

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Efecto de la adición de aceite de palma en la calidad
de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto
diluido MC-30 en bases granulares
convencionales - Huancayo 2021**

Ida Liliana Ichpas Lima

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, que ha sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, que ha estado a mi lado durante los días y las noches más difíciles. Por el aliento y la motivación que siempre me han dado para continuar con cada propósito trazado en mi vida y mi profesión.

A mis compañeros de viaje, con quienes culmino esta maravillosa aventura. Y no dejo de recordar las horas de trabajo y las continuas reuniones, anécdotas que, sin duda, permanecerán a lo largo de mi vida como buenos recuerdos de esta etapa culminada.

A mis amigos, que, a lo largo del tiempo, se convirtieron en mis personas de confianza:

Ing. Moisés Benito, quien es la persona que siempre me acompaña y me respalda. Estoy agradecida con Dios y con la vida por la buena amistad que se formó en este tiempo.

Ing. Nilton Muñoz, mi primer jefe en la Especialidad de Suelos y Pavimentos, quién me dio la confianza para iniciarme en este mundo profesional.

Tec. Miguel Vallejos, quien ha sido, más que un compañero de trabajo, mi amigo. Gracias por siempre absolver mis dudas, por los consejos y las palabras para mi crecimiento profesional y personal.

A los ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes desde el inicio han compartido sus conocimientos con nosotros los alumnos. Entre ellos: al Ing. Augusto García, a quien conozco hace algunos años y nunca dudó en ayudarme en el proceso de realizar esta investigación; y al Ing. Juan Bullón, quién más que un asesor es un amigo y mentor para encaminar el desarrollo de la presente tesis profesional.

A todas las personas que confiaron en mí: Gracias y a seguir cumpliendo más retos, propósitos y sueños con la bendición de Dios.

DEDICATORIA

A Dios y a mis hermanos, que, desde el cielo, siempre han sido la luz en mi camino, quienes me guían y me brindan el apoyo necesario en los momentos de soledad.

A mis padres y hermanos, porque gracias a su apoyo, consejos y ejemplos, durante estos años, soy la persona que soy. Gracias por la motivación constante que me ayudó a cumplir mis sueños y anhelos.

A mis amigos y ahora colegas de trabajo, por la paciencia y las enseñanzas dadas en este corto tiempo, por los consejos que a diario me brindan y por darme la oportunidad de ser parte de esta hermosa familia.

A los técnicos del área de S y P, quienes me han brindado la mano en este amplio y largo camino.

Gracias por compartir sus conocimientos y experiencias con mi persona.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivo específico.....	2
1.4. Justificación e importancia.....	3
1.4.1. Justificación social.....	3
1.4.2. Justificación teórica.....	3
1.4.3. Justificación práctica	4
1.4.4. Justificación metodológica	4
1.5. Limitaciones de la presente investigación	4
1.5.1. Limitación espacial.....	4
1.5.2. Limitación conceptual.....	5
1.5.3. Limitación temporal.....	5
1.6. Hipótesis	5
1.6.1. Hipótesis general	5
1.6.2. Hipótesis específicas.....	5
1.7. Variables	6
1.7.1. Variable dependiente	6
1.7.2. Variable independiente	6
1.7.3. Operacionalización de variables	19

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. Bases teóricas	26
2.2.1. Base granular.....	26
2.2.2. Ensayos de laboratorio al material de base granular	27
2.2.3. Características de la base granular.....	30
2.2.4. Imprimación asfáltica	31
2.2.5. Viscosidad del material de riego imprimante	32
2.2.6. Espesor de la película de interfaz	32
2.2.7. Penetración del asfalto	33
2.2.8. Asfalto liquido MC-30.....	33
2.2.9. Agregado pétreo de protección.....	33
2.2.10. Aceite vegetal.....	34
2.2.11. Equipo.....	35
2.2.12. Requerimientos de la ejecución de los trabajos	38
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	42
2.3. Método, tipo o alcance de la investigación	42
2.3.1. Método de la investigación	42
2.3.2. Tipo de investigación	42
2.3.3. Nivel de investigación	42
2.3.4. Diseño de investigación	43
2.4. Población y muestra	44
2.4.1. Población	44
2.4.2. Muestra	45
2.5. Técnicas e instrumento de información	47
2.5.1. Técnicas	47
2.5.2. Instrumentos.....	47
2.6. Procesamiento.....	47
2.7. Trabajos de laboratorio.....	48
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	64

4.1.1.1.	Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 0% de Aceite de Palma	64
4.1.1.2.	Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 5% de Aceite de Palma	65
4.1.1.3.	Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 10% de Aceite de Palma	66
4.1.1.4.	Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 20% de Aceite de Palma	67
4.1.1.5.	Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 30% de Aceite de Palma	68
4.1.1.6.	Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 40 % de Aceite de Palma	69
4.1.2.1.	Análisis del espesor del asfalto residual a 30 °C de temperatura	70
4.1.2.2.	Análisis del espesor del asfalto residual a 40 °C de temperatura	71
4.1.2.3.	Análisis del espesor del asfalto residual a 50 °C de temperatura	72
4.1.2.4.	Análisis del espesor del asfalto residual a 60 °C de temperatura	73
4.1.2.5.	Análisis del espesor del asfalto residual a 70 °C de temperatura	74
4.1.2.6.	Análisis del espesor del asfalto residual a 80 °C de temperatura	75
4.1.2.7.	Análisis del espesor del asfalto residual a 90 °C de temperatura	76
4.1.2.8.	Análisis del espesor del asfalto residual a 100 °C de temperatura	77
4.1.3.1.	Análisis de la penetración a 30 °C de temperatura.....	78
4.1.3.2.	Análisis de la penetración a 40 °C de temperatura.....	79
4.1.3.3.	Análisis de la penetración a 50 °C de temperatura.....	80
4.1.3.4.	Análisis de la penetración a 60 °C de temperatura.....	81
4.1.3.5.	Análisis de la penetración a 70 °C de temperatura.....	82
4.1.3.6.	Análisis de la penetración a 80 °C de temperatura.....	83
4.1.3.7.	Análisis de la penetración a 90 °C de temperatura.....	84
4.1.3.8.	Análisis de la penetración a 100 °C de temperatura.....	85
4.2.	Prueba de hipótesis	86
4.2.1.	<i>Aceite de palma en la viscosidad del asfalto diluido MC-30.....</i>	86
4.2.2.	<i>Aceite de palma en el espesor del asfalto residual de la interfaz</i>	88
4.2.3.	<i>Aceite de palma en la penetración del asfalto recortado</i>	90
4.3.	Discusión de resultados.....	92
4.3.1.	<i>Aceite de palma en la viscosidad del asfalto diluido MC-30.....</i>	92
4.3.2.	<i>Aceite de palma en el espesor del asfalto residual de la interfaz</i>	93

4.3.3. <i>Aceite de palma en la penetración del asfalto recortado</i>	95
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	19
Tabla 2. Requerimiento granulométrico para base granular	30
Tabla 3. Requerimientos agregado grueso.....	30
Tabla 4. Requerimiento agregado fino.....	31
Tabla 6. Ensayos Básicos de verificación de la Calidad de los Agregados de Protección	34
Tabla 7. Granulometría admisible para el agregado de protección.....	34
Tabla 8. Diseño de Investigación.....	43
Tabla 9. Diseño de Investigación en el Estudio	44
Tabla 10. Resumen de Viscosidad del Aceite de Palma	55
Tabla 11. Datos del registro de Viscosidad del Aceite de Palma.....	56
Tabla 12. Resumen de la Viscosidad del Asfalto MC-30	58
Tabla 13. Datos del registro de Viscosidad del Asfalto Diluido MC-30	59
Tabla 14. Prueba de hipótesis - Viscosidad del asfalto MC-30	86
Tabla 15. Análisis de varianza - Viscosidad del asfalto MC-30	87
Tabla 16. Análisis de varianza Tukey - Viscosidad del asfalto MC-30.....	87
Tabla 17. Prueba de hipótesis - Espesor del asfalto residual de la interfaz.....	88
Tabla 18. Análisis de varianza - Espesor del asfalto residual de la interfaz	89
Tabla 19. Análisis de varianza Tukey - Espesor del asfalto residual de la interfaz	89
Tabla 20. Prueba de hipótesis - Penetración del asfalto recortado.....	90
Tabla 21. Análisis de varianza - Penetración del asfalto recortado	91
Tabla 22. Análisis de varianza Tukey - Penetración del asfalto recortado	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Material de base granular	26
Figura 2. Compactación de la capa de base granular	27
Figura 3. Proceso de imprimación asfáltica	31
Figura 4. Camión irrigador de Asfalto	35
Figura 5. Limpieza previa del pavimento a imprimir	36
Figura 6. Camión imprimador	36
Figura 7. Proceso de imprimación asfáltica	37
Figura 8. Ubicación de la muestra - Base Granular	45
Figura 9. Población de la Investigación	45
Figura 10. Muestras de la Investigación	46
Figura 11. Cantidad de muestra de la Investigación	46
Figura 12. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado	48
Figura 13. Resultados del análisis granulométrico al material de base granular	48
Figura 14. Curva granulométrica del material de base granular	49
Figura 15. Límites de plasticidad del material de base granular	49
Figura 16. Proctor modificado al material de base granular	50
Figura 17. Proctor modificado del material de base granular	50
Figura 18. Curva del Proctor modificado de la base granular	51
Figura 19. CBR del material de base granular	51
Figura 20. Curva de CBR del material de base granular	52
Figura 21. Viscosidad en el Equipo - Viscosímetro Brookfield	53
Figura 22. Producto Aceite de Palma	54
Figura 23. Producto Asfalto Diluido MC-30	54
Figura 24. Carga de Aceite de Palma en la Probeta de Vol. 18 ml	55
Figura 25. Viscosidad del Aceite de Palma en Mpa.s en relación a la Temperatura °C	57
Figura 26. Ensayo de la viscosidad dinámica del asfalto recortado MC-30	58
Figura 27. Viscosidad del Asfalto Diluido MC-30 en relación a la Temperatura °C	61
Figura 28. Ensayo de viscosidad dinámica del asfalto diluido MC-30 + % aceite de palma ..	62
Figura 29. Medición del espesor del material usado para el riego imprimante	62
Figura 30. Medición de la penetración del material usado para el riego imprimante	63
Figura 31. Registro de información en los formatos de laboratorio	63
Figura 32. Viscosidad del Asfalto Diluido MC-30 en relación a la Temperatura °C	64

Figura 33. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 5% de Aceite de Palma	65
Figura 34. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 10% de Aceite de Palma	66
Figura 35. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 20% de Aceite de Palma	67
Figura 36. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 30% de Aceite de Palma	68
Figura 37. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 40% de Aceite de Palma	69
Figura 38. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 30 °C	70
Figura 39. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 40 °C	71
Figura 40. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 50 °C	72
Figura 41. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 60 °C	73
Figura 42. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 70 °C	74
Figura 43. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 80 °C	75
Figura 44. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 90 °C	76
Figura 45. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 100 °C	77
Figura 46. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 30°C	78
Figura 47. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 40°C	79
Figura 48. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 50°C	80
Figura 49. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 60°C	81
Figura 50. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 70°C	82
Figura 51. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 80°C	83
Figura 52. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 90°C	84
Figura 53. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 100°C	85
Figura 54. Resumen de la Viscosidad del Asfalto MC-30 con la adición (5%, 10%, 20%, 30% y 40%) de Aceite de Palma	92
Figura 55. Resumen de los espesores de la Película del Asfalto residual en la Interface	94
Figura 56. Resumen de la Profundidad de Penetración del Asfalto Diluido MC-30 con la adición de Aceite de Palma	95
Figura 57. Producto Aceite de Palma	122
Figura 58. Producto Asfalto Diluido MC-30	122
Figura 59. Contenedor de Materiales Viscoelásticos de 18ml del Viscosímetro Brookfield	123
Figura 60. Llenado del contenedor de Materiales Viscoelásticos con Aceite de Palma	123

Figura 61. Calibración de Módulo de Temperatura del Viscosímetro Brookfield.....	124
Figura 62. Medición de la Viscosidad con el Viscosímetro Brookfield para diferentes temperaturas - Procedimiento de Barrido de Viscosidad Dinámica	124
Figura 63. Análisis Granulométrico por Tamizado - Base Granular	125
Figura 64. Proctor Modificado utilizando energía modificada	125
Figura 65. CRB del suelo - Base Granular.....	126
Figura 66. Moldes de 40cm x 40cm con Material de Base Granular compactada.....	126
Figura 67. Muestra del Asfalto MC-30 para el Ensayo de Viscosidad.....	127
Figura 68. Muestra de Aceite de Palma para el Ensayo de Viscosidad	127
Figura 69. Ensayo de Viscosidad (Viscosímetro Rotacional Brookfield)	128
Figura 70. Registro de lecturas de la Viscosidad a Diferentes Temperaturas.....	128
Figura 71. Equipo de Viscosidad (Viscosímetro Rotacional de Brookfield).....	129
Figura 72. Controlador de la Temperatura de la Mezcla	129
Figura 73. Asfalto Diluido MC-30 a temperatura ambiente	130
Figura 74. Muestra en Horno a temperatura controlada de (50, 70 y 90) °C.....	130
Figura 75. Control de temperatura del Asfalto Diluido MC-30 con el Termómetro de Lapicero	131
Figura 76. Imprimación de la Base Granular compactada en moldes de 40cm x 40cm	131
Figura 77. Base Granular Imprimada.....	132
Figura 78. Moldes Imprimados en Estado de Reposo	132
Figura 79. Muestras Reposadas - Verificación de Penetración de la Imprimación	133
Figura 80. Medición de la Penetración en la Base Granular.....	133
Figura 81. Medición de la Penetración en la Imprimación con el Instrumento de precisión (Vernier).....	134

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia	101
ANEXO 2. Certificados de laboratorio.....	102
ANEXO 3. Panel fotográfico.....	122
ANEXO 4. Ensayos de laboratorio.....	125
ANEXO 5. Ficha técnica del asfalto diluido MC-30	135

RESUMEN

La presente investigación pretende determinar en qué medida afecta la adición de aceite de palma en la calidad de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales. Para lograr dicho objetivo, se preparó una base estándar que cumplía con las condiciones establecidas en las especificaciones técnicas regentadas por el MTC vigente, y se eligió el material asfáltico MC-30 para el proceso de imprimación. A este asfalto recortado se adicionó aceite de palma en adiciones de 5 %, 10 %, 20 %, 30 % y 40 % y, luego, se prosiguió a medir la viscosidad dinámica con el Equipo Brookfield Rotational Viscometer normado en el ASTM D-4878. Sobre las muestras de base moldeadas en secciones de 40cm x 40cm, se aplicó la mezcla de asfalto diluido y el aceite de palma a temperaturas de entre 10 °C a 100 °C, midiendo para cada muestra la viscosidad, a temperaturas entre 30 °C a 100 °C el espesor de la película de interfaz y la profundidad de penetración con un vernier. Como resultado de la investigación, al adicionar aceite de palma en el asfalto diluido, la viscosidad muestra ligeros descensos a medida que aumentan las proporciones de aceite de palma y la temperatura, el espesor mínimo se obtiene en todos los casos a una proporción de 40 % de aceite de palma, la película de interfaz mínimo obtenido a 30 °C es de 1.10 mm, 40 °C es de 0.90 mm, 50 °C es de 0.70 mm, 60 °C es de 0.90 mm, 70 °C es de 0.60 mm, 80 °C es de 0.70 mm, 90 °C es de 0.78 mm y a 100 °C es de 0.60 mm. Con respecto a la penetración, el valor máximo a 30 °C es de 5.70mm para una sustitución de 20 %, a 40 °C es de 6.40mm para una sustitución de 20 %, a 50 °C un máximo es de 5.99mm para una sustitución de 30 %, a 60 °C es de 5.60mm para una sustitución de 20 %, a 70 °C máximo es de 5.50mm para una sustitución de 30 %, a 80 °C es de 6.10mm para una sustitución de 40 %, a 90 °C es de 6.28mm para una sustitución de 20 % y a 100 °C es de 7.10mm para una sustitución de 40 %. En conclusión, la investigación ha demostrado que la adición de aceite de palma en el asfalto diluido MC-30 ayuda a la profundidad de imprimación. Este comportamiento se debe a la reducción de la viscosidad del asfalto por la adición del aceite de palma, en adiciones de aceite mayores a 20 % en el espesor de la película de la interfaz esta muestra una disminución. Sin embargo, a más de 40 % de adición de aceite se puede apreciar desprendimiento o peladura de la película de la interfaz. En tal sentido, se concluye que una adición óptima de aceite de palma mínimo es del 20 % para sobrepasar los 5 mm de penetración y máximo de 40 % para que no se presenten peladuras o desprendimientos en la interfaz, aplicados a temperaturas superiores de 60 °C.

Palabras clave: Viscosidad dinámica, espesor, interfaz, penetración, imprimación.

ABSTRACT

The present investigation aims to determine to what extent the addition of palm oil affects the quality of the asphalt primer applied with diluted asphalt MC-30 in conventional granular bases, to achieve this objective a standard base was prepared that meets the conditions established in the technical specifications governed by the current MTC, and the asphalt material MC-30 was chosen for the priming process, palm oil was added to this cut asphalt in additions of 5%, 10%, 20%, 30% and 40% and then the dynamic viscosity was measured with the Brookfield Rotational Viscometer Equipment standardized in ASTM D-4878, on the base samples molded in 40cm x 40cm sections, the mixture of diluted asphalt and palm oil was applied at temperatures of between 10°C and 100°C measuring the viscosity for each sample, at temperatures between 30°C and 100°C the thickness of the interface film and the depth of penetration with a Vernier. As a result of the investigation, by adding palm oil to the diluted asphalt, the viscosity shows slight decreases as the proportions of palm oil and temperature increase, the minimum thickness is obtained in all cases at a proportion of 40% of palm oil, the minimum interface film obtained at 30 °C is 1.10 mm, 40 °C is 0.90 mm, 50 °C is 0.70 mm, 60 °C is 0.90 mm, 70 °C is 0.60 mm, 80 °C is 0.70 mm, 90 °C is 0.78 mm and at 100 °C is 0.60 mm, with respect to penetration the maximum value at 30 °C is 5.70 mm for a substitution of 20%, at 40°C is 6.40mm for 20% substitution, at 50°C a maximum is 5.99mm for 30% substitution, at 60°C it is 5.60mm for 20% substitution, at 70°C maximum is 5.50mm for 30% substitution, at 80°C it is 6.10mm for 40% substitution, at 90°C it is 6.28mm for 20% substitution and at 100°C it is 7.10mm for a 40% substitution. In conclusion, the investigation has shown that the addition of palm oil in the diluted asphalt MC-30, helps the primer depth, this behavior is due to the reduction of the viscosity of the asphalt by the addition of palm oil, in additions of oil greater than 20% in the thickness of the interface film this showed a decrease, however at more than 40% of oil addition detachment or peeling of the interface film can be seen, in this sense it is concluded that An optimal addition of palm oil is at least 20% to exceed 5 mm of penetration and a maximum of 40% so that there is no peeling or detachment at the interface, applied at temperatures above 60°C.

Keywords: Dynamic viscosity, thickness, interface, penetration, primer.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es un patrimonio importante para nuestro país, ya que al unir diferentes lugares ayuda a dinamizar la economía que contribuye con el desarrollo económico y social de las poblaciones. La presente investigación aborda la problemática existente en las carreteras y vías urbanas, en este caso, en particular, en la ciudad de Huancayo, donde, actualmente, los pavimentos han presentado distintas fallas estructurales y funcionales que pueden ser producto de un inadecuado proceso constructivo, efectos del tráfico, cambios climáticos, procesos de mantenimiento o conservación, además, un factor importante es la actividad de riego asfáltico en la capa de base granular, puesto que es uno de los procesos constructivos más importantes de la carretera.

Conseguir una adecuada transferencia de cargas implica que las distintas capas estén trabajando en conjunto, es decir, que la transferencia entre capas debe ser totalmente ligada para garantizar el buen desempeño de la vía, ya sea a nivel de asfaltado o de pavimento básico, es la actividad del riego de imprimación y ello se consigue obteniendo una correcta viscosidad, penetración y espesor de la película de interfaz entre las capas de base granular y carpeta asfáltica.

En los últimos años, los estudios científicos se han orientado al desarrollo sobre temas de construcción, uno de ellos son los materiales asfálticos para la construcción de carreteras, cuyas especificaciones técnicas cada vez son más exigentes debido a los problemas suscitados.

Por un tiempo bastante considerable, se utilizaron los asfaltos diluidos de curado Tipo Rápido que, por razones ambientales y monetarias, cayeron en desuso, por lo que las emulsiones asfálticas son las que han ganado terreno en los últimos años. Sobre la base del crecimiento tecnológico de los emulgentes y de las plantas destinadas a esta especialidad, se pudo diseñar y tipificar, mediante ensayos, una emulsión especial para realizar el riego de imprimación.

El asfalto es el material más utilizado, en muchos casos, en el sector de la construcción. Uno de ellos es el empleo de emulsión asfáltica en carreteras, como es el caso de esta investigación en el proceso de imprimación asfáltica, esto para que la colocación de la carpeta asfáltica sobre el imprimado sea un proceso exitoso bajo los parámetros de calidad que nos indica el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Sin embargo, el material a emplear sigue siendo contaminante, tóxico e inflamable, razón por la cual se debe de tratar de sustituir con otro material que conserve o mejore las propiedades del asfalto, como es el caso del aceite de palma.

