y N°4 al ensayo de abrasión obtuvo 3 puntos (B) ya que el resultado estuvo en el rango de 0.7 – 1 g, para el ensayo de integridad se obtuvo 4 puntos (A) ya que el resultado estuvo en el rango 90 – 100 % y para el ensayo de adherencia se obtuvo 4 puntos ya que el resultado estuvo en el rango 90 – 100 %.

Fuente: Elaboración propia

El resultado final mostrado en la tabla 38 (11 – BAA) confirman la compatibilidad de la mezcla, siendo aceptable para el diseño del micropavimento con respecto a la pérdida por abrasión, adherencia y características de cohesión a altas temperaturas de una mezcla de asfalto y agregado fino.

Tabla 38
Clasificación y puntaje final

Puntaje total	Clasificación final	Exigencia ISSA TB 144
11	BAA	11 puntos mínimo (AAA, BAA)

Fuente: Elaboración propia

3.8. Diseño del micropavimento

El presente diseño corresponde al diseño final de mezclas para la aplicación del micropavimento Tipo III, esta mezcla será colocada como mantenimiento periódico para el tramo de Km 23+910 al Km 76+83 del corredor vial Emp. PE – 3S (Huayllapampa) – La Quinua – San Francisco – Puerto Ene – Tzomaveni – Cubantia y Ramal Puente Alto Anapati – Boca Sonoro – Punta Carretera.

- El P.U.S.S. del agregado para micropavimento es 1588 kg/m³.
- Mediante el grafico de los ensayos WTAT y LWT se obtiene la cantidad óptima de emulsión donde es 13.70 % (8.79 % de residuo asfáltico) con respecto al peso del agregado seco.
- Mediante el ensayo de consistencia se obtiene la cantidad óptima de agua de donde es 10 % con respecto al peso del agregado seco.
- Mediante el ensayo de cohesión se obtiene la cantidad óptima de filler donde es 1% con respecto al peso del agregado seco.

Tabla 39
Diseño final de micropavimento

	% respecto al peso del agregado seco	Respecto al m3 del agregado seco
Emulsión	13.70 %	57.5 gal/m3
Agua	10.0 %	42.0 gal/m3
Filler (Cemento Portland tipo I)	1.0 %	15.9 kg/m3

Fuente: Elaboración propia

3.9. Aplicación de micropavimento

Se detallará los procedimientos realizados para la ejecución de la aplicación de micropavimento en el tramo La Quinoa – Challhuamayo, donde se cumplirá los requisitos establecidos por el Manual de Carreteras del MTC.

Calibración de micropavimentador

La calibración consiste en establecer los parámetros de control del equipo micropavimentador (agregado, emulsión, agua y filler) para una dosificación o diseño de mezcla con respecto al peso seco del agregado.

Es importante mencionar que no se podrá utilizar la maquina sin que ésta no haya sido calibrada previamente, para lo cual antes de la aplicación del tramo de prueba se procederá con la calibración del equipo.

Tramo de prueba

A causa de los factores climatológicos que pueda estar expuesta la vía como la temperatura ambiental, vientos, humedad, entre otros.

El Manual de Carreteras del MTC establece que se debe realizar un tramo de prueba para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitudes aprobadas por el supervisor, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de la mezcla, donde se puede realizar ajustes de diseño en campo, es decir, modificar la mezcla diseñada bajo las condiciones del laboratorio asegurándose que el comportamiento este dentro de las especificaciones técnicas del diseño de mezclas.

Proceso constructivo

i. Preparación de superficie

La superficie se limpiará para eliminar la mayor cantidad de polvos y materiales nocivos que impidan una correcta adherencia utilizando una barredora mecánica como se aprecia en las figuras mostradas. En caso sea necesario, también se hará uso de herramientas manuales, los que deberán ser aprobados por el supervisor.

Se recomienda en algunos casos, el riego de agua previo a la aplicación del micropavimento como control de ruptura prematura de la mezcla a la superficie existente.