La presente tesis consta de los siguientes capítulos:

El capítulo I está referido al planteamiento del problema. Aquí se detallan los problemas actuales que se presentan en el proceso de riego asfáltico. A partir de la situación dada, llegamos a la formulación del problema de investigación para obtener el problema general y los problemas específicos. De esta manera, obtenemos las variables de estudio.

El capítulo II comprende la recopilación de bases teóricas de conceptos y fuentes sobre el tema planteado, como: tipos, aplicaciones, especificaciones, usos y método de aplicación.

En el capítulo III se presenta la metodología de la investigación (tipo, nivel, método y diseño), además, la manera de cómo se alcanzaron los objetivos deseados.

En el capítulo IV se muestran los resultados obtenidos, así como el análisis de estos.

Finalmente, en el capítulo V, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Los problemas que se presentan en los pavimentos durante su vida útil son una realidad que actualmente se vienen presentando a nivel mundial, las causas pueden haber suscitado durante el diseño, error en el proceso constructivo o alguna deficiencia en el mantenimiento, todas estas razones contribuyen de alguna u otra manera al deterioro vial. En consecuencia, se presentan las fallas estructurales y las fallas funcionales, quienes afectan la transitabilidad y el inadecuado nivel de servicio del pavimento, lo cual provoca incomodidad en los pobladores de la ciudad de Huancayo. Estas fallas se producen en los puntos débiles o deficientes de alguna de las partes fundamentales de la estructura general de la carretera, los cuales no pueden soportar eficientemente los efectos destructivos (repetición de las cargas, agentes climáticos y peso propio de las cargas que constituyen la estructura), convirtiéndose en zonas potenciales de falla.

Estos dos tipos de fallas no están relacionados, pero se predecir que cuando se presenta una falla estructural, también ocurrirá en un plazo más o menos corto la falla funcional. Y en algunas ocasiones una falla funcional que no es atendida en su debido momento puede también conducir a una falla estructural. Entre las fallas estructurales están presentes las fallas originadas en la interface Carpeta - Base como consecuencia de una interacción inadecuada, es decir, un inadecuado acoplamiento entre el material de base y carpeta.

Como se menciona una parte importante es el interfaz entre la base y la carpeta donde se coloca una delgada capa de asfalto líquido, los riegos asfálticos son aplicaciones delgadas y uniformes de algún tipo de ligante asfáltico en estado líquido sobre superficies, ya sean de pavimentos existentes, bases estabilizadas o de suelos. El objetivo es sellar la superficie, cohesionar las partículas superficiales sueltas de la base y dar estabilidad superficial, para dar una interfase firme para adherir fuertemente el tratamiento asfáltico o la carpeta. La calidad de la imprimación depende mucho de la penetración del asfalto, esta investigación pretende mejorar la calidad de la imprimación a través de la adición de aceite palma al asfalto.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿En qué medida afecta la adición de aceite de palma en la calidad de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida afecta la adición de aceite de palma en la viscosidad del asfalto diluido MC-30 usado para aplicación de imprimación asfáltica en bases granulares convencionales - Huancayo 2021?
- ¿Qué efectos produce la adición de aceite de palma en el espesor del asfalto residual de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021?
- ¿Cómo influye la adición de aceite de palma en la penetración de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar en qué medida afecta la adición de aceite de palma en la calidad de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.

1.3.2. Objetivo específico

- Evaluar en qué medida afecta la adición de aceite de palma en la viscosidad del asfalto diluido MC-30 usado para la aplicación de imprimación asfáltica en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.
- Determinar en qué medida afecta la adición de aceite de palma en el espesor del asfalto residual de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.
- Definir en qué medida afecta la adición de aceite de palma en la penetración de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación social

En la ciudad de Huancayo se “puede resaltar que la mayoría de nuestras vías se encuentran en pésimas condiciones, ya que se pueden observar fallas a simple vista tales como, baches, hundimientos, ahuellamiento, piel de cocodrilo, fisuramientos transversal, longitudinal y de borde, exudación, corrugación y demás fallas. Debemos saber que las fallas en el pavimento nos muestran deficiencias que pueden ser un defecto constructivo, un mal uso de materiales y otros factores”. (Orellana, 2020, p. 15)

En la Provincia de Huancayo, específicamente en los distritos de Huancayo, Chilca y El Tambo se observa que gran parte de las vías no se encuentran en un adecuado uso y esto se debe probablemente a la falta de manteniendo y al incorrecto proceso constructivo que se le dio durante la construcción.

Se pueden apreciar fallas a las que se les clasifica tomando en cuenta el elemento estructural donde se originó:

Fallas funcionales:

- Fallas originadas en la interfase, carpeta – base como consecuencia de una interacción inadecuada, esto es, un mal acoplamiento entre el material de base y la carpeta mediante en proceso de imprimación asfáltica.
- Fallas originadas en la base, sub base o terracerías, como consecuencia de la inestabilidad de una o varias de las capas.

1.4.2. Justificación teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el uso de Aceite de Palma, como material capaz de ser usado en la construcción de vías, su uso en cierto % junto con el Asfalto Diluido MC-30 como mezcla para el proceso de impregnación. Esta mezcla es capaz de aumentar la cohesión superficial y permite conseguir condiciones adecuadas para la adherencia entre la superficie tratada y la capa de rodadura a colocar.

1.4.3. Justificación práctica

Tomando en cuenta que el índice de servicio se refiere básicamente a las condiciones de rodamiento; la estructura funcional en sí permite proporcionar un tránsito cómodo a los usuarios y una superficie de rodadura adecuada.

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de disminuir las fallas estructurales que se llegan a presentar en los pavimentos durante su vida útil, con el propósito de aumentar la servicialidad y comodidad de los usuarios directos e indirectos; además de mejorar la calidad de vida de los pobladores de la Provincia de Huancayo.

1.4.4. Justificación metodológica

La presente investigación tiene una gran importancia debido al estudio de la imprimación asfáltica, donde se busca establecer una correlación entre la penetración del asfalto y la adición de aceite de palma.

De acuerdo con esta importancia, los alcances de la investigación llevan a estudiar cómo varía la penetración del asfalto con la adición de aceite de palma en la carpeta de base granular, con la aplicación del aceite vegetal en distintos porcentajes (5%, 10%, 20%, 30% y 40%). A partir de ello, se calculó la mejora en penetración y espesor de la película de interfaz, obteniéndose resultados capaces de mejorar el comportamiento en la interfaz.

Durante el proceso se analizó los resultados, lo cual sirvió para demostrar su validez y confiabilidad, por tanto, podrán ser usados para su correcta aplicación lo cual ayudará a solucionar los problemas que actualmente vienen suscitando.

1.5. Limitaciones de la presente investigación

1.5.1. Limitación espacial

De acuerdo con el diseño de mezcla a elaborar con materiales procedentes de la cantera de Pilcomayo, el presente estudio se ve limitado espacialmente a esta región debido a la configuración climática que presenta, clasificándola como un clima intermedio debido a que en lapso de un día se pueden presentar temperaturas altas y temperaturas bajas. Definiendo un tipo de asfalto diluido MC-30.

1.5.2. Limitación conceptual

De acuerdo con los estudios y normativas necesaria para aplicar el procedimiento de imprimación asfáltica, el presente estudio se limita conceptualmente a la disponibilidad de normativa básica de carácter nacional, por lo cual es necesario recurrir a investigaciones y normativa de referencia proveniente del MTC, ya que esta metodología es empleada con amplitud en esos países.

1.5.3. Limitación temporal

Es necesario realizar ensayos de laboratorio para la obtención de resultados que contrasten las hipótesis planteadas, por lo que el presente estudio se ve limitado temporalmente al tiempo de aproximadamente 3 meses desde el planteamiento hasta el procesamiento de datos necesarios para comprender los fenómenos resultantes de la presente investigación.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- La adición de aceite de palma influye significativamente en la calidad de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.

1.6.2. Hipótesis específicas

- La adición de aceite de palma influye significativamente en la viscosidad del asfalto diluido MC-30 usado para aplicación de imprimación asfáltica en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.
- La adición de aceite de palma influye significativamente en el espesor del asfalto residual de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido mc-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.
- La adición de aceite de palma influye significativamente en la penetración de la imprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido mc-30 en bases granulares convencionales - Huancayo 2021.

1.7. Variables

1.7.1. Variable dependiente

Calidad de trabajos en la imprimación asfáltica: Estas actividades permiten obtener una capa impermeable, dura, cierra los espacios vacíos, endurece la superficie y promueve la adherencia entre la superficie y la capa de mezcla asfáltica, lo que permite las condiciones óptimas entre la superficie tratada y la capa de rodadura a colocar.

1.7.2. Variable independiente

Aceite de palma: Este aceite vegetal ha sido uno de los productos de mayor crecimiento en la industria de varios países. La palma de aceite es una planta tropical de climas cálidos que crece en las tierras por debajo de los 500msnm. Su origen se encuentra en el golfo de Guinea en el África Occidental, es de ahí la atribución a su nombre científico (*Elaeis guineensis* Jacq).

El aceite de palma mejora de las condiciones de trabajo en el sitio de pavimentación debido a la reducción de emisiones contaminantes, reducción de la viscosidad del asfalto y/o la trabajabilidad y la compactibilidad de las mezclas; la compactación mejorada o las densidades conseguidas in situ tienden a reducir la permeabilidad y el envejecimiento del asfalto. (Palacio, 2011)

1.7.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	FUENTES
Calidad de Imprimación	Cumplir con las especificaciones y conformidad del proyecto. Tener un adecuado riego asfáltico sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico o de impermeabilizar y evitar la desintegración de la Base construida. (EG-2013)	Parámetros de Calidad	Viscosidad	Fichas de recolección de datos de Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de ensayos de Materiales. • Ministerio de transportes y Comunicaciones. • Especificaciones Técnicas Generales (EG-2013)
			Espesor del asfalto residual		
			Penetración del asfalto		
Aceite de Palma	<p>El aceite de palma es un tipo de aceite vegetal comestible que proviene de la pulpa del fruto de las palmas aceiteras, cuyo nombre científico es <i>Elaeis guineensis</i>.</p> <p>El aceite de palma obtenido de esta planta está formado, mayormente por ácidos grasos saturados como el palmítico. Además, se le atribuye ser rico en vitaminas A y E y se le reconoce por su color rojo y es uno de los dos tipos de aceite más consumido en el mundo. (Iniesta Garcia, 2020)</p>	Dosificación de Aceite de Palma (%)	% de Aceite de Palma a 5%	Fichas de recolección de datos de Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto del % de finos de la grava y la temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la profundidad de la penetración de la imprimación en bases granulares de pavimentación flexible. (Mayta Mendoza, 2018)
			% de Aceite de Palma a 10%		
			% de Aceite de Palma a 20%		
			% de Aceite de Palma a 30%		
			% de Aceite de Palma a 40%		

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Para optar el Título Profesional de Magister en Vialidad y Transportes, (Patiño Guaraca, y otros, 2016), sustentó, en la Universidad de Cuenca, la Tesis: *“Investigación de la imprimación reforzada para la conformación de capas de rodadura de caminos rurales de bajo tránsito”* En este trabajo, se analizó la alternativa de Imprimación Reforzada como una capa de rodadura para viabilizar ejes viales rurales, tomando en cuenta los cuatro proyectos viales ejecutados en la Provincia de Morona Santiago (Troncal Amazónica - Mutinsa, Troncal Amazónica-Bellavista, acceso al Camal de Méndez, y la vía junto a la pista de aterrizaje de Patuca) evaluando la relación costo/beneficio de esta alternativa comparado con el de un camino no pavimentado, el objetivo de esta tesis es analizar la alternativa de Imprimación Reforzada como una capa de rodadura para viabilizar ejes viales rurales, tomando en cuenta los cuatro proyectos viales ejecutados en la provincia de Morona Santiago, evaluando la relación de costo/beneficio de esta alternativa comparado con el de un camino no pavimentado. La metodología empleada en la presente investigación se iniciará con observar la alternativa de Imprimación Reforzada como una capa de rodadura para viabilizar, debido a lo detallado anteriormente el método empleado será el Científico del tipo experimental. Como resultado se ha podido comprobar en las cuatro vías con Imprimación Reforzada analizadas en esta tesis, y una vez procesado los datos de los ensayos de laboratorio de cada estrato y comparándolos con los de las especificaciones de materiales del MTOP, se concluyó que el estrato 1 y 2 cumple con las características de una base clase 1A y mejoramiento respectivamente; en los ensayos del suelo natural presenta CBR que van desde 5.1% a 8.6%, si bien este rango no es muy amplio, sin embargo son valores de CBR bajos, lo que indica una subrasante muy pobre.

En conclusión, evaluando la relación costo/beneficio mediante el cálculo del Costo Global Actualizado se determinó que, para un periodo de análisis de 10 años, una vía con imprimación reforzada tiene un costo de \$ 80,157.99 y una vía no pavimentada tiene un costo de \$ 84,453.35, lo cual muestra un ahorro de \$ 4,295.35. Si bien es cierto el costo inicial de construcción de la vía con imprimación reforzada es de \$ 96,731.74 cuyo valor es elevado comparado con una vía no pavimentada de \$ 56,485.18, la diferencia más significativa se ve reflejada en el costo de

mantenimiento que es de \$ 622.53 frente a un costo de \$ 5,193.84. En ese sentido, la imprimación reforzada es beneficiosa para la conformación de capas de rodadura de caminos rurales de bajo tránsito, no solo por el ahorro económico, sino porque brinda una superficie confortable y de mayor durabilidad, que permite el incremento de velocidad y representa un ahorro en el tiempo de viaje, disminuye el polvo generado por los vehículos y brinda una mejor calidad de vida a los habitantes de los sectores rurales.

Para optar el Título Profesional Ingeniero Civil, (Molano Cardoso, y otros, 2016), sustentó, en la Universidad Piloto de Colombia, la Tesis: "*Material de sellado asfáltico para el mantenimiento rutinario de la red vial*". El presente trabajo se propone emplear un material de sellado asfáltico para el mantenimiento rutinario de la red vial en especial para vías de bajos volúmenes de tránsito. Con ese propósito, se recopilan antecedentes de experiencias asociadas con la aplicación en el mantenimiento de vías de: tratamientos superficiales, de micro pavimentos, sellos asfálticos y sellos de arena asfalto. se realizan ensayos con el empleo de emulsión en frío y asfalto en caliente con materiales del río Coello con el propósito de determinar las cantidades de materiales para obtener las proporciones óptimas del material de sellado asfáltico. De igual manera, se muestran técnicas y procesos constructivos útiles para el mejoramiento y conservación de la malla vial nacional. Tiene como objetivo diseñar una capa de sello asfáltico para el mantenimiento rutinario superficial de pavimentos flexibles recuperables en su periodo de vida útil. La Metodología presente investigación se iniciará con observar sellado asfáltico para el mantenimiento rutinario de la red vial y la recolección de datos que ayudaran en el procedimiento de este estudio, el tipo de investigación es descriptivo. Resultados de la investigación de acuerdo con los objetivos planteados, en el trabajo se recopilaron y analizaron experiencias asociadas con la aplicación de tratamientos superficiales y sellos asfálticos para el mantenimiento rutinario de carreteras. Así mismo se estudiaron los principales métodos de diseño de tratamientos superficiales y sellos asfálticos, así como las técnicas y procesos constructivos que puedan emplearse para mejorar la conservación de la malla vial. El trabajo también incluye la realización de ensayos que permitieron determinar el diseño de material de sellado asfáltico para el mantenimiento de la red vial.

Los resultados de los ensayos realizados al sello asfáltico frente a la norma INVÍAS permitieron concluir que el material de sellado cumple con los correspondientes parámetros de diseño, lo que lo hacen apto ser empleado en la prolongación la vida útil del pavimento. Se concluye que los criterios de diseño del

año 2007 y los criterios de diseño de la norma INVIAS del año 2013 en el diseño de sellos asfálticos son los mismos, tan solo cambian las unidades.

Un artículo científico (Diseño de mezcla asfáltica tibia a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma, 2013) presentado por dos autores (Lopera y Córdoba) investigó el potencial del aceite crudo de palma como agente reductor de la viscosidad en el asfalto para posteriormente evaluar sus características de desempeño y compararlas con la mezcla en caliente. Dado que el crudo de Palma se considera como un aditivo modificador de la viscosidad del asfalto base, su utilización y dosificación obedeció a los parámetros que se usan para dichos objetivos, es decir, se estableció una cantidad que sea menor a 1%, controlando los resultados obtenidos con cada porcentaje, para tal efecto se consideraron cantidades de 0.3%, 0.5%, 0.7% y 1.0% generando con estos valores una regresión logarítmica en el plano viscosidad vs temperatura. Se realizó el ensayo de viscosidad para la mezcla de asfalto base y aceite crudo de palma en los porcentajes de 0.3%, 0.5%, 0.7% y 1.0% y a diferentes temperaturas, y a distintas muestras, entre ellas "dismaprim" y "palmagro", donde se puede observar que el crudo de palma procedente de "dismaprim", y con el 1% de adición con relación al peso del asfalto, posee el mayor potencial reductor de la viscosidad. Los materiales pétreos se obtienen de una planta para el procesamiento de agregados en el Valle de Aburrá y de la cual se obtiene la caracterización de acuerdo con ensayos realizados a dichas muestras, donde las proporciones fueron de 54.1% gruesos, un 41.7% de finos y un 4.2% de llenante. Para determinar en el laboratorio las propiedades del material se utilizaron las normas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) 2007.

De acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio, se pudo afirmar que las mezclas asfálticas tibias ofrecen una gran solución para minimizar el impacto medioambiental que generan la emisión de gases debido a la combustión y calentamiento de materiales.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, (Mayta Mendoza, 2018), sustentó, en la Universidad Continental, la Tesis: *“Efecto del % finos de la grava y la temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la profundidad de penetración de la imprimación en bases granulares de pavimentos flexibles – Huancayo - 2017”*, esta investigación trata sobre el estudio aplicado, con un nivel de investigación Correlacional, el cual abarcará qué efecto tiene el agregado fino de la base granular frente a la imprimación asfáltica sobre la misma. Tiene objetivo de

la investigación determinar el efecto del % de finos de la base granular y la temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la profundidad de la penetración de la imprimación en bases granulares de pavimentos flexible; en la metodología de la investigación realizada se observó los problemas en la penetración de la imprimación como fueron las cantidades de agregados finos presentes en la base granular que impidieron una adecuada penetración de la imprimación asfáltica sobre la misma. El método que se empleó en el trabajo de investigación fue el Método Científico; como resultado se muestra en las figuras N.º (37, 46, 54, 62, 69, 76, 82 y 87) el incremento del % de agregados finos en la base granular afecta negativamente en la profundidad de penetración de la imprimación asfáltica. Se apreció que incrementos del 5% en la cantidad de agregados finos disminuye la penetración hasta casos que no exista la misma.

Por lo tanto, se deduce que existe una relación inversamente proporcional, porque a mayor cantidad de agregados finos, menor es la penetración, demostrando que la existencia de finos es perjudicial para la imprimación con emulsiones asfálticas. Se concluyó que al 5% de finos pasante la malla N.º 16 requiere una aplicación de temperatura mínima de 20°C o la temperatura ambiente para la ciudad de Huancayo. Al 10% de finos pasante malla N.º 16 requiere una aplicación de temperatura mínima de 23.67°C, al 20% de finos pasante malla N.º 16 requiere una aplicación de temperatura mínima de 29.02°C, al 25% de finos pasante malla N.º 16 requiere una aplicación de temperatura mínima de 34.95°C, al 30% de finos pasante malla N.º 16 requiere una aplicación de temperatura mínima de 33.67°C, al 35% de finos pasante la malla N.º 16 requiere una aplicación de temperatura mínima de 40.175°C, al 40% de finos pasante la malla N.º 16 requiere una aplicación de temperatura mínima de 43.64°C y al 45% de finos pasante malla N.º 16 finos requiere una aplicación de temperatura mínima de 50.87°C.

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Vidalon (Vidalon Ledesma, 2019) sustentó, en la Universidad Nacional Centro del Perú, la Tesis: *“Propiedades negativas de la base granular y temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en profundidad penetración de la imprimación asfáltica – Huancayo 2018”*. La presente tesis pretende evaluar el efecto de las propiedades negativas de la base granular y la temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la profundidad de penetración de la Imprimación en bases granulares de pavimentos flexibles. Tiene como objetivo determinar el efecto de las propiedades negativas de la base granular y temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la profundidad de penetración de la Imprimación en bases granulares de

pavimentos flexibles. En la presente investigación. se inicia observando los problemas que existen en los pavimentos, como fallas, huecos e inestabilidad; la cual se produce por una mala ejecución del imprimante asfáltico en una base con presencia de humedad y considerables % de finos. Debido a lo detallado anteriormente el método empleado será el Científico del tipo experimental.

Resultados de la investigación, según lo observado en las gráficas detalladas: se apreció que el incremento del % de humedad en la base granular afecta de manera negativa en la Imprimación asfáltica pues a mayor humedad esta no alcanza a penetrar hasta la Imprimación mínima de 5mm. Por lo tanto, se deduce que existe una relación inversamente proporcional, porque a mayor cantidad de humedad, menor es la penetración, demostrando que la existencia de humedad es perjudicial para la Imprimación con Emulsiones asfálticas ya sea que cantidad de finos contenga la base granular a imprimir. En conclusión el incremento de la temperatura al aplicar la emulsión asfáltica afecta positivamente en la profundidad de penetración de la Imprimación asfáltica a pesar que la base granular tenga condiciones favorables o desfavorables, porque se tuvieron penetraciones de Imprimación desde los 0 mm hasta los 16.97 mm en variaciones de temperatura desde los 14°C hasta los 60°C respectivamente y en condiciones de base granular de 0% de finos con 0% de humedad y 8% de finos con 6.5% de humedad; se puede mencionar que existe una relación directa.