Figura 36. Trabajo de limpieza

Fuente: Elaboración propia

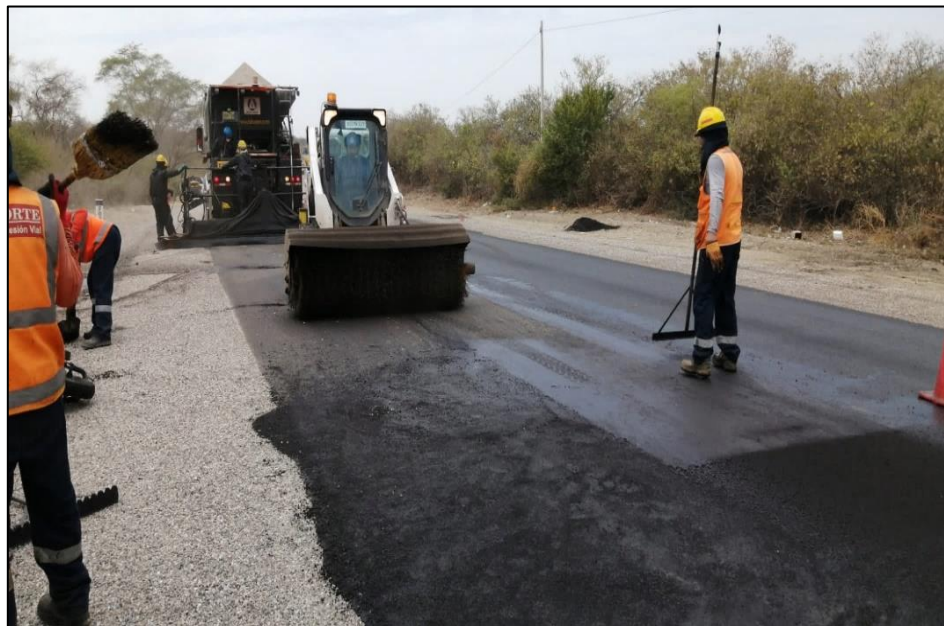


Figura 37. Barredora mecánica

Fuente: Elaboración propia

ii. Aplicación y esparcido de la mezcla

Se realiza el carguío de los componentes al micropavimentador. Se suministra el agregado, el filler (cemento Portland tipo I) y el abastecimiento de la emulsión CQS-1hP y del agua previamente mezclado.

Los componentes del micropavimento son mezclados por un tiempo mínimo de 120 a 300 segundos, durante el cual la mezcla permanece fluida y puede ser distribuida sobre la superficie.

Luego se inicia los trabajos de aplicación de micropavimento con la caja esparcidora limpia y lista para ser unida a la parte trasera del micropavimentador como se aprecia en la figura 32.



Figura 38. Limpieza de caja esparcidora

Fuente: Elaboración propia

Una vez listo la caja esparcidora, se procede con la aplicación del micropavimento con la colaboración de 3 auxiliares encima de la caja esparcidora que ayudan a la colocación de la mezcla y 1 operario que controla la dotación de los materiales del micropavimento.



Figura 39. Aplicación de micropavimento

Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Tramo La Quinoa – Challhuamayo

Fuente: Elaboración propia

También hay auxiliares en los costados de la rastra que acomodan la mezcla para que no quede rebabas, acomodando el micropavimento lo más uniforme posible.



Figura 41. Personal técnico

Fuente: Elaboración propia



Figura 42. Caja esparcidora

Fuente: Elaboración propia

iii. Compactación

Después de la colocación del micropavimento en este tramo, se debe realizar la compactación con apoyo del rodillo neumático de 10 toneladas pasando varias veces (ida y vuelta) para que se acomode los agregados y proporcionando una superficie uniforme y antideslizante, dejando liberar el agua retenida en la aplicación.



Figura 43. Rodillo Neumático 10 Ton

Fuente: Elaboración propia

Apertura al tránsito

Finalmente, después de 1 hora de haber sido aplicado el micropavimento en la superficie, se procede a la apertura al tráfico, sin embargo, es muy importante que la mezcla haya sido bien diseñada y aplicada para que no genere daños como ahuellamientos o desprendimientos.



Figura 44. Apertura al tránsito

Fuente: Elaboración propia



Figura 45. Apertura al tránsito

Fuente: Elaboración propia

3.10. Análisis de precio unitario

Costo por m2 de la partida “Aplicación de micropavimento”

En la figura 46 se observa un costo aproximado de la aplicación de micropavimento resultado así S/. 12.64 por m2. Es importante mencionar, que el tiempo de vida útil del micropavimento es de 5 a 7 años.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Partida:	2.02.02	APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTO				
	Rendimiento: M2/día	MO:	5000	EQ:	5000	
Codigo	Descripcion Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PrecioS/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0016	29.23	0.05
	OPERARIO	hh	6.0000	0.0096	23.38	0.22
	OFICIAL	hh	4.0000	0.0064	18.48	0.12
	PEON	hh	6.0000	0.0096	16.71	0.16
						0.55
	Materiales					
	EMULSION ASFALTICA CQS-1hP	gal		0.5940	12.70	7.54
	FLETE DE EMULSION ASFALTICA	gal		0.5940	0.60	0.36
	AGREGADO 100% TRITURADO	m3		0.0120	84.50	1.01
	AGUA PUESTA EN OBRA	gal		0.4788	1.10	0.53
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0043	19.70	0.08
						9.53
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.5499	0.03
	MICROPAVIMENTADOR	hm	1.0000	0.0016	500.00	0.80
	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7' LONG	hm	1.0000	0.0016	58.00	0.09
	CARGADOR FRONTAL 930 O SIMILAR	hm	1.0000	0.0016	220.00	0.35
	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	hm	1.0000	0.0016	160.00	0.26
	CILINDROS PARA COMBUSTIBLE	und	3.0000	0.0048	85.00	0.41
	CAMION CISTERNA 4X2 EMULSION 210 HP 2000 GAL	hm	1.0000	0.0016	210.00	0.34
	CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 165 HP 2000 GAL	hm	1.0000	0.0016	180.00	0.29
						2.56
						12.64
					Costo unitario directo por: M2	12.64

Figura 46. APU por m2 de Micropavimento

Fuente: Elaboración propia

Costo por m2 de la partida “Aplicación de Slurry Seal”