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, algunos autores (González Seijas, y otros, 2019) sustentaron, en la Universidad Ricardo Palma, la Tesis: *“Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mejorada con fibra acrílica respecto a la mezcla asfáltica convencional”*. La presente investigación, fue realizada con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica mediante la incorporación de fibra acrílica siendo esta llamada Drymix RA 4012, a fin de ofrecer una alternativa de solución a los problemas que afectan consecuentemente la carpeta asfáltica, tiene como objetivo mejorar el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica convencional a fin de aumentar su vida útil a través de la adición de fibra acrílica. Para la investigación, se tuvo en cuenta la validez los principios de calidad, según las tablas situadas en el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013), a eso se suma que los instrumentos que se usaron en los ensayos que están calibrados y certificados por una entidad, la investigación fue de tipo investigación aplicada, porque busca mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica convencional al ser

modificada con fibra acrílica y aumentar su vida útil, el nivel de investigación es descriptivo y presenta un alcance experimental.

Como resultado, se obtuvo que la adición de fibra acrílica (Drymix RA 4012) influye en la mejora significativa del comportamiento mecánico de la mezcla mejorada mediante el proceso por vía seca, respecto a la mezcla asfáltica convencional, pues a partir de la evaluación de los ensayos realizados, el comportamiento de la mezcla asfáltica mejorada obtenemos mayor resistencia a la deformación. En conclusión, la estabilidad de la mezcla asfáltica mejorada con incorporación de fibra acrílica es significativamente superior que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 17%.

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, el autor (Orellana Muñico, 2020) sustentó, en la Universidad Peruana los Andes, la Tesis: *“Aplicación de la emulsión imprimante Primetec en la conservación de la base granular – Huancayo”*. La presente tesis se trató sobre la imprimación en las bases granulares, ya que en ocasiones no se tiene cuidado en esta etapa de riego del asfalto diluido en los pavimentos flexibles, considerando la importancia de las propiedades de la base granular, procurando que estas se conserven y así ver cómo afectan estas en obtener una buena penetración de la imprimación, la investigación se enfocó en analizar, las variables para encontrar la relación y encontrar una solución. Con el objetivo de evaluar la influencia de aplicación de la emulsión imprimante PRIMETEC en la conservación de las bases granulares, para ello se realizó el análisis de base granular con los ensayos básicos como granulometría, partículas chatas y alargadas, abrasión, humedad natural, Proctor Modificado, CBR y los análisis químicos al agregado grueso y fino, posterior a ello se realizó 03 moldes con un porcentaje de finos establecido y su respectiva temperatura de la aplicación del imprimante, se procedió a aplicar la emulsión imprimante PRIMETEC y el imprimante convencional MC-30 con la temperatura detallada en sus respectivas fichas técnicas. Y por último se realizó las mediciones de la profundidad de penetración en los moldes imprimados empleando un vernier.

Los resultados obtenidos del estudio de las propiedades de la base granular, se concluye que al aplicar la emulsión imprimante Primetec, ayuda a poder conservar la humedad de la base granular, ya que nos ayuda a prevenir el ingreso de agua y pérdida de agua por evaporación superficial, y así obtener un equilibrio óptimo que nos permita una máxima resistencia del material. En conclusión, al aplicar el imprimante en una base granular en pista nos ayuda a que la base granular no pierda la cohesión, ya que según su granulometría se debe mantener un rango de

uso que el material no debe de perder, para darle mejora adherencia y que esta base granular esté preparado para recibir al pavimento asfáltico.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Base granular

Capa que se encuentra de bajo la capa de rodadura de un pavimento asfáltico y encima de la sub base (Orellana Muñoz, 2020).

Esta actividad consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con aportaciones o no de algún tipo de estabilizador o ligante, previamente aprobados, que se colocan sobre una subbase, afirmado o subrasante. (EG, 2013)



Figura 1. Material de base granular

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Compactación de la capa de base granular

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Ensayos de laboratorio al material de base granular

2.2.2.1. Granulometría

Se define como la medición granular de las partículas que conforman la muestra de suelos o partículas, con el objetivo de analizar sus propiedades mecánicas y determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas del suelo (EG, 2013).

Procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas que componen al agregado según sus tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en pesa de cada tamaño que aporta el peso total (UCA, 2015).

2.2.2.2. Límites de Atterberg

- **Límite líquido**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo (MTC, 2016).

- **Límite plástico**

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen (MTC, 2016).

2.2.2.3. Equivalente de arena

Es la medida de la contaminación del agregado fino determinado de acuerdo con el método definido por las normativas vigentes.

El propósito de este método es indicar, bajo condiciones estándar, 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). El término "equivalente de arena", expresa el concepto de que la mayor parte de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseables (MTC, 2016).

2.2.2.4. Proctor modificado

Con este ensayo se pretende determinar a qué % de humedad se debe compactar un suelo para de esta manera obtener la densidad seca máxima.

La humedad óptima de compactación está en función del tipo de suelo. Y un suelo en su estado natural presenta vacíos entre sus partículas los cuales son rellenos por aire o por agua; por tanto, el suelo presenta un mayor volumen cuando está vacío, al comprimirse su volumen disminuye, esto se logra aplicando fuerzas externas con el fin de reducir estos vacíos originando un incremento en la densidad (Morales Rosales, 2007).

2.2.2.5. CBR (California Bearing Ratio)

Se expresa como un indicativo a la resistencia al esfuerzo que posee un suelo bajo condiciones de Humedad y Densidad óptimas.

El CBR se obtiene de la relación que existe entre la carga unitaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pisón

dentro de la muestra compactada con contenido de humedad y densidad requerida. La finalidad del ensayo es la reproducir condiciones similares al del proceso constructivo. (Aliaga Arquí, 2017)

2.2.2.6. Durabilidad al sulfato de magnesio

Este ensayo sirve para determinar la resistencia de la muestra de suelo o agregados gruesos y finos a la pérdida de sus propiedades físicas o de apariencia.

El Manual de Ensayos de Materiales (2016) menciona que “es una medida a la desintegración de los agregados por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal que la soluciones cubra toda la muestra. Después del período de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución y se coloca en el horno de secar. Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos” (p. 329).

2.2.2.7. Partículas con caras fracturadas

El propósito de este ensayo es maximizar el esfuerzo cortante mediante el incremento de fricción interpartícula, además, la cantidad de partículas fracturadas proporciona estabilidad a los tratamientos de superficie proporcionando fricción por la textura.

El Manual de Ensayos de Materiales (2016) menciona que “Este método de ensayo abarca la determinación del porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contiene partículas fracturadas que reúnen requerimientos especificados” (p. 337).

2.2.2.8. Partículas chatas y alargadas

Las partículas chatas y largas son aquellas partículas cuyas dimensiones últimas es menor a 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces la dimensión promedio.

Esté método ayuda a verificar las exigencias de las Especificaciones que limitan la forma característica del agregado. (Aliaga Arquí, 2017)

2.2.2.9. Abrasión los ángeles

Este ensayo mide la degradación de los agregados resultado de

la unión de varias acciones entre ella: abrasión, impacto y fricción de las esferas.

2.2.3. Características de la base granular

Esta capa estructural está conformada por materiales granulares que pueden ser obtenidos de materia natural o procesados, según (EG, 2013), los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados a continuación:

2.2.3.1. Características granulométricas

Los materiales a ser utilizados deberán de cumplir con los requerimientos granulométricos que exige el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 2

Requerimiento granulométrico para base granular

Tamiz	% QUE PASA			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50mm (2")	100	100		
25mm (1")		75 - 95	100	100
9.5mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75mm (N°04)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0mm (N°10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
425um (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75um (N°200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales (EG – 2013)

2.2.3.2. Agregado grueso

Denominado a todo material retenido en la Malla N.º 04, provenientes de fuentes naturales, procesados o combinados.

Tabla 3

Requerimientos agregado grueso

ENSAYO	Norma	Norma	Norma	REQUERIMIENTO	
	MTC	ASTM	AASHTO	< 3000 msnm	> 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturada	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión los ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% mín.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales (EG – 2013)

2.2.3.3. Agregado fino

Denominado a todo material pasante de la Malla N.º 04, provenientes de fuentes naturales, procesados o combinados.

Tabla 4

Requerimiento agregado fino

ENSAYO	Norma	REQUERIMIENTO	
	MTC	< 3000 msnm	> 3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	--	15% máx.

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales (EG – 2013)

2.2.4. Imprimación asfáltica

Es la aplicación de un material bituminoso sobre un área granular debidamente preparada (Base granular), esto con la intención de recibir una exclusiva cubierta asfáltica o de evadir la disgregación del área. (Vidalon Ledesma, 2018)

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, calentamiento eventual y aplicación uniforme de un ligante bituminoso sobre una superficie granular, previamente a la colocación de una capa asfáltica o un tratamiento superficial. El trabajo puede incluir el suministro y la aplicación de un agregado pétreo fino para la protección de la superficie imprimada. (EG, 2013)



Figura 3. Proceso de imprimación asfáltica

Fuente: Elaboración propia

2.2.4.1. Funciones

- Impermeabilizar la superficie de la capa de Base Granular
- Cerrar los espacios capilares
- Revertir y pegar sobre la superficie las partículas sueltas
- Endurecer la superficie
- Facilitar el mantenimiento
- Promover la adherencia entre la superficie sobre la cual se coloca y la primera capa de mezcla asfáltica sobre ella colocada.

2.2.4.2. Tipo y cantidad para ser aplicado

- El tipo y cantidad de material asfáltico a aplicar depende básicamente de la textura y porosidad del material sobre el cual es aplicado.
- Las especificaciones técnicas descritas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indican una cantidad que varía entre 0.70 y 1.5 lt/m².
- Las superficies más densas y cerradas necesitarán menor cantidad de aplicación, puesto que, absorberán en menor cantidad que las superficies gruesas y abiertas.
- El tiempo requerido para lograr una penetración óptima de la imprimación asfáltica debe ser por lo menos unas 24 horas sobre una superficie de base granular.
- Ficha técnica de calidad se observa en el Anexo D.

2.2.5. Viscosidad del material de riego imprimante

Es una propiedad elemental del asfalto, es de gran importancia para la elección de la emulsión óptima para cada tratamiento, las emulsiones que poseen bajas viscosidades son empleadas en riegos de imprimación, riegos de adherencia y estabilización de suelos debido a que la cantidad de asfalto por unidad de superficie es menor. (Chamorro Arellano, 2019)

2.2.6. Espesor de la película de interfaz

Las normas peruanas no establecen un valor específico del espesor mínimo, pero este debe ser capaz de proteger la carpeta de la base granular de los deterioros a causa del tráfico vehicular y factores climáticos, además de poseer la cantidad necesaria para cohesionar las partículas superficiales sueltas

de la base y brindar estabilidad superficial, con el propósito de dar una interfase firme para adherir fuertemente el tratamiento o la carpeta asfálticos.

2.2.7. Penetración del asfalto

De acuerdo con el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en las especificaciones del manual vigente nos exige un rango de penetración de la emulsión asfáltica, esto en relación directa a la adherencia y a la resistencia a la fuerza cortante del material bituminoso y la base granular, la profundidad de penetración de la imprimación asfáltica debe introducirse en el rango de 5mm a 7.5 mm como mínimo. (EG, 2013)

La profundidad de medición que se le toma al tramo intervenido con el riego asfáltico se realiza después de haber transcurrido 24 horas de aplicarse sobre el área (Vidalon Ledesma, 2019).

2.2.8. Asfalto líquido MC-30

Es un asfalto líquido de curado medio, es un derivado del Petróleo constituido por mezcla de cemento asfáltico y solventes de hidrocarbonados de diferentes rangos de destilación que le imparten a los asfaltos diluidos sus distintos tiempos de corte o curado, cuyo fluidificante es el kerosene y el número es la viscosidad del producto, este es el imprimante convencional (Orellana Muñico, 2020).

2.2.9. Agregado pétreo de protección

El agregado utilizado es material fino, el cual se debe colocar eventualmente para la protección de la superficie imprimada cuando está sea sometida a uso por el tránsito vehicular. El material puede ser arena natural, arena triturada o una mezcla de ambas, la cual se encontrará exenta de polvo, terrones de arcilla u otras sustancias incorporadas que puedan resultar ambientalmente nocivas o inconvenientes para el buen comportamiento de la superficie imprimada. Las características del material deben de satisfacer los requerimientos indicados en la Tabla N°05:

Tabla 5

Ensayos básicos de verificación de la Calidad de los Agregados de Protección

ENSAYO	Norma	Especificaciones
Durabilidad		
Pérdida en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo.	INV E-220	18
Sulfato de Magnesio		
Limpieza		
Índice de Plasticidad, % máximo	INV E-126	No Plástico
Equivalente de Arena, % mínimo	EN 933-8	40
Valor de Azul de Metileno, máximo	EN 933-9	10
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo	INV E-211	2
Adherencia		
Riedel Webber, mínimo	INV E-774	4

Fuente: Elaboración propia

Además, el agregado de protección deberá satisfacer el requisito granulométrico que muestra la Tabla 6.

Tabla 6

Granulometría admisible para el agregado de protección

TAMIZ		% PASA
mm	Estándar	SA 1
9.510	3/8	100
4.750	N°04	95-100
2.000	N°10	65-90
0.425	N°40	15-35
0.180	N°80	4-10

Fuente: Elaboración propia

2.2.10. Aceite vegetal

Es un triglicérido extraído de una planta. El concepto "aceite vegetal" puede definirse íntimamente como referido sólo a los aceites vegetales que son líquidos a temperatura ambiente. Estos aceites se usan como ingredientes en varios productos manufacturados, se usan para llevar a cabo jabones, productos

de la piel, velas, perfumes y otros productos de precaución personal y cosméticos. Algunos aceites son especialmente convenientes como aceites de secado, y se usan en la construcción de pinturas y de otros productos de régimen de madera; en esta exploración se va a usar para cambiar la temperatura de mezcla y compactación de las mezclas asfálticas tibias.

2.2.11. Equipo

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza y cisterna irrigadores de agua y asfalto y, cuando se requieran, equipos para la extensión del agregado pétreo de protección.

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se aplicará el riego de imprimación estará constituido preferiblemente por una barredora mecánica y/o una sopladora mecánica. La primera será del tipo rotatorio y ambas serán operadas mediante empuje o arrastre con tractor. Donde las autoridades ambientales del Distrito Capital prohíban el uso de estos equipos, se deberán utilizar implementos alternativos que permitan la correcta limpieza de la superficie.



Figura 4. Camión irrigador de Asfalto

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Limpieza previa del pavimento a imprimir

Fuente: Elaboración propia

La cisterna irrigador de materiales bituminosos deberá ir montado sobre neumáticos y cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo.



Figura 6. Camión imprimador

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Proceso de imprimación asfáltica

Fuente: Elaboración propia

Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del producto imprimante en sentido longitudinal.

La cisterna deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de ningún elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

Para la aplicación del agregado de protección se emplearán distribuidores mecánicos idóneos, acoplados a un camión o autopropulsados, que permitan la aplicación homogénea del agregado. Cuando y donde el Interventor lo considere prudente, podrá permitir la distribución del agregado por medio de palas manuales.

2.2.12. Requerimientos de la ejecución de los trabajos

2.2.12.1. Preparación de la superficie

Para iniciar con el proceso constructivo de los trabajos de imprimación, se deberá comprobar que la superficie en la cual se efectuará el riego cumpla con todos los requisitos especificados en cuanto se refiere a la conformación, compactación y acabado de la capa y que está no se haya reblandecido por el exceso de humedad. Para el caso en que se observen fallas o imperfecciones, el Constructor procederá a levantar las observaciones a entera satisfacción del Supervisor.

La superficie que ha de recibir la imprimación se limpiará cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando el equipo de limpieza aprobado.

2.2.12.2. Determinación de la dosificación del producto imprimante

La dosificación definitiva del producto imprimante se establecerá como resultado de la aplicación de los riegos iniciales o resultado del Tramo de Prueba. Dicha cantidad nunca será inferior a quinientos gramos por metro cuadrado (500 g/m²) de ligante residual.

2.2.12.3. Aplicación del producto imprimante

La superficie deberá ser regada ligeramente con agua, sin llegar a la saturación, previamente al riego de imprimación.

La aplicación del ligante se hará de manera uniforme, tanto en sentido longitudinal como transversal, evitando la duplicación en las juntas transversales, para lo cual se colocarán tiras de papel u otro material

adecuado en las zonas de iniciación o interrupción del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre ellas.

La temperatura de aplicación del producto imprimante deberá ser tal, que su viscosidad se encuentre entre cinco y veinte segundos Saybolt-Furol (5 sSF - 20 sSF), según la norma INV E-763, cuando se trate de una emulsión asfáltica o entre veinte y cien segundos Saybolt-

Furol (20 sSF - 100 sSF), según la norma INV E-714, cuando se emplee asfalto líquido para riegos de imprimación.

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución deberán limpiarse al término de cada jornada de trabajo o cuando se produzcan interrupciones prolongadas.

En aquellas zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el Constructor corregirá la anomalía mediante la adición de ligante o agregado de protección, respectivamente, a satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto de Desarrollo Urbano.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición de este a lo largo de la junta longitudinal. No se permitirá el tránsito automotor sobre la superficie imprimada ni la colocación de capas o tratamientos asfálticos, hasta que lo autorice el Interventor.

Elementos tales como sardineles, árboles, vallas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, deberán ser protegidos adecuadamente por parte del Constructor, antes de aplicar el riego.

2.2.12.4. Determinación de la dosificación del agregado de protección

La dosificación del agregado de protección será la mínima necesaria para absorber los excesos de ligante o para garantizar la protección de la imprimación, cuando la capa imprimada deba soportar la acción ocasional del tránsito automotor. En ningún caso, la cantidad de agregado excederá de seis litros por metro cuadrado (6 l/m²).

La dosificación definitiva del agregado de protección se establecerá en acuerdo con el Interventor, como resultado de las pruebas iniciales realizadas en la obra.

2.2.12.5. Extensión del agregado pétreo de protección

La extensión eventual del agregado de protección se realizará cuando sea necesario permitir la circulación ocasional del tránsito automotor sobre la imprimación o donde se advierta que parte de ella

no ha sido absorbida veinticuatro horas (24 h) después de aplicado el ligante.

El agregado se extenderá mediante el sistema autorizado por el Interventor y su humedad, en el momento de la aplicación, no podrá exceder de dos por ciento (2 %). Se deberá evitar el contacto de las ruedas del equipo distribuidor del agregado con el riego de imprimación sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja imprimada sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de aquella de ciento cincuenta a doscientos milímetros (150 - 200 mm), junto a la zona que se encuentra sin imprimir.

2.2.12.6. Control del tránsito

Se prohibirá todo tipo de tránsito sobre la superficie imprimada mientras no haya sido absorbido todo el ligante o, en caso de que se haya extendido el agregado de protección, dentro de las cuatro horas (4 h) siguientes a la aplicación de éste. Una vez permitida la circulación, la velocidad de los vehículos no deberá exceder de treinta kilómetros por hora (30 km/h).

2.2.12.7. Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la aplicación de riegos de imprimación cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

2.2.12.8. Otros cuidados en la ejecución de los trabajos

La aplicación del riego de imprimación deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa que se superpondrá a él, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión entre la capa granular y el revestimiento asfáltico. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará otro riego de imprimación, cuyo costo será asumido por el Constructor, si se establece que la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable a éste.

Todo daño de la superficie imprimada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin costo alguno para el Instituto de Desarrollo Urbano, a

entera satisfacción del Interventor, antes de que se autorice el inicio de los trabajos de pavimentación.

2.2.13. Calidad del producto terminado

Se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, el de menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada imprimada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada imprimada.
- La superficie imprimada en un día de trabajo.

Las dosificaciones del asfalto y del agregado, cuando la utilización de este último sea autorizada por el Interventor, se comprobarán mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante o la extensión del agregado, en no menos de tres (3) puntos del área considerada como lote.

El Interventor se abstendrá de aceptar áreas imprimadas donde la dosificación media de ligante o agregados difiera en más de quince por ciento (15%) de la aprobada previamente por él. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

Los costos de todos los materiales, equipos y operaciones que se requieran para la corrección de defectos o excesos en el riego de imprimación y/o en el agregado de protección, deberán ser asumidos totalmente por el Constructor.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

2.3. Método, tipo o alcance de la investigación

2.3.1. Método de la investigación

El método de la investigación es científico, ya que “la investigación científica es una actividad que permite obtener un conocimiento; es decir, es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna para entender, unificar, corregir o aplicar el conocimiento”. (Bernal Torres, 2010).

Se utiliza el método analítico para identificar el objeto de estudio que es la medición de viscosidad, remanente asfáltico y la penetración del asfalto en la base granular por adición del aceite de palma.

2.3.2. Tipo de investigación

Por el tipo de investigación, el estudio reúne las condiciones metodológicas de una Investigación Aplicada.

Según (Tam Málaga, y otros, 2008) define: “Investigación Aplicada al estudio que, por su interés, la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos adquiridos a través de una investigación estratégica para lograr determinar si estos pueden ser útilmente aplicados con o sin mayor refinamiento para los propósitos definidos”.