En la figura 47 se observa un costo aproximado de la aplicación de Slurry Seal resultado así S/. 12.05 por m2. Es importante mencionar, que el tiempo de vida útil del micropavimento es de 2 a 4 años.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Partida:	2.02.02	APLICACIÓN DE SLURRY SEAL				
Codigo	Rendimiento: M2/día Descripcion Recurso	MO: Unidad	5000 Cuadrilla	EQ: Cantidad	5000 PrecioS/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0016	29.23	0.05
	OPERARIO	hh	6.0000	0.0096	23.38	0.22
	OFICIAL	hh	4.0000	0.0064	18.48	0.12
	PEON	hh	6.0000	0.0096	16.71	0.16
						0.55
	Materiales					
	EMULSION ASFALTICA CSS-1hP	gal		0.5940	12.10	7.19
	FLETE DE EMULSION ASFALTICA	gal		0.5940	0.60	0.36
	AGREGADO	m3		0.0120	65.00	0.78
	AGUA PUESTA EN OBRA	gal		0.4788	1.10	0.53
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0043	19.70	0.08
						8.94
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.5499	0.03
	MICROPAVIMENTADOR	hm	1.0000	0.0016	500.00	0.80
	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7' LONG	hm	1.0000	0.0016	58.00	0.09
	CARGADOR FRONTAL 930 O SIMILAR	hm	1.0000	0.0016	220.00	0.35
	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	hm	1.0000	0.0016	160.00	0.26
	CILINDROS PARA COMBUSTIBLE	und	3.0000	0.0048	85.00	0.41
	CAMION CISTERNA 4X2 EMULSION 210 HP 2000 GAL	hm	1.0000	0.0016	210.00	0.34
	CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 165 HP 2000 GAL	hm	1.0000	0.0016	180.00	0.29
						2.56
						Costo unitario directo por: M2
						12.05

Figura 47. APU por m2 de Slurry Seal

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

7.1. Discusión

- Según el manual ISSA A-143 (International Slurry Surfacing Association) señala que “el micropavimento se adherirá firmemente a la superficie y tendrá una textura antideslizante durante toda su vida útil”, ya que el tramo estudiado presenta zonas de curva, es importante brindar al usuario comodidad y seguridad sobre todo en esas zonas. Por lo tanto, el micropavimento es una buena alternativa para la conservación vial del tramo La Quinoa – Challhuamayo.
- Se realiza una comparación de los resultados de los ensayos realizados al agregado y las especificaciones dadas por el Manual de Carreteras del MTC donde se observa que cumplen.

Tabla 40

Resultados de los ensayos del agregado

Ensayo	Norma	Especificación	Resultado	Aceptación
Equivalente de arena	MTC E 114	60% mínimo	79%	Cumple
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 mg/g. máximo	8 mg/g.	Cumple
PUSS	MTC E 203	1400 – 1600 kg/m ³	1588 kg/m ³	Cumple
Adherencia Riedel-Weber	MTC E 220	4 mínimo	Grado 6	Cumple
Desgaste de Los Ángeles	MTC E 207	25% máximo	16.70%	Cumple

- Se realiza una comparación de los resultados de los ensayos realizados a la emulsión y residuo asfáltico y las especificaciones dadas por el Manual de Carreteras del MTC donde se observa que cumplen.

Tabla 41

Resultados de los ensayos de la emulsión asfáltica

Ensayo	Norma	Especificación	Resultado	Aceptación
Viscosidad Saybolt Furol	MTC E 403	20 – 100 seg	22.9 seg	Cumple
Sedimentación	MTC E 404	5% máximo	3.7%	Cumple
Tamizado N° 20	MTC E 405	0.1% máximo	0.01%	Cumple
Carga de partícula	MTC E 407	Positivo/Negativo	+	Cumple
Residuo asfáltico por evaporación	MTC E 411	62% mínimo	62%	Cumple

Tabla 42

Resultados de los ensayos del residuo asfáltico

Ensayo	Norma	Especificación	Resultado	Aceptación
Penetración	MTC E 304	50 – 90 mm	78 mm	Cumple
Ductilidad	MTC E 306	10 cm mínimo	11.5 cm	Cumple
Recuperación elástica	ASTM D 6084	30% mínimo	035%	Cumple
Índice de Fraass	MTC E 311	-17°C mínimo	-17°C	Cumple

- El porcentaje de emulsión obtenido por el método de área superficial y el método práctico son 13.90 % y 13.70 % respectivamente, a pesar que son valores similares, es importante mencionar que el primer método propuesto es un valor teórico y sirve para dar una estimación del valor, sin embargo, no es el óptimo ya que este se debe determinar mediante las curvas de los resultados de los ensayos WTAT (abrasión en húmedo) y LWT (rueda cargada) donde debn cumplir con las especificaciones.
- Se realiza una comparación de los resultados de los ensayos para el diseño de micropavimento y las especificaciones dadas por la norma ISSA A 143 donde se observa que cumplen.

Tabla 43
Resultados de los ensayos para el diseño del micropavimento

Ensayo	Norma	Especificación	Resultado	Aceptación
Tiempo de mezcla	ISSA TB 113	120 seg mínimo	173.3 seg	Cumple
Cohesión húmeda @ 30 minutos @ 60 minutos	ISSA TB 139	12 kg/cm mínimo 20 kg/cm mínimo	-15°C 12 kg/cm	Cumple
			20 kg/cm	
			-29°C 14 kg/cm 21 kg/cm	
Desnudamiento húmedo	ISSA TB 114	90% mínimo	99%	Cumple
Pérdida de abrasión 01 hora de remojo 06 días de remojo	ISSA TB 100	538 g/m2 máximo 807 g/m2 máximo	348 g/m2 620.7 g/m2	Cumple
Desplazamiento lateral	ISSA TB 147	5% máximo	3.8%	Cumple
Exceso de asfalto por adhesión de arena (LWT)	ISSA TB 109	538 g/m2 máximo	447 g/m3	Cumple
Clasificación de compatibilidad	ISSA TB 144	11 puntos mínimo (AAA, BAA)	11 BBA	Cumple

- Según los resultados del costo por m² del micropavimento y el slurry seal mostrados en las figuras 46 y 47 respectivamente, se muestra que el slurry seal es más económico ya que no se utiliza 100% de agregado triturado como es en el micropavimento, de igual manera con la emulsión asfáltica donde se utiliza menor cantidad de polímeros que en el micropavimento, sin embargo, se realiza un análisis comparativo de costo – beneficio donde se observa que a lo largo de 10 años solo se invertiría en micropavimento S/12.64 demostrándose que el micropavimento es una opción económica a largo plazo, ya que, es una técnica rentable porque brinda mayor tiempo de vida útil a la vía, es decir, si el periodo

de durabilidad del tramo es mayor, el mantenimiento vial se hace menos frecuente generando un menor costo.

Tabla 44

Análisis comparativo costo-beneficio por m2

Años	Micropavimento	Slurry Seal
0	S/. 0.00	S/. 0.00
1	S/. 0.00	S/. 0.00
2	S/. 0.00	S/. 0.00
3	S/. 0.00	S/. 12.05
4	S/. 0.00	S/. 0.00
5	S/. 0.00	S/. 0.00
6	S/. 12.64	S/. 12.05
7	S/ 0.00	S/. 0.00
8	S/. 0.00	S/. 0.00
9	S/. 0.00	S/. 12.05
10	S/. 0.00	S/. 0.00
Total	S/. 12.64	S/. 36.15

- Rujel, C. y Solórzano, K. (2015). En su tesis *Importancia de la determinación de un micropavimento en frío como capa de rodadura de alta performance para el proyecto Conococha – Recuay*, realiza el diseño de micropavimento donde obtiene la cantidad óptima de emulsión para las canteras Acaray y Cayac de 12.60 % y 12.40 % respectivamente en relación al peso del agregado seco, mientras que, en la presente tesis se obtiene 13.70 %, esto es debido a la influencia de los ensayos de rueda cargada y abrasión en húmedo ya que se toma el valor medio de las curvas de estos ensayos explicados anteriormente. Sin embargo, estos valores cumplen con la exigencia de 8.90 – 16.90 % impuesta por la ISSA.

7.2. Conclusiones

- Los resultados adquiridos con la aplicación del micropavimento al tramo estudiado, se puede apreciar un pavimento uniforme brindando mayor comodidad y seguridad al usuario donde no han existido problemas por factores externos y climatológicos brindando así resultados satisfactorios. En la actualidad, a lo largo del corredor vial se sigue colocando el micropavimento y otros tipos de capa de rodadura según las fallas que presente el pavimento y otros factores.
- El micropavimento permite tener una fácil aplicación y de mejor calidad debido a que está compuesto por materiales con una tecnología superior, es por esta razón, que el micropavimento no reemplaza a las técnicas tradicionales sino es considerada como una evolución de éstas.
- La granulometría del agregado cumple con la gradación del huso tipo III, el cual es para vías con tránsito pesado, considerando las exigencias dadas por el manual de carreteras del MTC.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos realizados al agregado de la cantera Pedregal que fue utilizado para el diseño del micropavimento del tramo La Quinua – Challhuamayo, lograron cumplir con los estándares de calidad y exigencias propuestas por el manual del MTC.
- Una vez terminado de realizar los ensayos a los agregados, se realiza los ensayos a la emulsión asfáltica y luego se procede a determinar el residuo asfáltico por evaporación y realizar sus respectivos ensayos, donde en ambos se obtuvieron excelentes resultado lograndose cumplir con las exigencias dadas por el manual del MTC.

- El porcentaje mínimo y máximo de emulsión según los ensayos de abrasión en húmedo y rueda cargada son 11.90 % y 15.60 % en peso del agregado respectivamente.
- Los resultados de todos los ensayos al diseño de micropavimento cumplieron con los requerimientos estipulados por la ISSA mostrados en la tabla 43.
- El ensayo más importante y el de mayor duración para un micropavimento es la prueba de Schulze Breuer and Ruck puesto que este determina si es compatible la mezcla, en donde se obtuvo 11 BAA, esto significa que estos componentes se pueden utilizar para el diseño de micropavimento. Según la especificación, el valor mínimo permitido es 11 (AAA, BAA).
- El micropavimento se aplicó en el tramo La Quinua – Challhuamayo el cual permitió la apertura rápida del tránsito después de una hora de ser aplicada la mezcla, además, genera una reducción de costos ya que a mayor velocidad de apertura de la vía será menor el tiempo de ocupación de equipos y maquinarias.
- La dosificación final para el diseño del micropavimento con respecto al peso del agregado seco es: 13.70 % de emulsión asfáltica, 10 % de agua, 1 % de filler (cemento Portland tipo I).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aranda, P. y Zamora, C. (2018). *Calidad del micropavimento, usando los agregados de las canteras de la provincia de Trujillo, 2018*. (Tesis para obtener el título, Universidad César Vallejo, Lima, Perú).
- Amiel, J. (2014). *Metodología y diseño de la investigación científica*. Lima: Fondo editorial de la Universidad Científica del Sur.
- Calizaya, J. y Lluncor, R. (2015). *Influencia de la ingeniería geotécnica en la intervención y resultados por niveles de servicio en la carretera Huancavelica – Lircay – Huallapampa – La Mejorada – Acombamba – Puente Allccomachay*. (Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú).
- Carballo, M. y Guelmes, E. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 140-150.
- Coronel, O. (2017). *Micropavimento: Alternativa técnico-económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima*, 2017. (Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Lima, Perú).
- Figuroa, H., Crovetto, J., Ortiz, J. y Pérez, C. (2017). *Plan Estratégico del Subsector Infraestructura Vial en el Perú 2016-2020*. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú).
- Hernández, R., Fernández C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial McGraw Hill.
- International slurry surfacing association [ISSA]. (2010). *Recommended Performance Guideline for Micro Surfacing: A143*.