Según (Bernal Torres, 2010) define: "La investigación aplicada, por su parte, concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales, y destina sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantean la sociedad y los hombres”.

En la presente tesis se busca conocer la variación de la penetración del asfalto debido a la adición del aceite de palma.

2.3.3. Nivel de investigación

(Hernández Sampieri, y otros, 2014) indican que: “En estudios de nivel correlacional son investigaciones que pretenden asociar conceptos, fenómenos, hechos o variables. Miden las variables y su relación en términos estadísticos”.

Esta investigación tiene el nivel de investigación correlacional y explicativo por ser un trabajo experimental. Con el fin de identificar la correlación de variables, según ensayos de laboratorio el presente estudio analiza la medición penetración, viscosidad y asfalto residual por adición de aceite de palma en el asfalto diluido.

2.3.4. *Diseño de investigación*

(Hernández Sampieri, y otros, 2014) definen: “Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información (datos) requerida en una investigación con el fin último de responder satisfactoriamente el planteamiento del problema”.

El estudio es de concepción cuantitativa por los valores que serán analizados, de diseño cuasiexperimental porque se implementa grupos intactos para su medición, se analiza el comportamiento de la variable dependiente con la aplicación de la variable independiente por adición de aceite de palma en el asfalto diluido.

Tabla 7

Diseño de Investigación

GRUPO	Tratamiento	Post - Prueba
GE	X	O ₁
GC		O ₂

Fuente: Hernández Sampieri, Roberto

Donde:

GE: Grupo Experimental

GC: Grupo Control

X : Aplicación de la variable Independiente

O₁ : Prueba después del experimento al GE

O₂ : Prueba después del experimento al GC

Para la presente investigación:

Tabla 8

Diseño de Investigación en el Estudio

GRUPO	Tratamiento	Post - Prueba
GC		T ₀
GE	AP 5%	T ₁
GE	AP 10%	T ₂
GE	AP 20%	T ₃
GE	AP 30%	T ₄
GE	AP 40%	T ₅

Fuente: Elaboración propia

Donde:

GE: Grupo Experimental

GC: Grupo Control

AP: Aplicación del Aceite de Palma

T₁ : Base Granular + 5% Aceite de Palma

T₂ : Base Granular + 10% Aceite de Palma

T₃ : Base Granular + 20% Aceite de Palma

T₄ : Base Granular + 30% Aceite de Palma

T₅ : Base Granular + 40% Aceite de Palma

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

(Behar Rivero, 2008) refiere que: “En realidad pocas veces es posible medir a la población por lo que obtendremos o seleccionaremos y, desde luego, esperamos que este subgrupo sea un reflejo fiel de la población”.

Ubicación:

- Departamento: Junín
- Provincia: Huancayo
- Distrito: Pilcomayo
- Cantera: Cantera de Pilcomayo

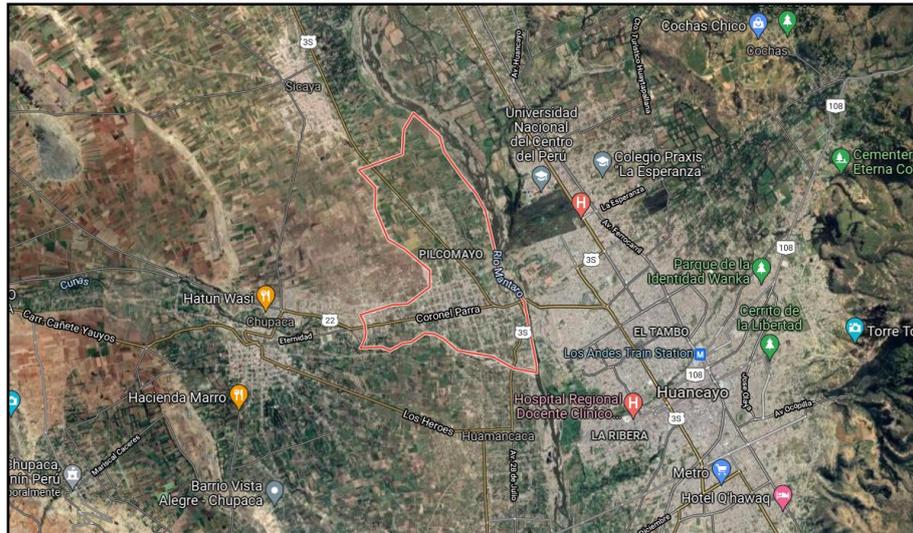


Figura 8. Ubicación de la muestra - Base Granular

Fuente: Google Earth

La población está conformada por un total de 60 muestras.

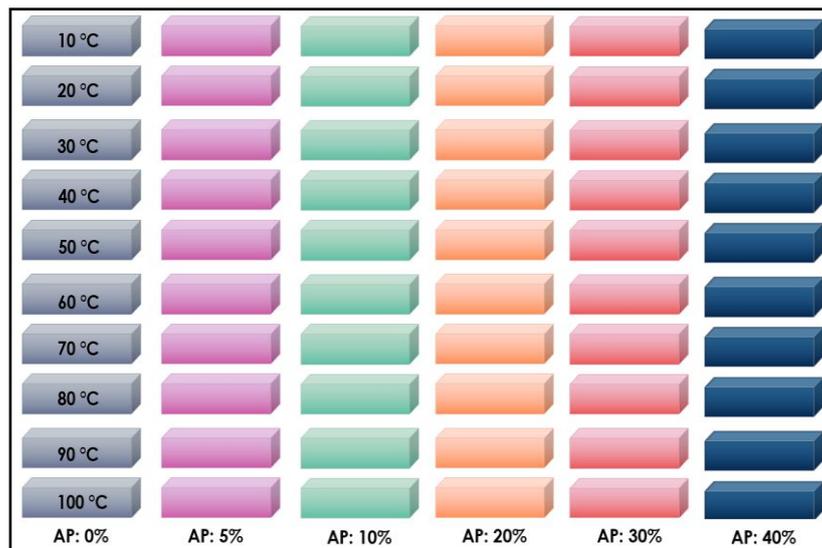


Figura 9. Población de la Investigación

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Muestra

Según la definición de (Behar Rivero, 2008) define: “Se puede decir que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus necesidades al que llamamos población.

Diseño muestral sistemático:

(Behar Rivero, 2008) indica: “Son técnicas de medición no obstructivas, en el sentido que el instrumento de medición no estimula el comportamiento de

los sujetos. Los métodos no obstructivos registran algo que fue estimulado por otros factores ajenos al instrumento de medición”. Se utiliza esta técnica para entender el comportamiento de los ensayos realizados, mediante su validez y confiabilidad se consolida los datos obtenidos en laboratorio certificado.

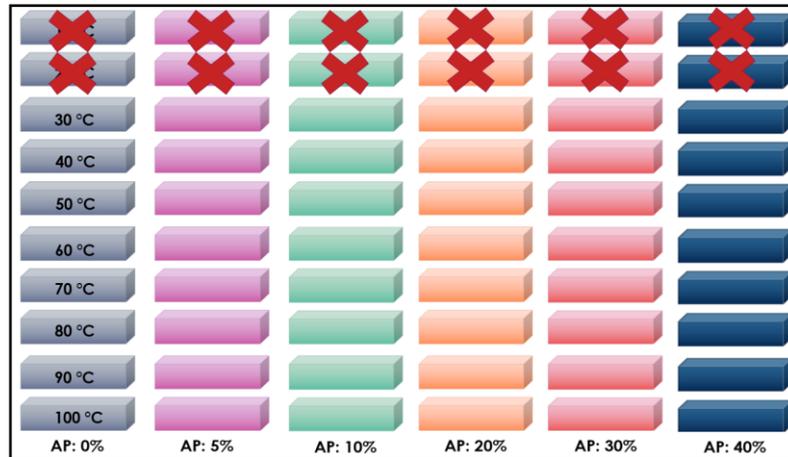


Figura 10. Muestras de la Investigación

Fuente: Elaboración propia

Se eligió iniciar a partir de 30 °C de Temperatura debido a que los trabajos de riego de imprimación se realizan a Temperaturas ≥ 60 °C, sin embargo, se tomó temperaturas menores para analizar el comportamiento en ascendencia hasta llegar a los 100 °C, para quedarnos con una esencia de 48 muestras.

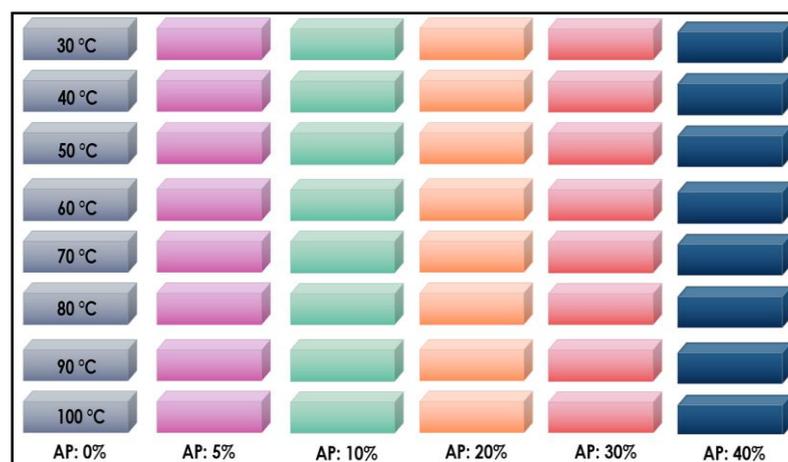


Figura 11. Cantidad de muestra de la Investigación

Fuente: Elaboración propia

El diseño de la investigación tendrá seis tratamientos (0%, 5%, 10%, 20%, 30% y 40%) medidos a distintas temperaturas de (30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C y 100 °C) ; el tratamiento cero (T0) será el tratamiento control para el cual se realizarán 8 muestras, el tratamiento uno (T1) está compuesto por el suelo (Base Granular) más adición del (Aceite de Palma) en 5%, el tratamiento dos (T2) está compuesto por el suelo (Base Granular) más adición (Aceite de Palma) en 10%, el tratamiento tres (T3) está compuesto por el suelo (Base Granular) más adición (Aceite de Palma) en 20%, el tratamiento cuatro (T4) está compuesto por el suelo (Base Granular) más adición (Aceite de Palma) en 30%, el tratamiento cinco (T5) está compuesto por el suelo (Base Granular) más adición (Aceite de Palma) en 40%.

Cada tratamiento estará compuesto por ocho muestras para el respectivo desarrollo de cada ensayo, según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC.

2.5. Técnicas e instrumento de información

2.5.1. Técnicas

El presente estudio pretende analizar los resultados obtenidos en laboratorio, la preparación de una base granular aplicando una capa de asfalto diluido alterado por la adición de aceite de palma en condiciones controladas para las condiciones de mezcla dispuestos por materiales encontrados en la región.

2.5.2. Instrumentos

De acuerdo con todos los ensayos de laboratorio necesarios para la evaluación de resultados, el instrumento de evaluación es en fichas de recolección de datos, evidenciados en certificados para cada una de las evaluaciones proyectadas.

2.6. Procesamiento

Para está investigación, el proceso de información recolectada de gabinete se realizó mediante el programa Excel para un análisis más detallado y profundo obteniendo un análisis más eficaz.

2.7. Trabajos de laboratorio

Primero: Al material estándar para base granular proveniente de la Cantera de Pilcomayo se le realizó los ensayos se exigen las normas para cumplir con las Especificaciones Técnicas normados por el MCT.

- a) **Análisis granulométrico:** Para determinar los tamaños y proporciones de las partículas y el comportamiento ante los husos granulométricos establecidos por el (EG-2013) se realiza este ensayo cumpliendo con la normativa del MTC E 107. Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado.



Figura 12. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado

Fuente: Elaboración propia

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					100 - 100
1 1/2"	38.100				100.0	
1"	25.400	401.0	1.8	1.8	98.2	
3/4"	19.050	3,978.0	18.1	19.9	80.1	
1/2"	12.700	3,392.0	15.4	35.3	64.7	
3/8"	9.525	2,991.0	13.6	48.9	51.1	30 - 65
1/4"	6.350					
# 4	4.760	3,241.0	14.7	63.6	36.4	25 - 55
# 8	2.360		0.0	63.6	36.4	
# 10	2.000	281.0	11.5	75.1	24.9	15 - 40
# 16	1.190		0.0	75.1	24.9	
# 20	0.850		0.0	75.1	24.9	
# 30	0.600		0.0	75.1	24.9	
# 40	0.420	276.2	11.3	86.4	13.6	8 - 20
# 50	0.300		0.0	86.4	13.6	
# 80	0.180		0.0	86.4	13.6	
# 100	0.150		0.0	86.4	13.6	
# 200	0.075	231.2	9.4	95.8	4.2	2 - 8
< # 200	FONDO	102.9	4.2	100.0	0.0	
FRACCIÓN		891.3				
TOTAL		22,005.0				
Descripción suelo:		Grava pobremente gradada con arena				

Figura 13. Resultados del análisis granulométrico al material de base granular

Fuente: Elaboración propia

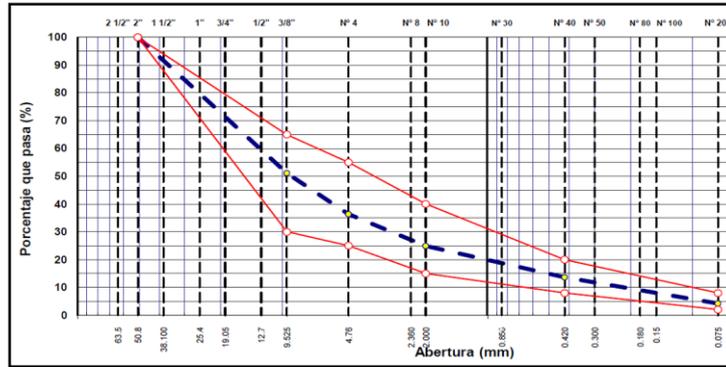


Figura 14. Curva granulométrica del material de base granular

Fuente: Elaboración propia

- b) **Límites de Atterberg:** Se realizó este ensayo con la finalidad determinar el contenido de agua y la plasticidad, expresado en % respecto al peso del suelo seco, según lo establecen las normas MTC E 110 y MTC E 111.

LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

N.P.

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

N.P.

Figura 15. Límites de plasticidad del material de base granular

Fuente: Elaboración propia

- c) **Proctor modificado:** Este ensayo brinda los valores de Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad, para realizar este ensayo se realizó un previo secado del material para empezar con humedad desde puntos más bajos que la humedad natural. El procedimiento se realizó según lo indica la MTC E 115.



Figura 16. Proctor modificado al material de base granular

Fuente: Elaboración propia

Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10902	11112	11284	11269	
Peso molde + base (gr)	6193	6193	6193	6193	
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4709	4919	5091	5076	
Volumen del molde (cm ³)	2105	2105	2105	2105	
Peso volumétrico húmedo (gr/cm ³)	2.237	2.337	2.419	2.411	
Tara N°	T-01	T-02	T-03	T-04	
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	504.3	505.4	519.2	515.3	
Peso del suelo seco + tara (gr)	493.4	485.5	488.4	476.2	
Peso de Tara (gr)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua (gr)	10.9	19.9	30.8	39.1	
Peso del suelo seco (gr)	493.4	485.5	488.4	476.2	
Contenido de agua (%)	2.2	4.1	6.3	8.2	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	2.189	2.245	2.275	2.228	
			Densidad máxima (gr/cm ³)	2.275	
			Humedad óptima (%)	6.1	

Figura 17. Proctor modificado del material de base granular

Fuente: Elaboración propia

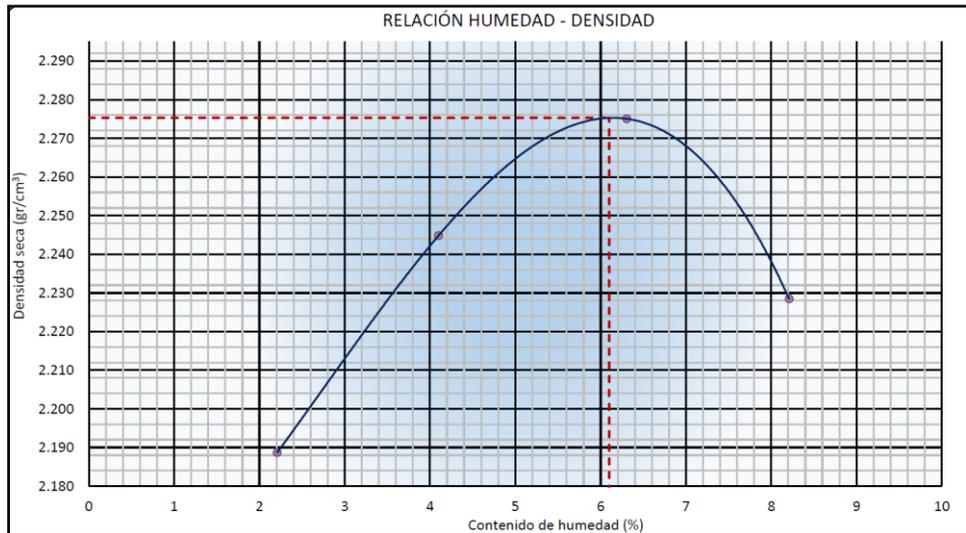


Figura 18. Curva del Proctor modificado de la base granular

Fuente: Elaboración propia

- d) **CBR (Relación Soporte California):** Este ensayo se realiza para estimación de la capacidad portante del suelo. El ensayo se realizó cumpliendo con los procedimientos que indica la MTC E 132.

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (gr)	13224		12629		12213	
Peso de molde + base (gr)	8123		7789		7808	
Peso del suelo húmedo (gr)	5101		4840		4405	
Volumen del molde (cm³)	2105		2102		2124	
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.423		2.303		2.074	
N° Tara	T-01		T-02		T-03	
Peso suelo húmedo + tara (gr)	510.6		510.8		505.3	
Peso suelo seco + tara (gr)	479.9		480.5		474.5	
Peso de tara (gr)	0.0		0.0		0.0	
Peso de agua (gr)	30.7		30.3		30.8	
Peso de suelo seco (gr)	479.9		480.5		474.5	
Contenido de humedad (%)	6.4		6.3		6.5	
Densidad seca (gr/cm³)	2.278	2.149	2.166	2.059	1.948	1.842

Figura 19. CBR del material de base granular

Fuente: Elaboración propia

PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTANDAR (kg/cm ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0			0					0		
0.635			391			311					238		
1.270			793			578					439		
1.905			1307			782					592		
2.540	70.5		1698	1352.8	99.2	893	735.2	53.9			555	508.6	37.3
3.810			2152			1165					892		
5.080	105.7		2562	2385.5	116.7	1448	1347.3	65.9			1033	903.0	44.2
6.350			2711			1989					1145		
7.620			3098			2356					1446		
10.600			3942			2815					1676		
12.700			4546			3335					2008		

DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO				
PROCTOR MODIFICADO ASTM	:			
MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm ³):	2.275		
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%):	6.1		
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm ³):	2.162		
PORCENTAJE DEL CBR				
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	52.7	0.2"	64.5
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	98.0	0.2"	115.3

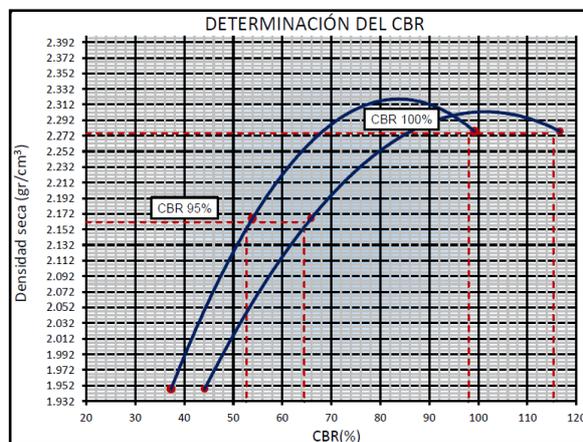


Figura 20. Curva de CBR del material de base granular

Fuente: Elaboración propia

Segundo: Se realizó la medición de la viscosidad del asfalto diluido MC-30 con adición de aceite de palma, mediante el equipo de Viscosímetro Brookfield.



Figura 21. Viscosidad en el Equipo -
Viscosímetro Brookfield

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la calidad de imprimación asfáltica se basa en el espesor de la película de asfalto residual en la interface y la medida de la penetración del asfalto recortado MC-30. Según la literatura utilizada como base de esta investigación estos 2 parámetros de control están relacionados estrechamente a la viscosidad del asfalto recortado que cambia de acuerdo con la temperatura de aplicación el asfalto diluido MC-30, esta investigación pretende manipular la viscosidad del asfalto recortado mediante la adición de aceite de palma como modificador de la viscosidad y la manipulación de la temperatura: en tal sentido se realizara los siguientes procedimientos.

- Medición de la viscosidad dinámica del aceite de palma de temperaturas de entre 10°C a 100°C.
- Medición de la viscosidad dinámica del asfalto recortado MC-30 a temperaturas de entre 10°C a 100°C.
- Medición de la viscosidad dinámica del asfalto recortado MC-30 + adiciones de aceite de palma a temperaturas de entre 10°C a 100°C.