- López-Roldán, P. y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*, Barcelona, España, Creative Commons.
- Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]. (2013). *Manual de carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación: cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis*, Bogotá, Colombia, Ediciones de la U.
- Oblitas, J. (2018). *Guía de investigación científica 2018*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Oyola, A. (2021). La variable. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(1), 90-93, doi: <http://dx.doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.905>
- Ramos, M. (2018). *Gestión de la conservación y beneficios de la aplicación de micropavimento en una concesión vial en el Perú*. (Tesis de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial, Universidad de Piura, Lima, Perú).
- Rivera, G. (1997). *Mortero asfáltico: Slurry Seal*. Mexico DF, México: Alfaomega S.A.
- Rojas, M. y Ramírez, A. (2018). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(32), 109-128, doi: 10.22395/rium.v17n32a6

- Rujel, C. y Solórzano, K. (2015). *Importancia de la determinación de un micropavimento en frío como capa de rodadura de alta performance para el proyecto Conococha – Recuay*. (Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú).
- Saldaña, B. y Taipe, W. (2018). *Rehabilitación y mejoramiento en vías de bajo volumen de tránsito a nivel tratamientos superficial slurry seal Canayre – Puerto Palmeras – Ayacucho*. (Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú).
- Sangiorgi, C., Bitelli, G., Lantieri, C., Irali, F. y Girardi, F. (2012). A Study on Texture and Acoustic Properties of Cold Laid Microsurfacing. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 53, 223-234, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.875>
- Simões, D., Almeida-Costa, A. y Benta, A. (2017). Preventive maintenance of road pavement with microsurfacing—an economic and sustainable strategy. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11, 670-680, doi: 10.1080/15568318.2017.1302023
- Vargas, A. (2016). *Experiencia de diseño de micropavimentos en El Salvador*. (Tesis de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial, Universidad de Piura, Lima, Perú).
- Villavicencio, C. (2015). *Impacto de la aplicación de nuevas tecnologías de sellado con capa de protección asfáltica, en los plazos, costos y calidad de construcción de caminos secundarios en Chile*. (Tesis para obtener el título, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile).

ANEXOS

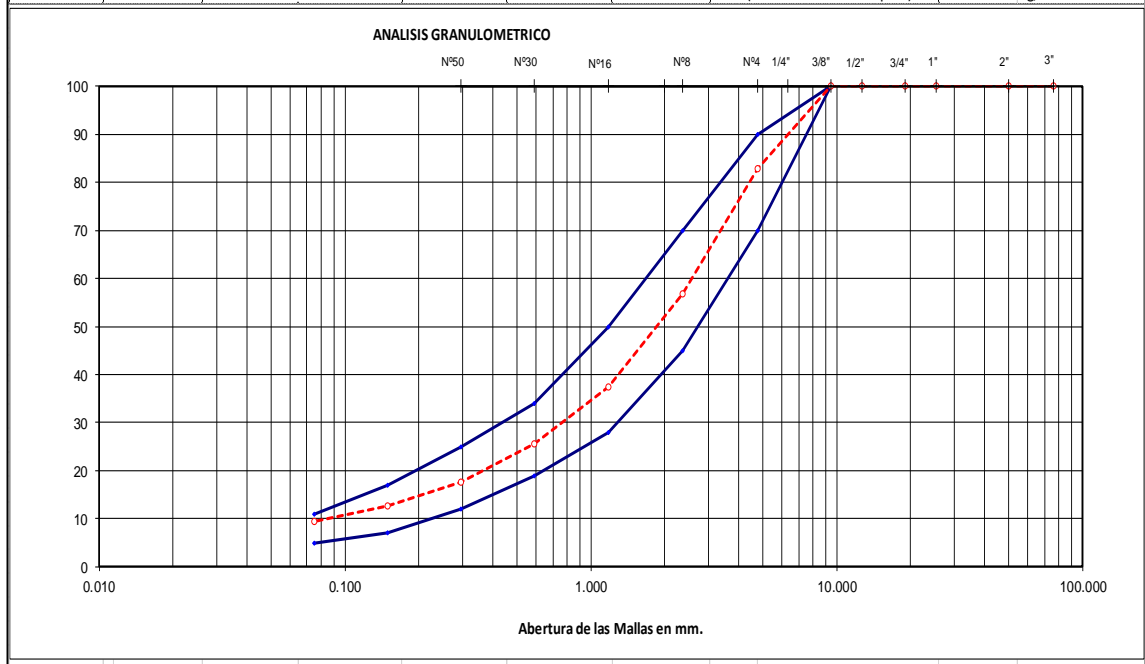
ANEXO 1: ENSAYOS DE LABORATORIO DE CALIDAD – LIMA, SURCO

REPORTE DE LABORATORIO			
HOJA RESUMEN			
DISEÑO Y DOSIFICACIÓN			
Contratista	:		
Obra	:	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -35 (Huayllapampa) -La Quinoa - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca	
Cantera	:	Rio Pedregal km 0+000	
Ubicación de Obra	:	Ayacucho	
Muestreado por	:	El Contratista	
Fecha	:	29/10/2019	
EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA			
Tipo de Construcción	:	Micropavimento Tipo III	
Tipo de Emulsión	:	Catiónica de Rotura Controlada con Polímero/ CQS-1hP	
DOSIFICACIÓN DE MICROPAVIMENTO			
Emulsión		57.5	gal/m ³
Agua de Recubrimiento		42.0	gal/m ³
Filler (Cemento Portland tipo I)		15.9	kg/m ³
PRUEBAS REALIZADAS AL MICROPAVIMENTO ISSA A 143 REVISADO 2010			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
ABRASIÓN (WTAT) a 1 Hora	ISSA TB 100	348.0	538 g/m ² , Máximo
ABRASIÓN (WTAT) a 6 días	ISSA TB 100	620.7	807 g/m ² , Máximo
RUEDA CARGADA (LWT)	ISSA TB 109	447.0	538 g/m ² , Máximo
TIEMPO DE MEZCLADO	ISSA TB 113	173.3	120 s , Mínimo
DESPLAZAMIENTO LATERAL	ISSA TB 147	3.8	5 % , Máximo
CLASIFICACIÓN	ISSA TB 144	11 BBA	11 puntos Mínimos (AAA, BAA)
COMPATIBILIDAD			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
WET STRIPPING	ISSA TB 114	99	90 % , Mínimo
COHESIÓN			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
COHESIÓN A 30 minutos - 15°C	ISSA TB 139	12	12 Kg- cm , Mínimo
COHESIÓN A 30 minutos - 15°C	ISSA TB 139	20	20 Kg- cm , Mínimo
COHESIÓN			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
COHESIÓN A 30 minutos - 29°C	ISSA TB 139	14	12 Kg- cm , Mínimo
COHESIÓN A 30 minutos - 29°C	ISSA TB 139	21	20 Kg- cm , Mínimo
Notas:			
El contratista deberá efectuar obligatoriamente los ensayos de abrasión según normas ASTM C 131 . AASHTO T 104 v durabilidad ASTM C 88. AASTHO La dosificación y características de la emulsión están diseñadas estrictamente para este agregado, en caso de cambiar de cantera o de observar variaciones significativas en los áridos originales , se deberá enviar muestras para efectuar nuevo diseño.			
(*) Ensayo en Proceso			

CONTROL DE CALIDAD DE LA EMULSIÓN			
Obra	:	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (Huayllapampa) -La Quinua - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.	
Cantera	:	Rio Pedregal km 0+000	
Muestra	:	Arena Chancada T.M 3/8"	
Producto	:	Emulsión Asfáltica BP-CQS-1hP	
Cantidad	:	5.0 gal	
Fecha	:	29/10/2019	
Ubicación Obra	:	Ayacucho	
Pen Base	:	85/100	
Producción	:	Producción para Elaboración de Diseño de Micropavimento	
CARACTERÍSTICAS ANALIZADAS			
Ensayo	Resultado	Especificación MTC TABLA 425 -05	Normas
1. Residuo Asfáltico por evaporación, %	62.0	62.0 mín.	MTC E 411
2. Carga de partícula	+	Positivo	MTC E 407
3. Viscosidad Saybolt furol @ 25 °C, s	22.9	20 - 100	MTC E 403
4. Tamizado (retenido en la malla N° 20), %	0.01	0.1 Máx.	MTC E 405
5. Sedimentación a 7 días, %	3.7	5.0 Máx.	MTC E 404
PRUEBAS SOBRE EL RESIDUO DE EVAPORACIÓN			
6. Penetración, 25°C, 100 g, 5 s, 0.1 mm	78.0	50 - 90	MTC E 304
7. Ductilidad a 5°C, 5cm/min, cm	11.5	≥ 10	MTC E 306
8. Recuperación Elástica, 25 °C, 20 cm, 1 h	35.0	Mín. 30	ASTM D 6084
9. Índice de Fraass °C	-17.0	Max. -17	MTC E 311

Contratista	:		Cantera	:	Rio Pedregal km 0+000	
Obra	:	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (Huayllapampa) -La Quinua - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.			Ubicación	: Ayacucho
Muestra	:	Arena Chancada T.M 3/8"	Muestreado por	:	El Contratista	
Fecha	:	29/10/2019	Ing. Responsable	:		