Figura 22. Producto Aceite de Palma

Fuentes: Elaboración propia



Figura 23. Producto Asfalto Diluido MC-30

Fuentes: Elaboración propia

a) Viscosidad dinámica del aceite de palma

El ensayo de viscosidad se realizó con el Viscosímetro Brookfield, para lo cual se utilizó una muestra de 18 ml que fue cargado en los tubos de ensayo y luego cargado en el viscosímetro. Las primeras lecturas se realizaron a temperatura ambiente de 10.90 °C obteniendo lecturas de entre 400 mPa.s a 621 mPa.s, a partir de aquí se elevó la temperatura progresivamente hasta 100 °C.



Figura 24. Carga de Aceite de Palma en la Probeta de Vol. 18 ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Resumen de Viscosidad del Aceite de Palma

	Viscosidad	Temperatura
	Mpa s	° C
MÍN.	400.00	10.9
MÁX.	621.00	100.0
PROM.	535.48	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Datos del registro de Viscosidad del Aceite de Palma

Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad
°C	(Mpa s)						
10.9	621	28.5	559	50	527	80	508
10.9	620	28.5	554	50	526	80	511
10.9	604	28.2	560	50	535	80	502
10.9	608	28.2	562	50	522	80	503
10.9	610	27.9	564	50	519	80	511
10.9	615	27.9	567	60	522	90	509
10.9	616	27.9	559	60	521	90	514
30	565	27.9	559	60	523	90	506
30	562	35	546	60	520	90	400
30	570	35	544	60	516	90	497
30	565	35	542	60	518	90	498
30	568	35	544	60	522	90	501
30	555	35	545	60	519	90	504
29.7	562	40	532	70	505	100	506
29.4	565	40	543	70	520	100	504
29.3	560	40	545	70	515	100	503
29.2	555	40	543	70	518	100	504
29.2	560	40	536	70	519	100	501
29.2	561	40	535	70	512	100	506
29.2	559	40	538	70	514	100	508
28.9	551	50	527	70	514		
28.9	559	50	525	70	515		
28.7	559	50	530	70	509		

Fuente: Elaboración propia

Lecturas de la viscosidad utilizando el Splinder N.º 28 para escalas de fluidos viscosos de aceite a asfalto aplicando 0,10 RPM.

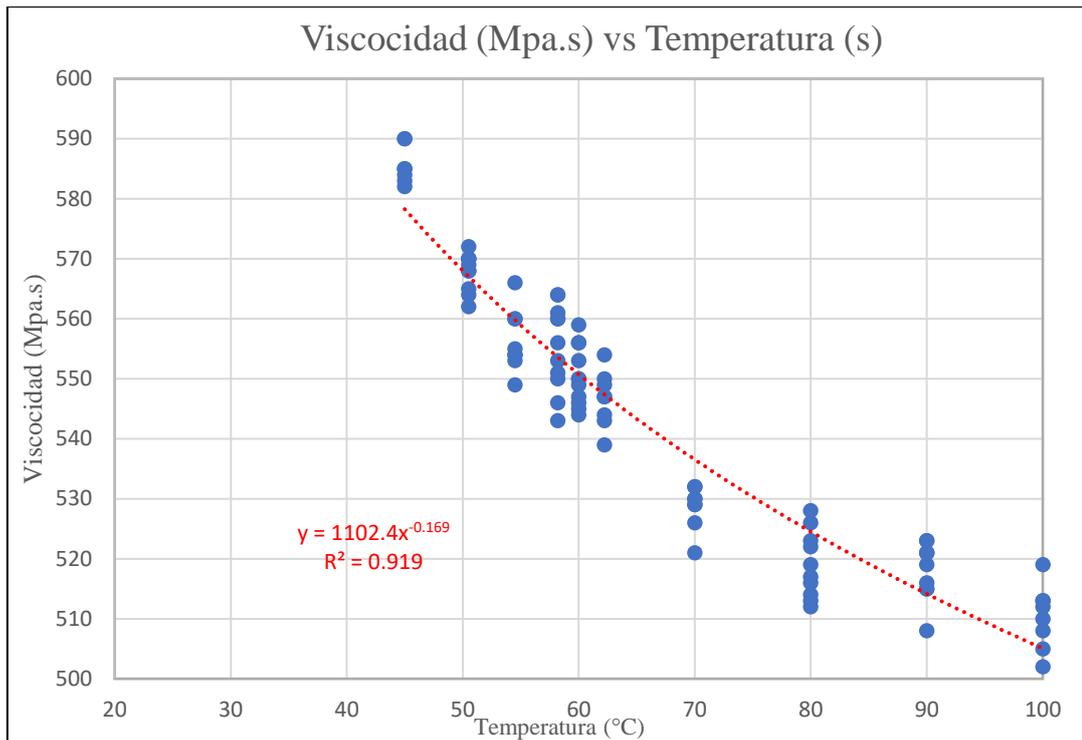


Figura 25. Viscosidad del Aceite de Palma en Mpa.s en relación con la Temperatura °C

Fuente: Elaboración propia

Según lo obtenido de las lecturas realizadas al Aceite de Palma con el Viscosímetro Brookfield a diferentes temperaturas, se muestra que: a medida que se incrementa la temperatura, la viscosidad baja dado que ofrece menor resistencia al giro del Splinder.

b) Viscosidad dinámica del asfalto diluido MC-30

El ensayo de viscosidad se realizó con el Viscosímetro Brookfield, para lo cual se utilizó una muestra de 18 ml que fue cargado en los tubos de ensayo y luego cargado en el viscosímetro. Las primeras lecturas se realizaron a temperatura ambiente de 10.00 °C obteniendo lecturas de entre 833 mPa.s a 860 mPa.s, hasta valores entre 502 mPa.s a 519 mPa.s obtenidos a 100 °C. Se ha podido apreciar un descenso de la viscosidad a medida que se incrementa la temperatura, que es lo que se esperaba de acuerdo con las curvas típicas de viscosidad – temperatura o más conocida como curva VTS.



Figura 26. Ensayo de la viscosidad dinámica del asfalto recortado MC-30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Resumen de la Viscosidad del Asfalto MC-30

	Viscosidad	Temperatura
	Mpa s	° C
MÍN.	502.0	10.0
MÁX.	860.0	100.0
PROM.	617.81	49.3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

Datos del registro de Viscosidad del Asfalto Diluido MC-30

Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad
°C	(Mpa s)						
100.0	510.0	70.0	532.0	58.2	550.0	45.0	584.0
100.0	512.0	70.0	529.0	58.2	551.0	45.0	580.0
100.0	502.0	70.0	530.0	58.2	560.0	45.0	583.0
100.0	513.0	70.0	532.0	58.2	564.0	45.0	591.0
100.0	519.0	70.0	529.0	58.2	553.0	45.0	590.0
100.0	508.0	70.0	521.0	58.2	556.0	42.0	600.0
100.0	505.0	62.2	539.0	54.5	554.0	42.0	601.0
100.0	513.0	62.2	544.0	54.5	554.0	42.0	602.0
90.0	515.0	62.2	547.0	54.5	549.0	42.0	604.0
90.0	519.0	62.2	549.0	54.5	555.0	42.0	607.0
90.0	521.0	62.2	550.0	54.5	560.0	42.0	606.0
90.0	515.0	62.2	547.0	54.5	566.0	42.0	605.0
90.0	516.0	62.2	554.0	54.5	560.0	40.0	616.0
90.0	521.0	62.2	543.0	54.5	553.0	40.0	619.0
90.0	523.0	60.0	547.0	50.5	568.0	40.0	622.0
90.0	508.0	60.0	544.0	50.5	570.0	40.0	619.0
90.0	521.0	60.0	549.0	50.5	565.0	40.0	622.0
90.0	523.0	60.0	556.0	50.5	570.0	40.0	625.0
80.0	528.0	60.0	559.0	50.5	568.0	40.0	626.0
81.0	513.0	60.0	556.0	50.5	569.0	40.0	625.0
82.0	519.0	60.0	550.0	50.5	564.0	40.0	627.0
83.0	512.0	60.0	545.0	50.5	570.0	40.0	623.0
84.0	516.0	60.0	546.0	50.5	572.0	37.6	630.0
85.0	514.0	60.0	550.0	50.5	562.0	37.6	628.0
86.0	523.0	60.0	553.0	45.0	590.0	37.6	629.0
87.0	526.0	58.2	560.0	45.0	585.0	37.6	627.0
88.0	522.0	58.2	561.0	45.0	583.0	37.6	629.0
89.0	517.0	58.2	564.0	45.0	590.0	37.6	631.0
70.0	526.0	58.2	543.0	45.0	585.0	37.6	632.0

Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad
°C	(Mpa s)						
70.0	530.0	58.2	546.0	45.0	582.0	37.6	638.0

Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad	Temp.	Viscosidad
°C	(Mpa s)						
37.6	643.0	32.9	686.0	30.0	706.0	10.0	834.0
35.0	650.0	32.9	674.0	30.0	728.0	10.0	836.0
35.0	646.0	32.9	679.0	30.0	701.0	10.0	860.0
35.0	647.0	32.9	683.0	20.0	765.0	10.0	848.0
35.0	651.0	32.9	690.0	20.0	753.0	10.0	838.0
35.0	649.0	30.0	694.0	20.0	763.0	10.0	833.0
35.0	668.0	30.0	705.0	20.0	775.0	10.0	853.0
35.0	665.0	30.0	711.0	20.0	751.0	10.0	845.0
35.0	654.0	30.0	715.0	20.0	738.0	10.0	850.0
32.9	685.0	30.0	706.0	20.0	766.0	10.0	848.0
32.9	684.0	30.0	728.0	20.0	757.0	10.0	847.0
32.9	682.0	30.0	701.0	20.0	757.0	10.0	842.0
32.9	680.0	30.0	705.0	20.0	752.0	10.0	847.0
32.9	682.0	30.0	711.0	20.0	766.0		
32.9	684.0	30.0	715.0	20.0	755.0		

Fuente: Elaboración propia

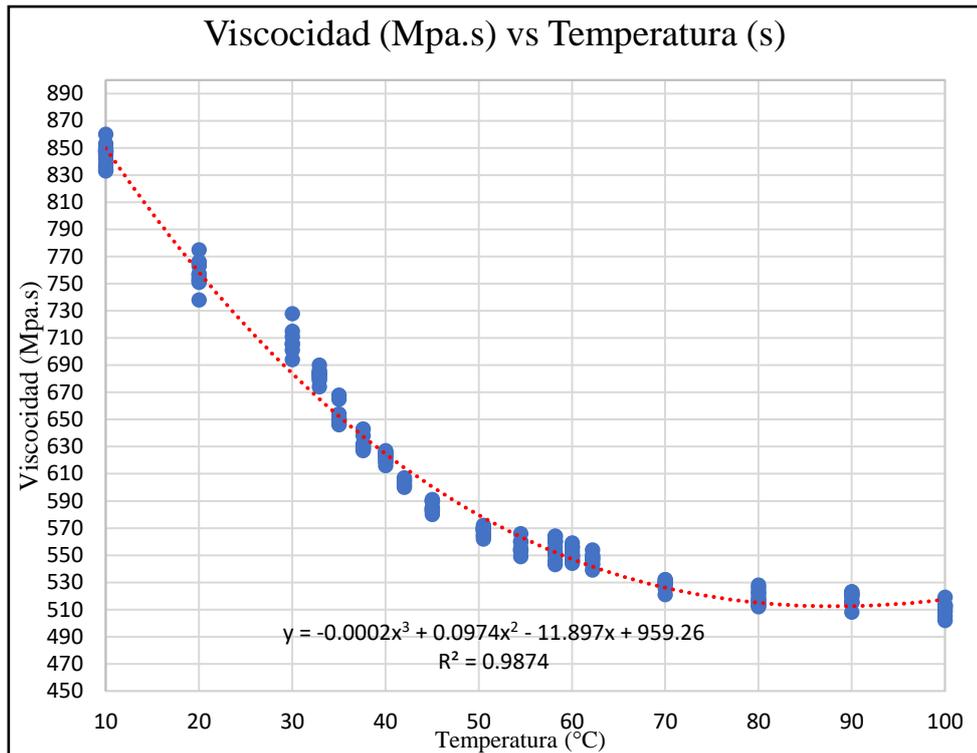


Figura 27. Viscosidad del Asfalto Diluido MC-30 en relación con la Temperatura °C

Fuente: Elaboración propia

Según lo obtenido de las lecturas realizadas al Asfalto Diluido MC-30 con el Viscosímetro Brookfield a diferentes temperaturas, se muestra que: a medida que se incrementa la temperatura, la viscosidad baja dado que ofrece menor resistencia al giro del Splinder.

Esta muestra se tomará con base para poder medir la influencia de aceite de palma en la alteración de la viscosidad del asfalto recortado MC-30.

c) Viscosidad dinámica del asfalto diluido MC-30 con adiciones de aceite de palma

El ensayo de viscosidad se realizó con el Viscosímetro Brookfield, para lo cual se utilizó una muestra de 18 ml (MC-30 + 0% AP), (MC-30 + 5% AP), (MC-30 + 10% AP), (MC-30 + 20% AP), (MC-30 + 30% AP) u (MC-30 + 40% AP), que fue cargado en los tubos de ensayo y luego cargado en el viscosímetro. Se ha podido apreciar un descenso de la viscosidad a medida que se incrementa la temperatura y aumenta el % de aceite de palma, que es lo que se esperaba de acuerdo con las curvas típicas de viscosidad.



Figura 28. Ensayo de viscosidad dinámica del asfalto diluido MC-30 + % aceite de palma

Fuente: Elaboración propia

Tercero: Se realizaron moldes de secciones 0.40m x 0.40m contenidas de material de base granular, posterior a ello se realizó el proceso de imprimación con los 6 tratamientos de esta investigación. Transcurrido las 24 horas después del proceso de imprimación se continuo con la medición de la película de interfaz y la penetración en el material de base granular.



Figura 29. Medición del espesor del material usado para el riego imprimante

Fuente: Elaboración propia



Figura 30. Medición de la penetración del material usado para el riego imprimante

Fuente: Elaboración propia

Cuarto: Se recopila toda la información de los ensayos tanto al material de base granular como de los materiales (Asfalto diluido MC-30 y Aceite de palma).



Figura 31. Registro de información en los formatos de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En este contenido se muestran los resúmenes provenientes de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos y Asfalto.

4.1.1. Aceite de palma en la viscosidad del asfalto diluido MC-30

4.1.1.1. Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 0% de Aceite de Palma

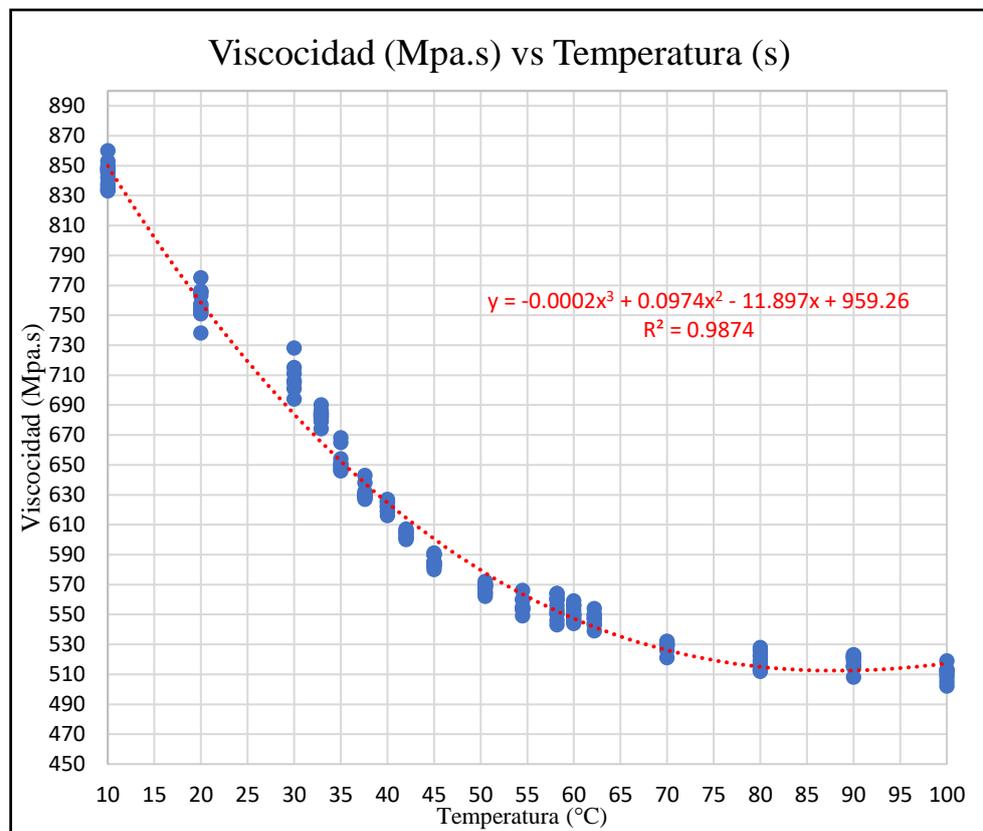


Figura 32. Viscosidad del Asfalto Diluido MC-30 en relación con la Temperatura °C

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra la típica curva Viscosidad - Temperatura, para una muestra de MC-30 con 0% de adición de aceite de palma, se denota una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la temperatura; la medición se realizó desde los 10°C a 100°C, obteniéndose un valor inicial a 10°C de 833.0 mPa.s el cual fue

bajando a un valor de 738.0 mPa.s a 20°C, a 694.0 mPa.s a 30°C, a 619.0 mPa.s a 40°C, a 564.0 mPa.s a 50°C, a 544.0 mPa.s a 60°C, a 521.0 mPa.s a 70°C, a 512.0 mPa.s a 80°C, a 508.0 mPa.s a 90°C y finalmente 502.0 mPa.s a 100°C.

4.1.1.2. Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 5% de Aceite de Palma

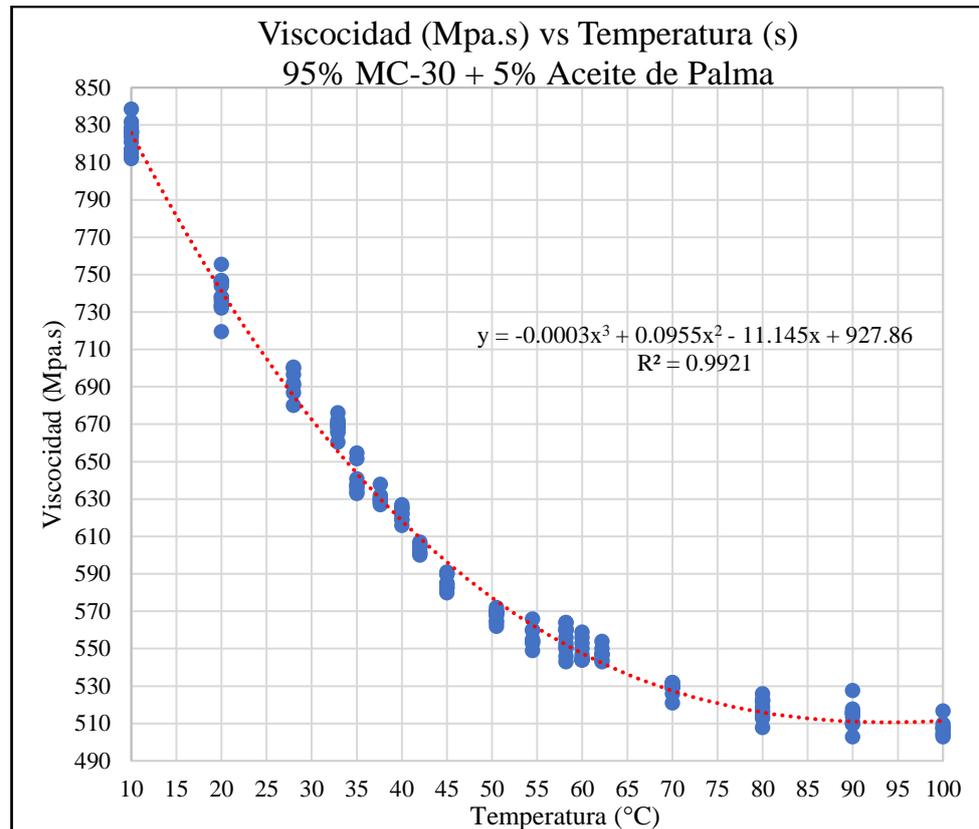


Figura 33. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 5% de Aceite de Palma

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra la típica curva Viscosidad - Temperatura, para una muestra de MC-30 con 5% de adición de aceite de palma, se denota una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la temperatura; la medición se realizó desde los 10°C a 100°C, obteniéndose un valor inicial a 10°C de 838.50 mPa.s el cual fue bajando a un valor de 739 mPa.s a 20°C, a 660m mPa.s a 30°C, a 609 mPa.s a 40°C, a 564 mPa.s a 50°C, a 547 mPa.s a 60°C, a 528 ,mPa.s a 70°C, a 517 mPa.s a 80°C, a 514 mPa.s a 90°C y finalmente en promedio de 507 mPa.s a 100°C. Comparado con la muestra patrón de asfalto recortado MC-30 sin adición de aceite de palma, esta muestra un ligero descenso de la viscosidad, denotando una influencia del aceite de palma en la viscosidad del asfalto para la imprimación.