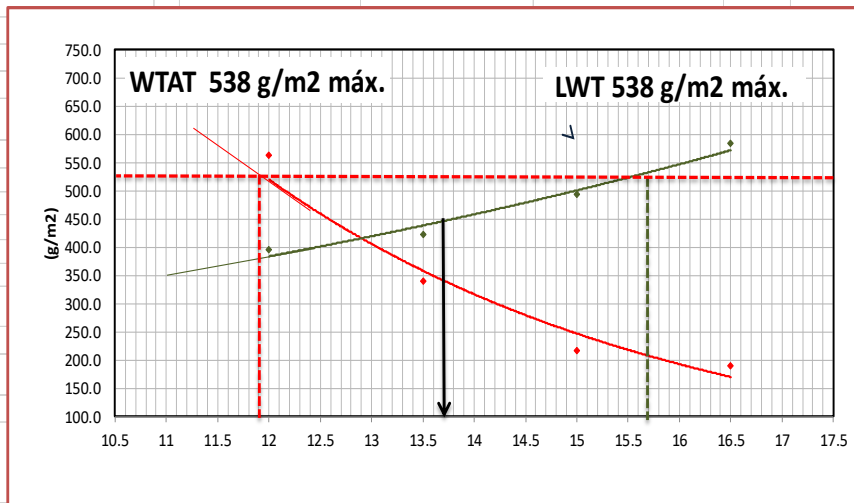
Abertura en mm.	Tamiz ASTM	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :		
					TIPO	III	CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO PARA MICROPAVIMENTO		
					EG 2013 TABLA 425 - 01				
76.200	3"	0.0	0.0	100.00			P.U.S.S	1588	kg/m ³
50.000	2"	0.0	0.0	100.00					
25.400	1"	0.0	0.0	100.00					
19.000	3/4"	0.0	0.0	100.00				DOSIFICACIÓN PARA MICROPAVIMENTO	
12.700	1/2"	0.0	0.0	100.00				% Respecto al Peso Agregado Seco	
9.500	3/8"	0.0	0.0	100.00	100	100	Emulsión	13.7	%
4.750	No.4	17.2	17.2	82.80	70	90	Agua de Recubrimiento	10.0	%
2.360	No.8	26.0	43.2	56.79	45	70	Filler (Cemento Portland Tipo I)	1.0	%
1.180	N° 16	19.4	62.6	37.37	28	50			
0.590	N° 30	11.7	74.3	25.68	19	34			
0.297	N° 50	8.1	82.4	17.61	12	25	Respecto al m ³ de Agregado Seco:		
0.149	N° 100	4.9	87.2	12.76	7	17	Emulsión	57.5	gal/m ³
0.075	N° 200	3.2	90.5	9.51	5	11	Agua de Recubrimiento	42.0	gal/m ³
	< 200	9.5	100.0	0.0			Filler (Cemento Portland Tipo I)	15.9	kg/m ³



Contratista	:		Cantera	:	Rio Pedregal km 0+000
Obra	:	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (Huayllapampa) -La Quinua - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.	Ubicación	:	Ayacucho
Muestra	:	Arena Chancada T.M 3/8"	Muestreado por	:	El Contratista
Fecha	:	29/10/2019	Ing Responsable	:	G. J. C. Z.

GRAFICO DE OPTIMO PORCENTAJE DE EMULSIÓN

CONTENIDO DE EMULSIÓN	ABRASIÓN EN HUMEDO WTAT (g/m ²)	CONTENIDO DE EMULSIÓN	RUEDA CARGADA LWT (g/m ²)
12	563.2	12	395.4
13.5	339.3	13.5	422.3
15	216.9	15	494.2
16.5	188.9	16.5	584.1