4.1.1.3. Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 10% de Aceite de Palma

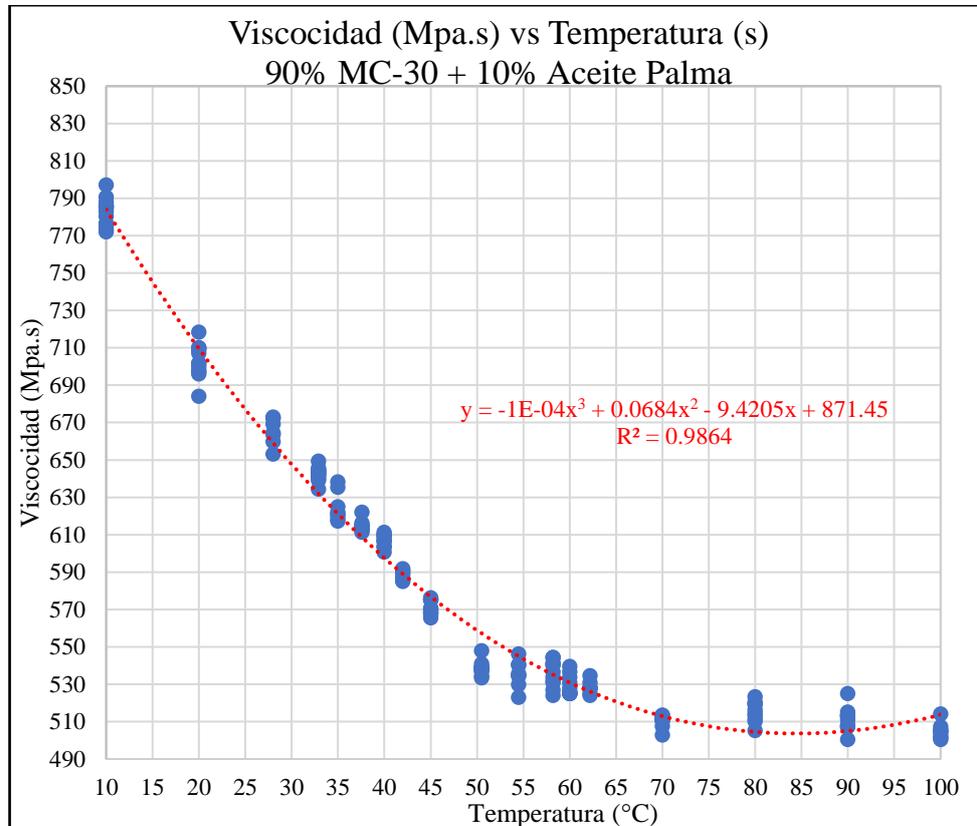


Figura 34. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 10% de Aceite de Palma

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra la típica curva Viscosidad - Temperatura, para una muestra de MC-30 con 10% de adición de aceite de palma, se denota una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la temperatura; la medición se realizó desde los 10°C a 100°C, obteniéndose un valor inicial a 10°C de 782.00 mPa.s el cual fue bajando a un valor de 702 mPa.s a 20°C, a 642 mPa.s a 30°C, a 604 mPa.s a 40°C, a 550 mPa.s a 50°C, a 528 mPa.s a 60°C, a 510 mPa.s a 70°C, a 515 mPa.s a 80°C, a 511 mPa.s a 90°C y finalmente en promedio de 505 mPa.s a 100°C. Comparado con la muestra patrón de asfalto recortado MC-30 sin adición de aceite de palma, esta muestra un ligero descenso de la viscosidad, denotando una influencia del aceite de palma en la viscosidad del asfalto para la imprimación.

4.1.1.4. Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 20% de Aceite de Palma

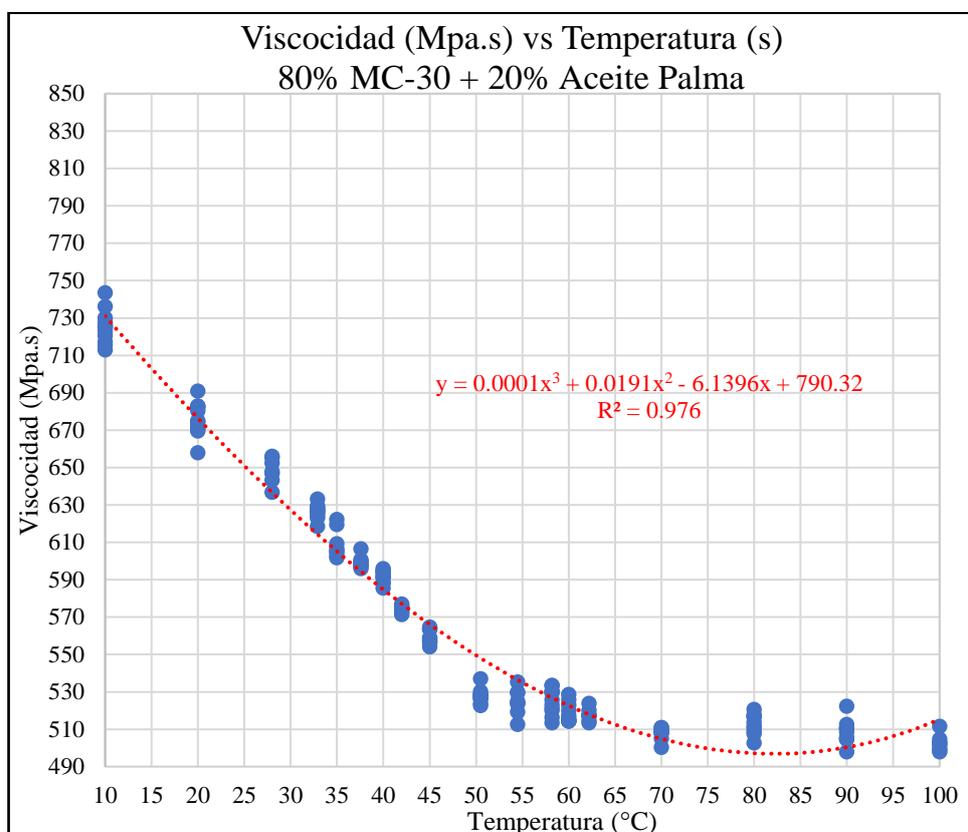


Figura 35. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 20% de Aceite de Palma

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra la típica curva Viscosidad - Temperatura, para una muestra de MC-30 con 20% de adición de aceite de palma, se denota una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la temperatura; la medición se realizó desde los 10°C a 100°C, obteniéndose un valor inicial a 10°C de 725 mPa.s el cual fue bajando a un valor de 676 mPa.s a 20°C, a 635 mPa.s a 30°C, a 594 mPa.s a 40°C, a 540 mPa.s a 50°C, a 520 mPa.s a 60°C, a 507 mPa.s a 70°C, a 512 mPa.s a 80°C, a 508 mPa.s a 90°C y finalmente en promedio de 502 mPa.s a 100°C. Comparado con la muestra patrón de asfalto recortado MC-30 sin adición de aceite de palma, esta muestra un ligero descenso de la viscosidad, denotando una influencia del aceite de palma en la viscosidad del asfalto para la imprimación.

4.1.1.5. Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 30% de Aceite de Palma

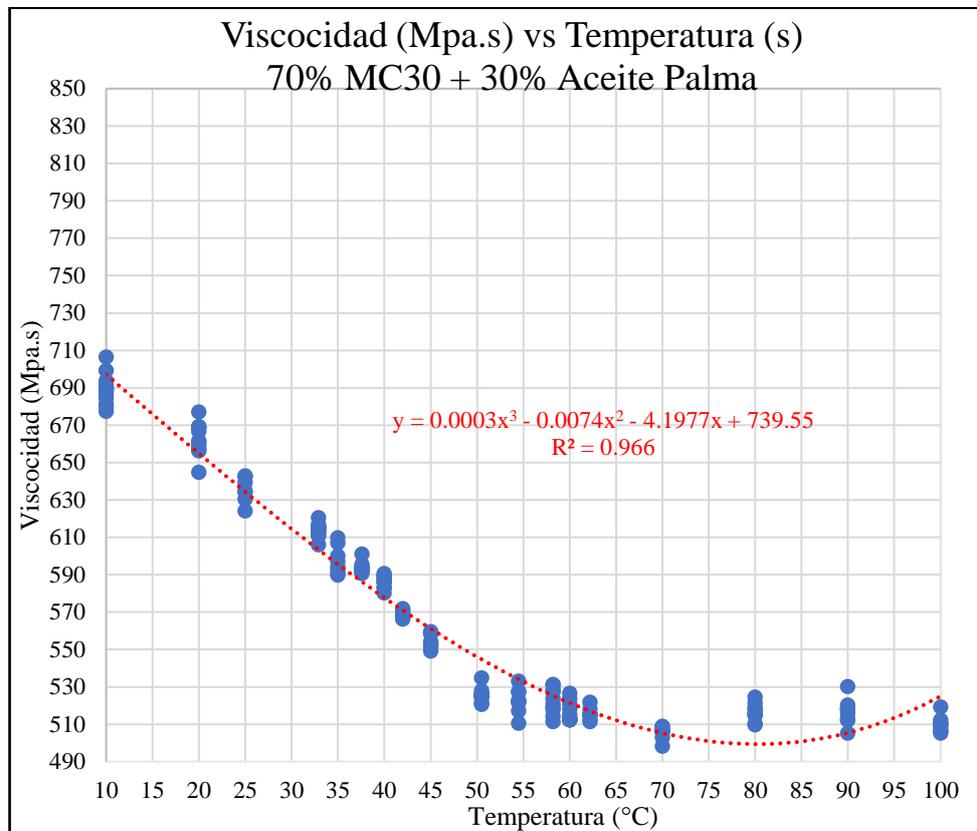


Figura 36. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 30% de Aceite de Palma

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra la típica curva Viscosidad - Temperatura, para una muestra de MC-30 con 30% de adición de aceite de palma, se denota una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la temperatura; la medición se realizó desde los 10°C a 100°C, obteniéndose un valor inicial a 10°C de 689 mPa.s el cual fue bajando a un valor de 662 mPa.s a 20°C, a 614 mPa.s a 30°C, a 575 mPa.s a 40°C, a 524 mPa.s a 50°C, a 518 mPa.s a 60°C, a 505 mPa.s a 70°C, a 516 mPa.s a 80°C, a 516 mPa.s a 90°C y finalmente en promedio de 510 mPa.s a 100°C. Comparado con la muestra patrón de asfalto recortado MC-30 sin adición de aceite de palma, esta muestra un considerable descenso de la viscosidad, denotando una influencia del aceite de palma en la viscosidad del asfalto para la imprimación. También se puede apreciar un estancamiento a partir de los 60°C.

4.1.1.6. Análisis de la viscosidad del Asfalto MC-30 con adición de 40 % de Aceite de Palma

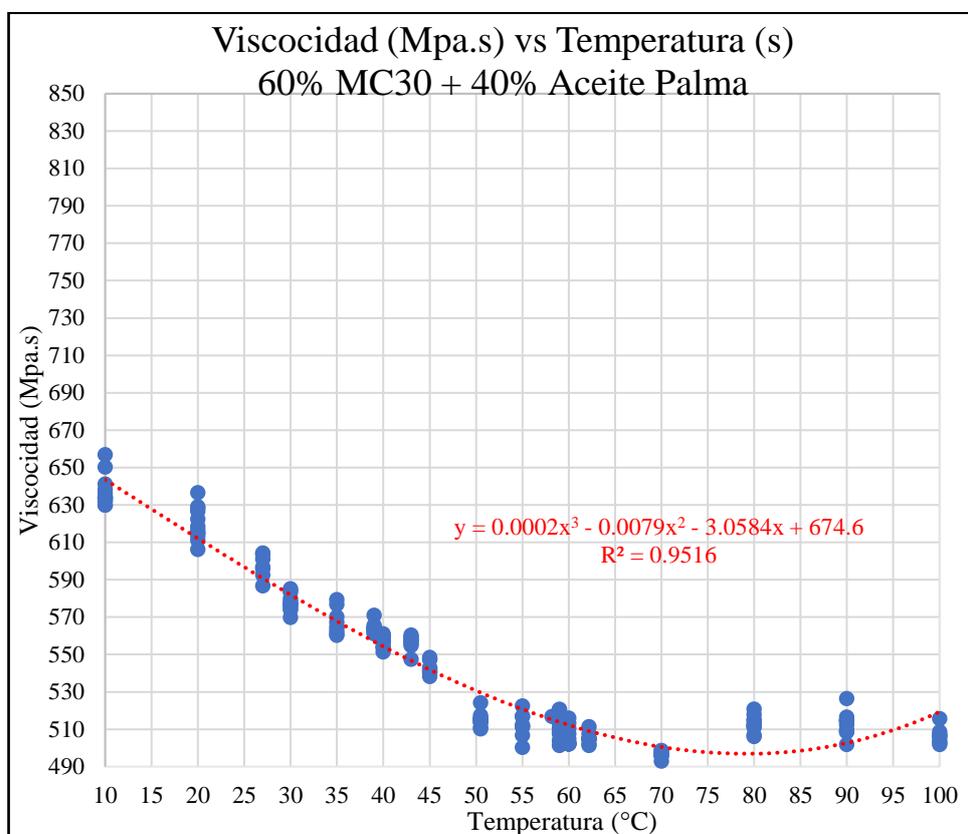


Figura 37. Curva viscosidad - Temperatura de Asfalto Recortado MC-30 + 40% de Aceite de Palma

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra la típica curva Viscosidad - Temperatura, para una muestra de MC-30 con 40% de adición de aceite de palma, se denota una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la temperatura; la medición se realizó desde los 10°C a 100°C, obteniéndose un valor inicial a 10°C de 637 mPa.s el cual fue bajando a un valor de 620 mPa.s a 20°C, a 580 mPa.s a 30°C, a 554 mPa.s a 40°C, a 514 mPa.s a 50°C, a 508 mPa.s a 60°C, a 495 mPa.s a 70°C, a 512 mPa.s a 80°C, a 512 mPa.s a 90°C y finalmente en promedio de 506 mPa.s a 100°C. Comparado con la muestra patrón de asfalto recortado MC-30 sin adición de aceite de palma, esta muestra un considerable descenso de la viscosidad, denotando una influencia del aceite de palma en la viscosidad del asfalto para la imprimación. También se puede apreciar un estancamiento a partir de los 60°C.

4.1.2. Aceite de palma en el espesor del asfalto residual de la interfaz

4.1.2.1. Análisis del espesor del asfalto residual a 30 °C de temperatura

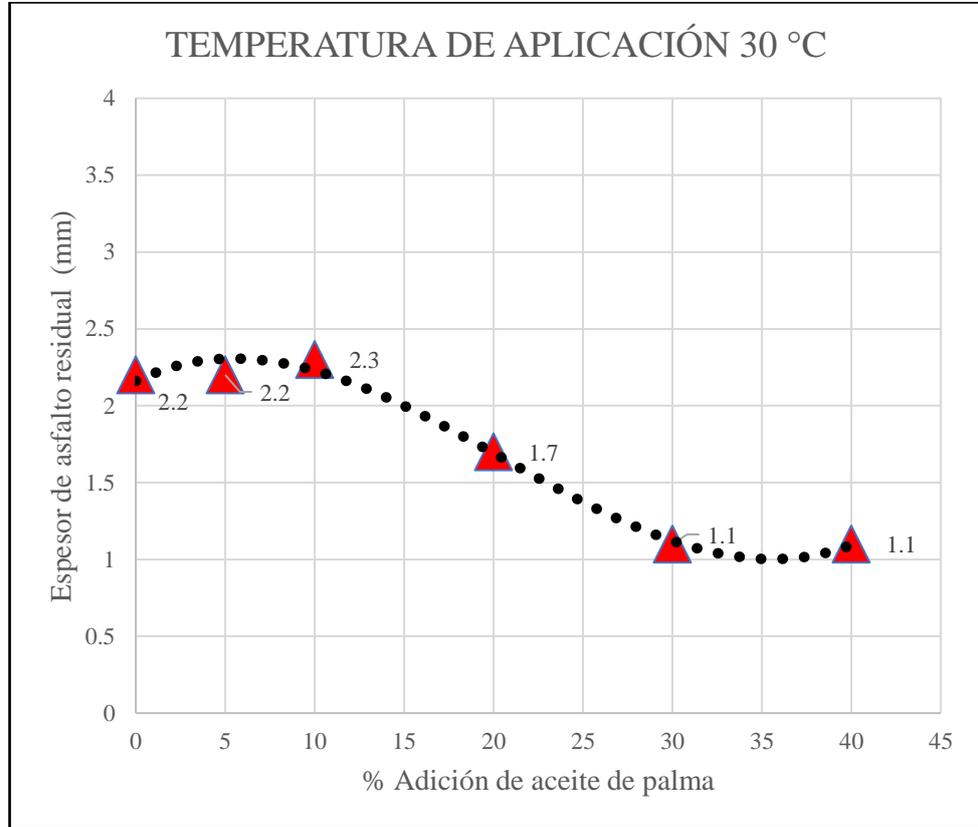


Figura 38. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 30 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 30°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 1.10 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.30mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.77 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será

netamente referencial.

4.1.2.2. Análisis del espesor del asfalto residual a 40 °C de temperatura

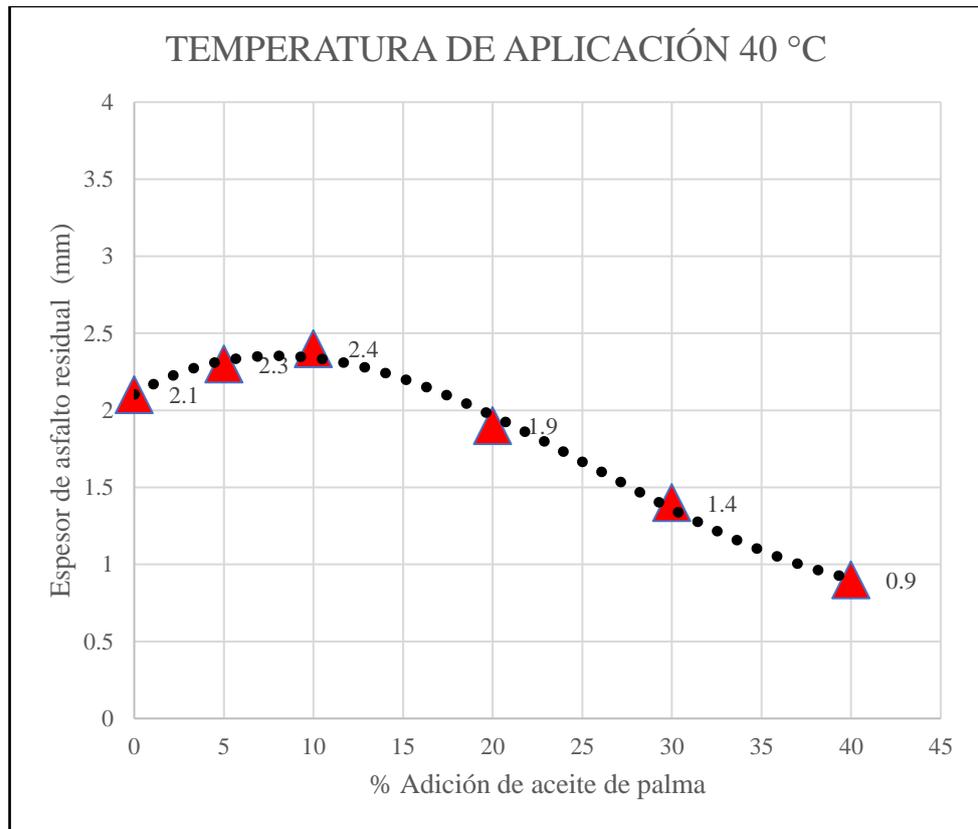


Figura 39. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 40 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 40°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 0.90 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.40mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.83 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial.

4.1.2.3. Análisis del espesor del asfalto residual a 50 °C de temperatura

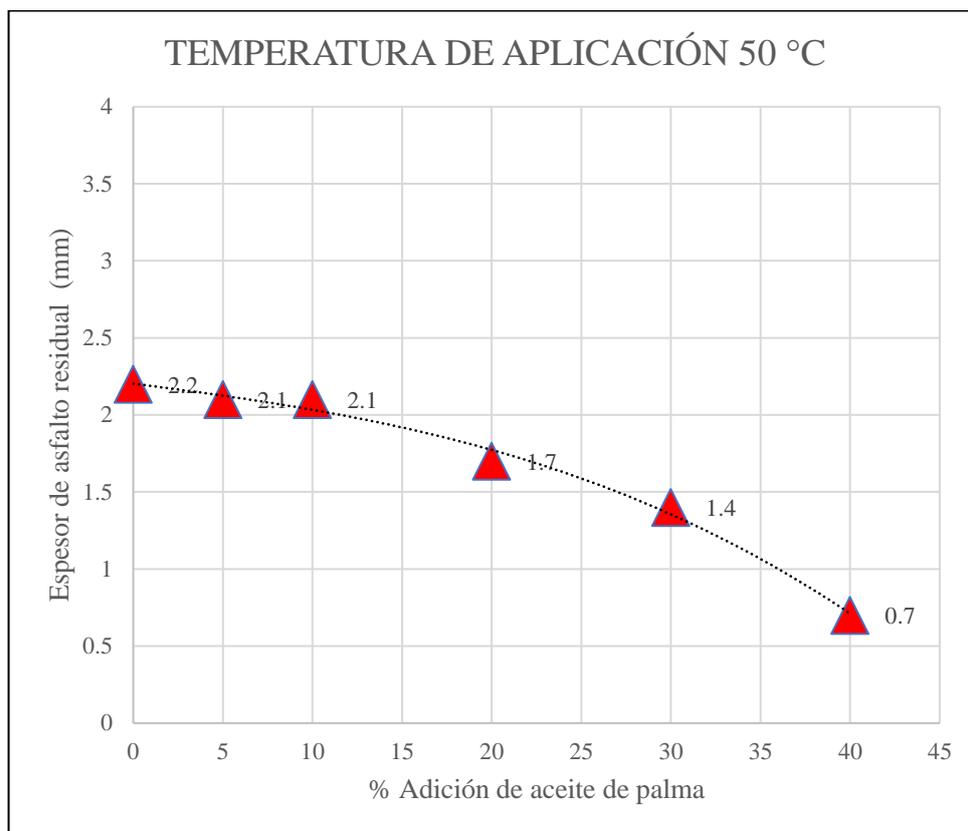


Figura 40. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 50 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 50°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 0.70 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.20mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.70 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial.

4.1.2.4. Análisis del espesor del asfalto residual a 60 °C de temperatura

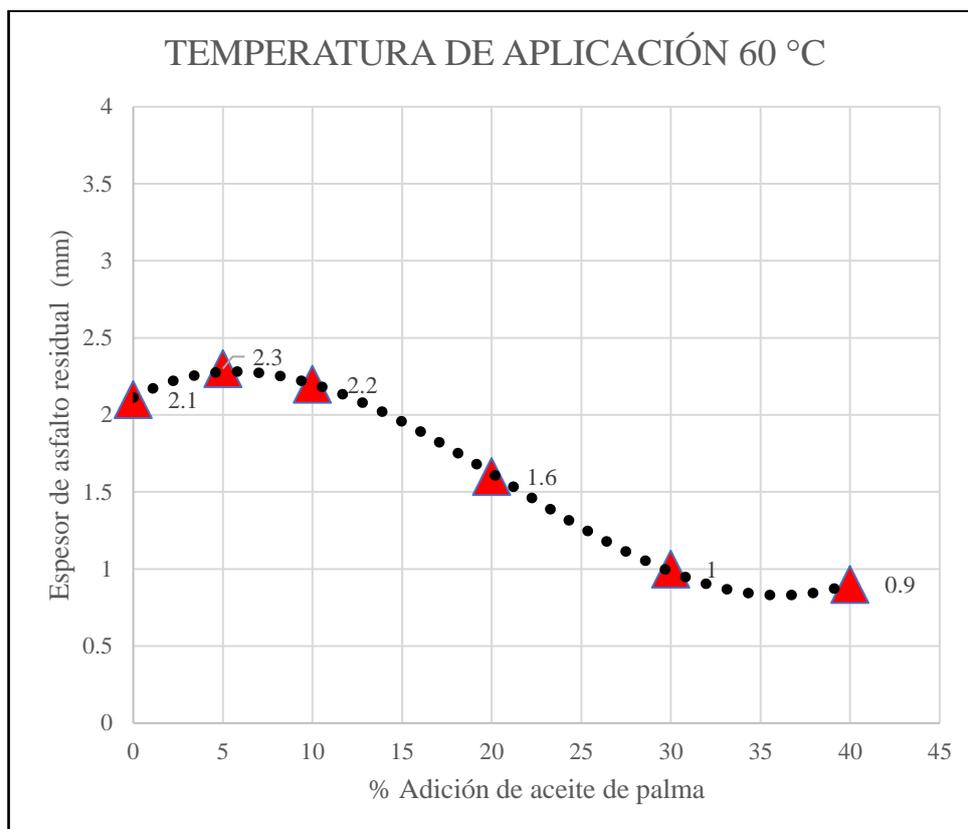


Figura 41. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 60 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 60°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 0.90 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.30mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.68 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial.

4.1.2.5. Análisis del espesor del asfalto residual a 70 °C de temperatura

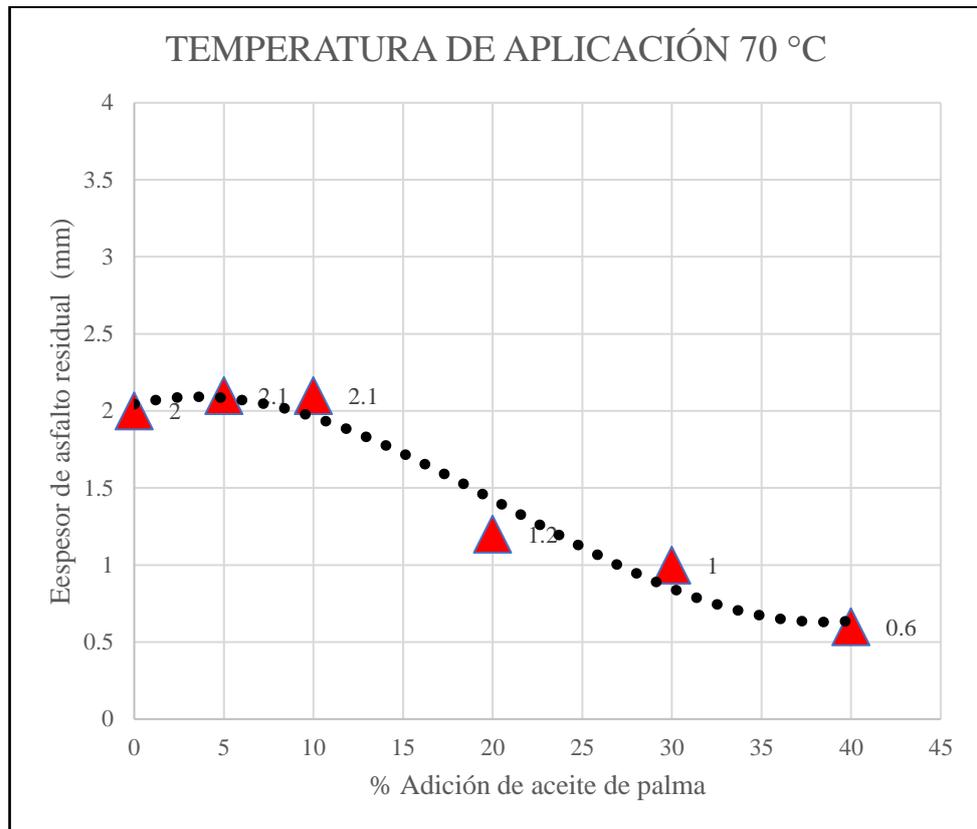


Figura 42. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 70 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 70°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 0.60 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.10mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.50 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial.

4.1.2.6. Análisis del espesor del asfalto residual a 80 °C de temperatura

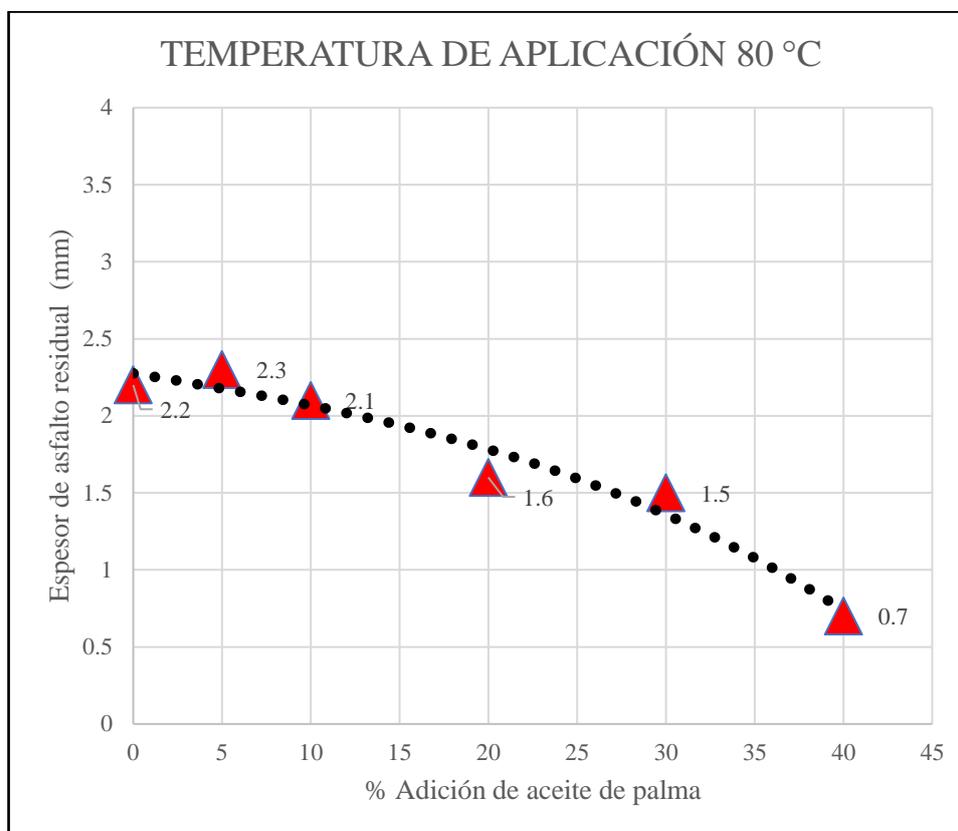


Figura 43. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 80 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 80°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 0.70 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.30mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.73 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial.

4.1.2.7. Análisis del espesor del asfalto residual a 90 °C de temperatura

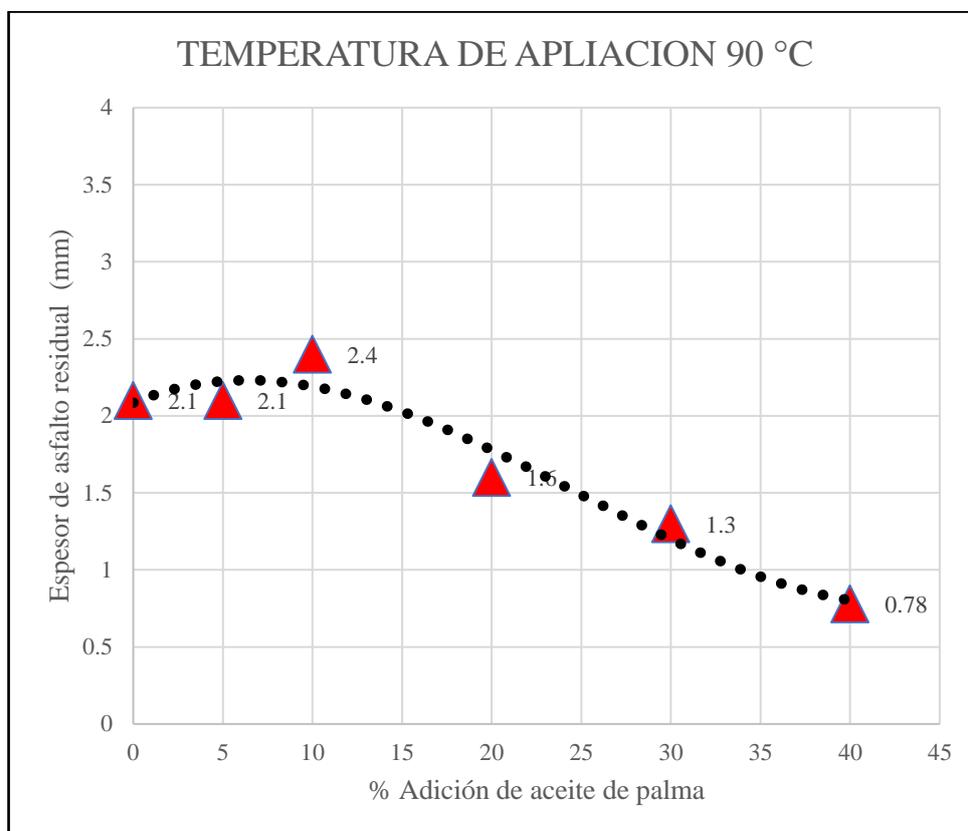


Figura 44. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 90 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 90°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 0.78 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.40mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.71 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial.

4.1.2.8. Análisis del espesor del asfalto residual a 100 °C de temperatura

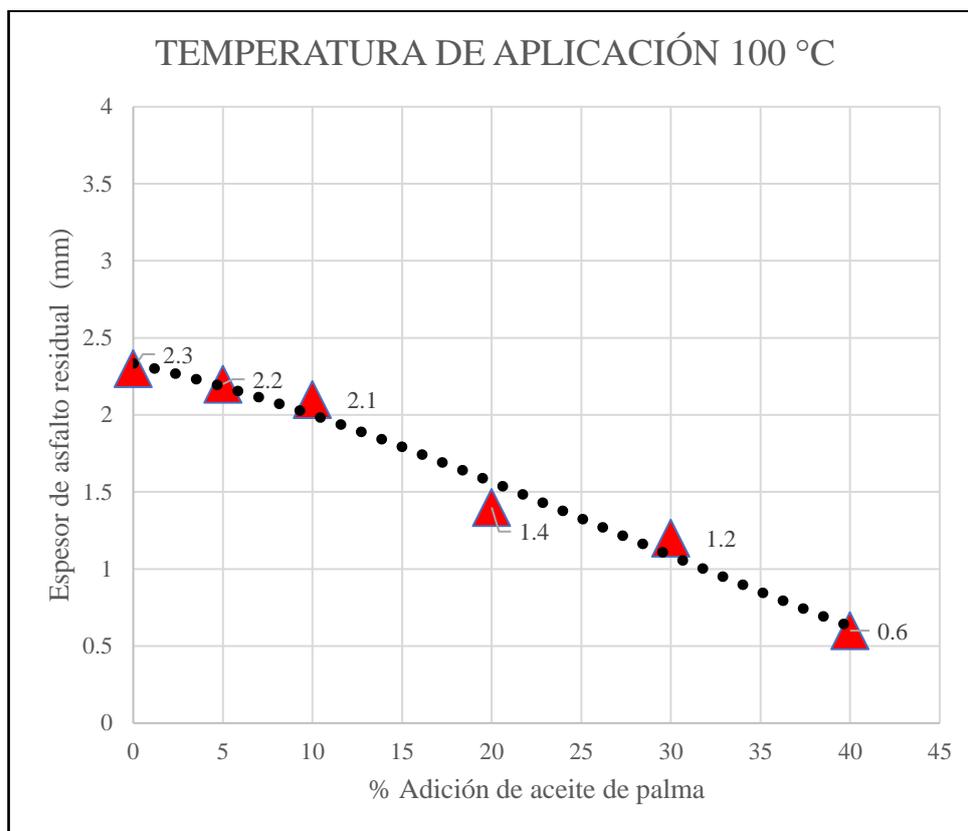


Figura 45. Espesor de la película de asfalto residual en la Interfaz - Temperatura 100 °C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica el espesor de la película de asfalto residual que se ubica en la zona de contacto con la base, la cual se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 100°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar los datos con un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la sustitución de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 0.60 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.30mm para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.63 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial.

4.1.3. Aceite de palma en la penetración del asfalto recortado

4.1.3.1. Análisis de la penetración a 30 °C de temperatura

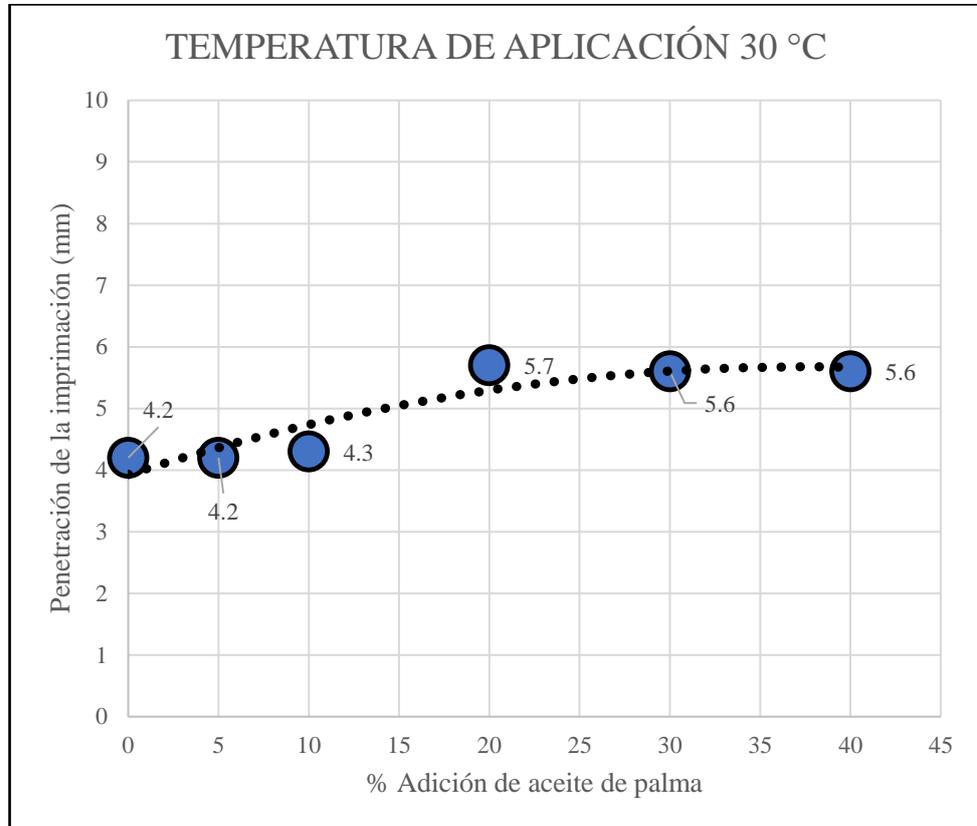


Figura 46. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 30°C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 30°C para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.20mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 5.70mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 4.93 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual no es recomendable ya que apenas se puede rebasar el valor mínimo.

4.1.3.2. Análisis de la penetración a 40 °C de temperatura

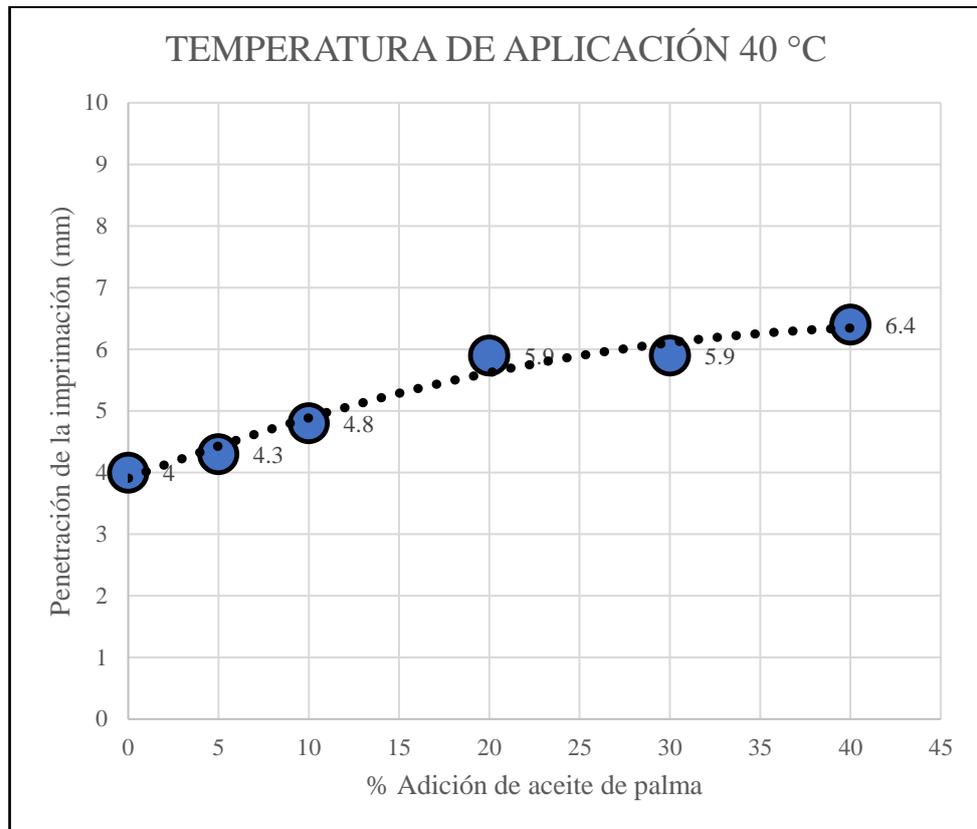


Figura 47. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 40°C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 40°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.00mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 6.40mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 5.22 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual no es recomendable ya que apenas se puede rebasar el valor mínimo.