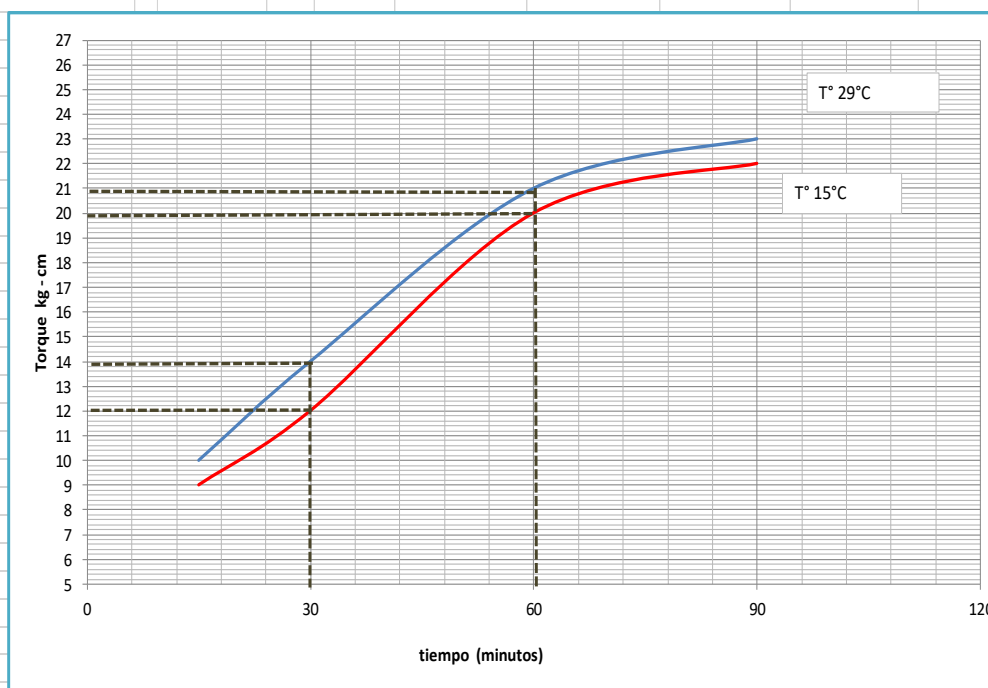


CANT. OPTIMA DE EMULSIÓN	13.70	%
CANT. OPTIMA DE RESIDUO ASFALTICO	8.49	%

Contratista	:		Cantera	:	Rio Pedregal km 0+000
Obra	:	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (Huayllapampa) -La Quinua - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.	Ubicación	:	Ayacucho
Muestra	:	Arena Chancada T.M 3/8"	Muestra	:	El Contratista
Fecha	:	29/10/2019	Ing. Responsable	:	G. J. C. Z.

ENSAYO DE COHESIÓN MTC E-419

Temperatura Laboratorio	Emulsión %	Filler %	Agua %	Tiempo de Mezclado (s)	Cohesión (Kg- cm)		
					30 min	60 min	90 min
15°C aprox	13.7	1.0	10.0	281.3	12	20	22
29°C aprox	13.7	1.0	10.0	173.3	14	21	23



Obra	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (Huayllapampa) -La Quinoa - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.			Fecha	: 29/10/2019
Ubicación	: Ayacucho	Muestrado Por	: El Contratista		
Cantera	: Rio Pedregal km 0+000	Ing. Responsable	: G. J. C. Z.		
Muestra	: Arena Chancada T.M 3/8"				
ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS					
MTC E 114 - 2000					
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO, EMULSIONES					
Nº de Ensayo	<u>1</u>	<u>2</u>			
Hora de entrada a saturación	14:10 pm	14:15 pm			
Hora de salida de saturación	14:20 pm	14:25 pm			
Hora de entrada de decantación	14:25 pm	14:29 pm			
Hora de salida de decantación	14.40 pm	14.49 pm			
Altura máxima del material fino	5.1	5.0			
Altura máxima de la arena	3.9	4.0			
Equivalente de Arena	76.5	80.0			
Equivalente de Arena promedio (%)	79.0				
OBSERVACIONES:					

REPORTE DE LABORATORIO			
Obra	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (: Huayllapampa) -La Quinua - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.		
Cantera	: Rio Pedregal km 0+000		
Ubicación	: Ayacucho		
Muestra	: Arena Chancada T.M 3/8"		
Muestreado por	: El Contratista		
Ing. Responsable	: G. J. C. Z.		
Fecha	29/10/2019		
ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO MTC E 203			
Nº de Ensayo	1	2	3
Peso de Tara , Kg	0.320	0.320	0.320
Peso de Muestra + Tara , Kg	4.825	4.825	4.830
Peso de Muestra ,Kg	4.505	4.505	4.510
Volumen de Recipiente , m ³	0.00284	0.00284	0.00284
Peso Unitario Seco Suelto , Kg/m ³	1588	1588	1590
Promedio P.U.S.S , Kg/m³	1588		
OBSERVACIONES:			

Contratista	:		Muestreado por	El Contratista
Obra	:	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (Huayllapampa) -La Quinua - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.	Ing. Responsable	G. J. C. Z.
Cantera	:	Rio Pedregal km 0+000	Fecha	29/10/2019
Ubicación	:	Ayacucho		
Muestra	:	Arena Chancada T.M 3/8"		
ENSAYO DE RIEDEL-WEBER				
MTC E 220				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO, EMULSIONES				
Nº de Ensayo		Grado	Despredimiento	
Grado		<u>0</u>	No desprende	
Grado		<u>1</u>	No desprende	
Grado		<u>2</u>	No desprende	
Grado		<u>3</u>	No desprende	
Grado		<u>4</u>	No desprende	
Grado		<u>5</u>	No desprende	
Grado		<u>6</u>	Desprendimiento Inicial	
Grado		<u>7</u>		
Grado		<u>8</u>		
Grado		<u>9</u>		
Adherencia Riedel -Weber Grado		6.0		
OBSERVACIONES:				
Emulsión CQS-1hP				

Contratista	:			
Obra	:	Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del corredor Vial: Emp. PE -3S (Huayllapampa) -La Quinua - San Francisco- Puerto Ene - Tzomaveni - Cuabnita y Ramal Puente Alto Anapati - Boca Sonoro - Punta Carretera.	Muestrado por	: El Contratista
Ubicación	:	Ayacucho	Ing. Responsable	: G. J. C. Z.
Cantera	:	Rio Pedregal km 0+000	Fecha	: 29/10/2019
Muestra	:	Arena Chancada T.M 3/8"		
TIEMPO DE MEZCLA				
ISSA TB 113				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO, EMULSIONES				
Nº de Ensayo		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Tiempo de mezclado, s. a 15 °C		280.0	279.0	285.0
Tiempo de mezclado, s. a 15 °C		281.3		
Nº de Ensayo		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Tiempo de mezclado, s. a 29 °C		178.0	167.0	175.0
Tiempo de mezclado, s. a 29 °C		173.3		
OBSERVACIONES:				
Revisión de diseño de Micropavimento con Emulsión CQS-1hP.				