4.1.3.3. Análisis de la penetración a 50 °C de temperatura

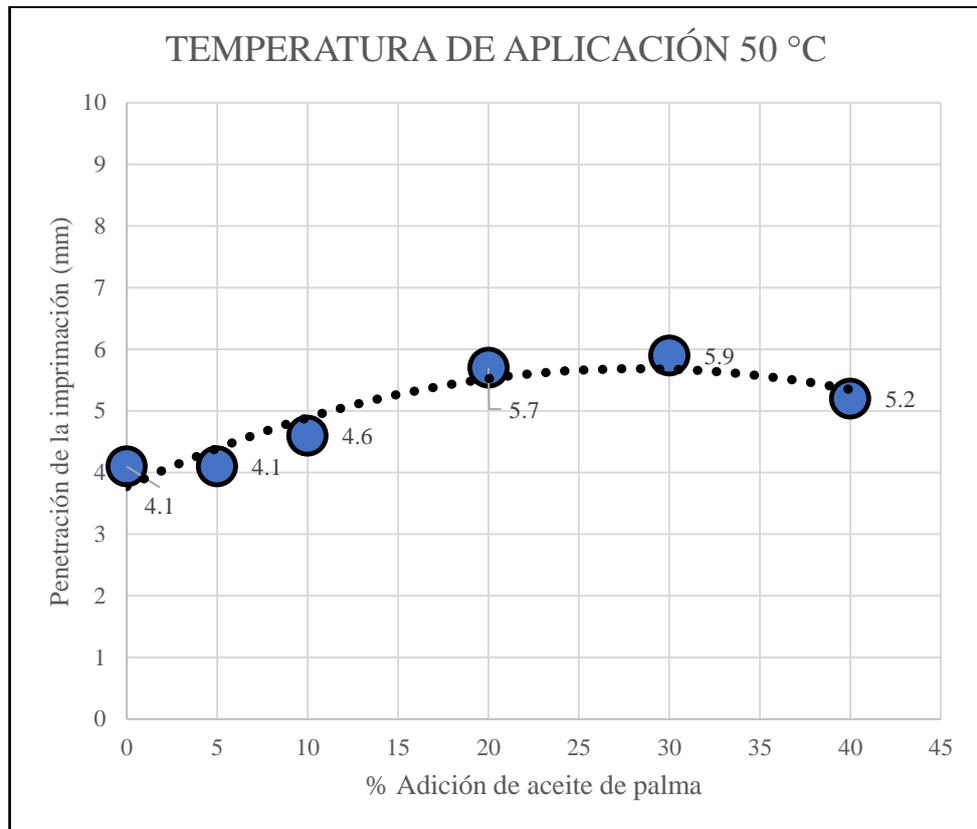


Figura 48. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 50°C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 50°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.10mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 5.99mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 4.93 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual tampoco no es recomendable ya que apenas se puede rebasar el valor mínimo.

4.1.3.4. Análisis de la penetración a 60 °C de temperatura

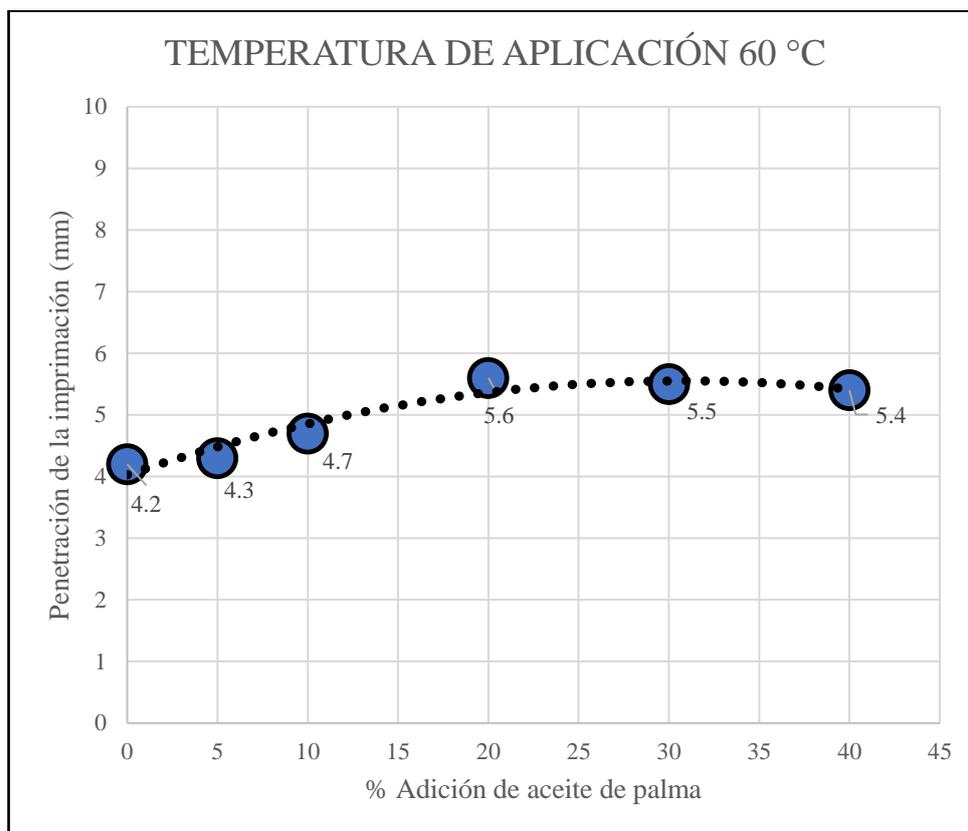


Figura 49. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 60°C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 60°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.20mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 5.60mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 4.95 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual tampoco no es recomendable ya que apenas se puede rebasar el valor mínimo.

4.1.3.5. Análisis de la penetración a 70 °C de temperatura

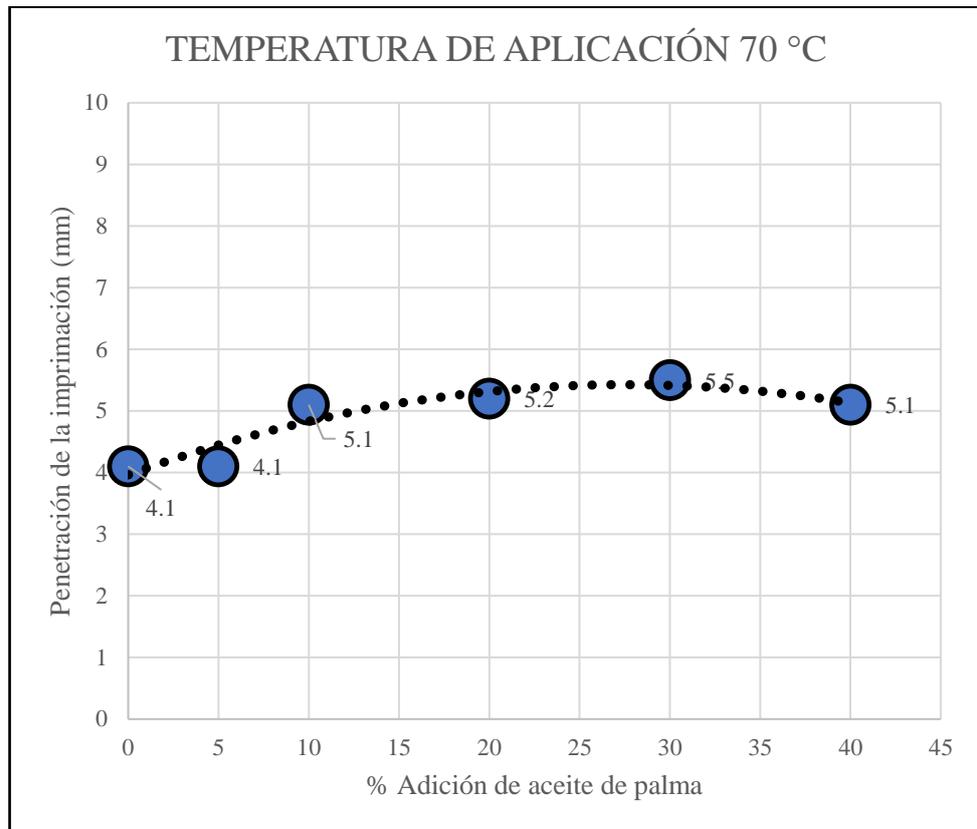


Figura 50. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 70°C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 70°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.10mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 5.50mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 4.85 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual tampoco no es recomendable ya que apenas se puede rebasar el valor mínimo.

4.1.3.6. Análisis de la penetración a 80 °C de temperatura

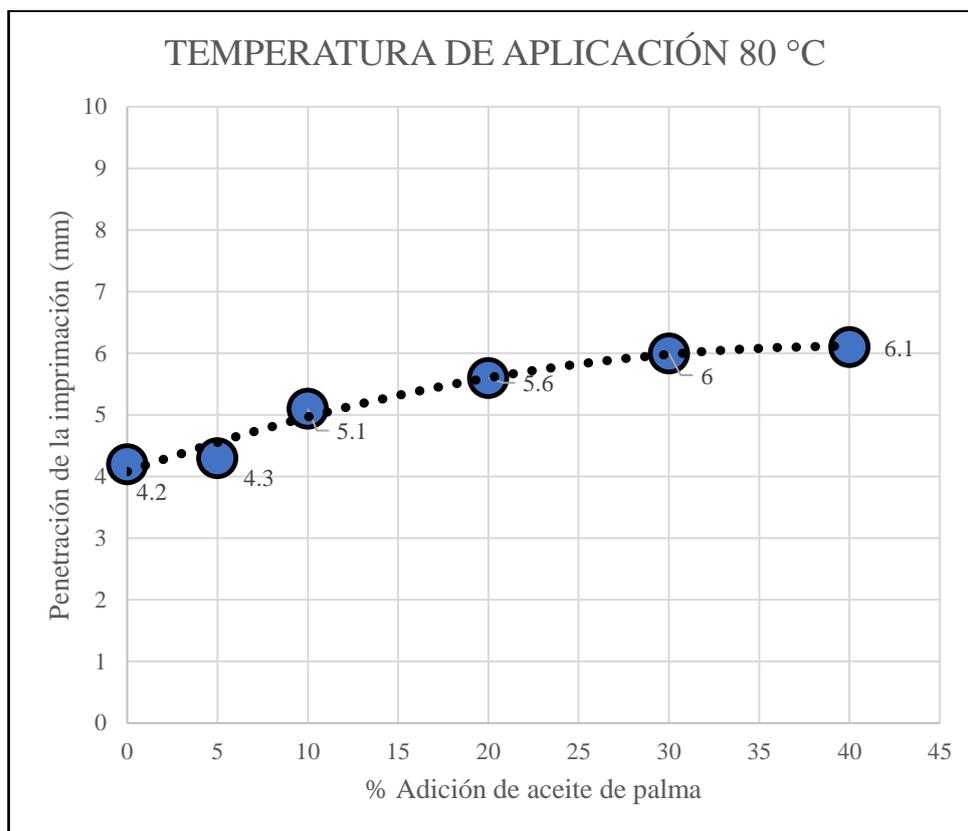


Figura 51. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 80°C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 80°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.20mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 6.10mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 5.22 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual a partir de esta temperatura ya se cumple con el requerimiento indicado en las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

4.1.3.7. Análisis de la penetración a 90 °C de temperatura

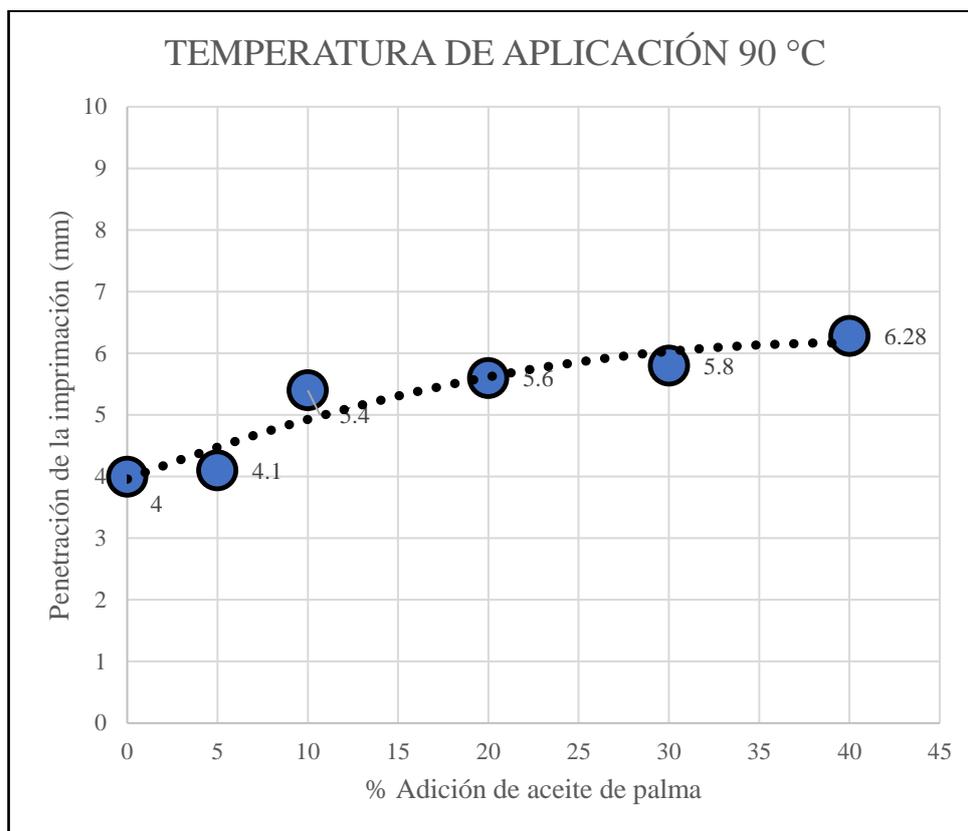


Figura 52. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 90°C
Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 90°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.00mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 6.28mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 5.20 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual a partir de esta temperatura ya se cumple con el requerimiento indicado en las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

4.1.3.8. Análisis de la penetración a 100 °C de temperatura

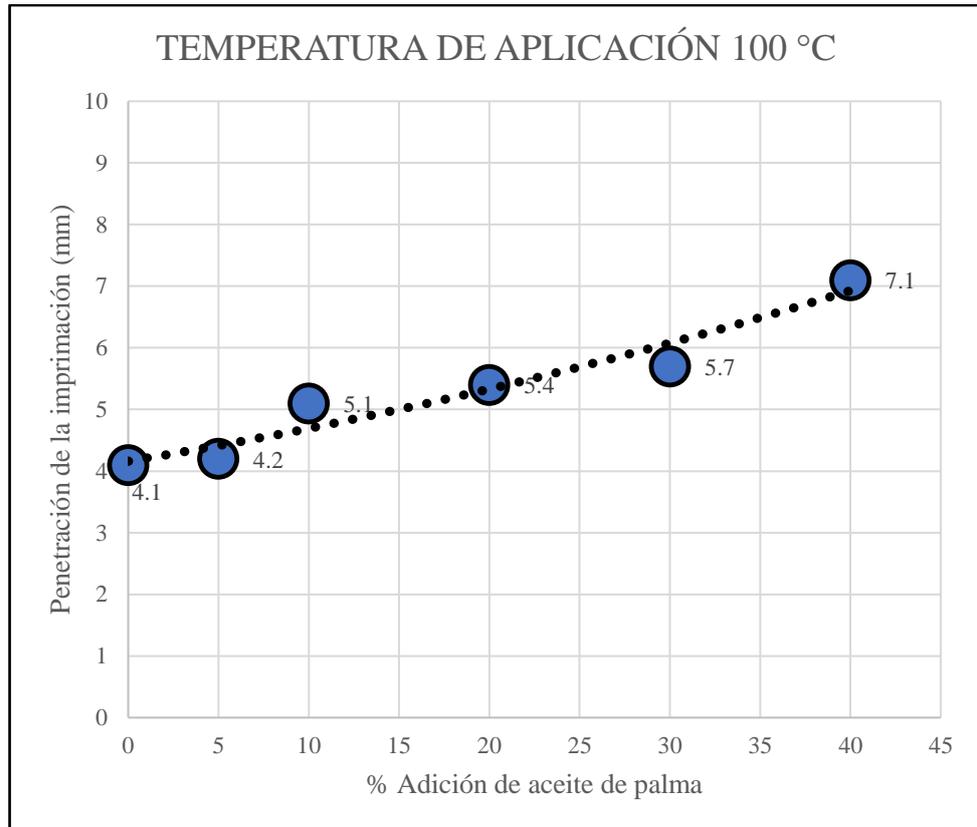


Figura 53. Penetración de la Imprimación Asfáltica con MC-30 aplicado a 100°C

Fuentes: Elaboración propia

La gráfica indica los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 100°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Para esta temperatura se pudo registrar un incremento en la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.10mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 7.10mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 5.27 mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual a partir de esta temperatura ya se cumple con el requerimiento indicado en las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Aceite de palma en la viscosidad del asfalto diluido MC-30

Se realizó el análisis de varianza utilizando el método de Tukey con una confianza del 95% para el análisis de la viscosidad del asfalto diluido con la aplicación del aceite de palma al (5%, 10%, 20%, 30% y 40%).

H0: La adición de aceite de palma influye significativamente en la viscosidad del asfalto diluido MC-30. ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$)

H1: La adición de aceite de palma no influye significativamente en la viscosidad del asfalto diluido MC-30. ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$)

Los resultados de la viscosidad del asfalto diluido MC-30 se muestran a continuación:

Tabla 13

Prueba de hipótesis - Viscosidad del asfalto MC-30

N.º de Pruebas	Viscosidad del asfalto MC-30					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
1	833	838.5	782	725	689	637
2	738	739	702	676	662	620
3	694	660	642	635	614	580
4	619	609	604	594	575	554
5	564	564	550	540	524	514
6	544	547	528	520	518	508
7	521	528	510	507	505	495
8	512	517	515	512	516	512
9	508	514	511	508	516	512
10	502	507	505	502	510	506
TOTAL	6035	6023.5	5849	5719	5629	5438
Promedio	1097.3	1095.2	1063.5	1039.8	1023.5	988.7

Fuentes: Elaboración propia

A partir de la tabla mostrada anteriormente, se desarrolló el diseño completamente al azar del cual se obtuvo el siguiente análisis de varianza:

Tabla 14

Análisis de varianza - Viscosidad del asfalto MC-30

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	27253.3875	5	5450.6775	0.66952071	0.64821886	2.38606986
Dentro de los grupos	439622.825	54	8141.16343			
Total	466876.213	59				

Fuentes: Elaboración propia

El análisis de varianza muestra que el F calculado es menor al F tabulado ($0.66952071 < 4.066$); por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, de donde se deduce que las medias de los tratamientos son iguales. Y para el cual se desarrolla la prueba de Tukey para verificar que las medias son diferentes estadísticamente.

Al desarrollar el análisis de varianza por Tukey se visualiza el subconjunto de la viscosidad del asfalto MC-30 obtenido en la siguiente tabla:

Tabla 15

Análisis de varianza Tukey - Viscosidad del asfalto MC-30

<i>Viscosidad del asfalto MC-30</i>		
<i>HSD Tukey^a</i>		
<i>N° de pruebas</i>	<i>N</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>
		<i>I</i>
5,00	10	543,8000
4,00	10	562,9000
3,00	10	571,9000
2,00	10	584,9000
1,00	10	602,3500
,00	10	603,5000
Sig.		,679
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.		

Fuente: Elaboración propia

Interpretando de la prueba de hipótesis de Tukey, la cual se emplea cuando las medias de los tratamientos son similares, el T0, T1, T2, T3, T4 y T5, es decir, la viscosidad del asfalto diluido con la aplicación del aceite de palma al 0%, 5%, 10%, 20%, 30% y 40%, presentan medias similares. Entonces se concluye que todos los tratamientos son estadísticamente similares y se resalta que el T0 es el que proporciona mejores resultados.

4.2.2. Aceite de palma en el espesor del asfalto residual de la interfaz

Se realizó el análisis de varianza utilizando el método de Tukey con una confianza del 95% para el análisis del espesor del asfalto residual de la interfaz con la aplicación del aceite de palma al (5%, 10%, 20%, 30% y 40%).

H0: La adición de aceite de palma influye significativamente en el espesor del asfalto residual de la interfaz. ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$)

H1: La adición de aceite de palma no influye significativamente en el espesor del asfalto residual de la interfaz. ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$)

Los resultados del espesor del asfalto residual de la interfaz se muestran a continuación:

Tabla 16

Prueba de hipótesis - Espesor del asfalto residual de la interfaz

N.º de Pruebas	Espesor del asfalto residual de la interfaz					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
1	2.2	2.2	2.3	1.7	1.1	1.1
2	2.1	2.3	2.4	1.9	1.4	0.9
3	2.2	2.1	2.1	1.7	1.4	0.7
4	2.1	2.3	2.2	1.6	1.0	0.9
5	2.0	2.1	2.1	1.2	1.0	0.6
6	2.2	2.3	2.1	1.6	1.5	0.7
7	2.1	2.1	2.4	1.6	1.3	0.78
8	2.3	2.2	2.1	1.4	1.2	0.6
TOTAL	17.2	17.6	17.7	12.7	9.9	6.28
Promedio	2.2	2.2	2.2	1.6	1.2	0.8

Fuentes: Elaboración propia

A partir de la tabla mostrada anteriormente, se desarrolló el diseño completamente al azar del cual se obtuvo el siguiente análisis de varianza:

Tabla 17

Análisis de varianza - Espesor del asfalto residual de la interfaz

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	14.2305417	5	2.84610833	116.638093	1.68304E-23	2.43769264
Dentro de los	1.02485	42	0.02440119			
Total	15.2553917	47				

Fuentes: Elaboración propia

El análisis de varianza muestra que el F calculado es mayor al F tabulado ($116.6380 > 2.4377$); por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, de donde se deduce que las medias de los tratamientos son diferentes. Y para el cual se desarrolla la prueba de Duncan para verificar que las medias son diferentes estadísticamente.

Al desarrollar el análisis de varianza por Tukey se visualiza el subconjunto del espesor del asfalto residual del interfaz obtenido en la siguiente tabla:

Tabla 18

Análisis de varianza Tukey - Espesor del asfalto residual de la interfaz

Espesor del asfalto residual de la interfaz					
<i>HSD Tukey^a</i>					
N° de pruebas	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
5,00	8	,7850			
4,00	8		1,2375		
3,00	8			1,5875	
,00	8				2,1500
1,00	8				2,2000
2,00	8				2,2125
Sig.		1,000	1,000	1,000	,966
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,000.					

Fuente: Elaboración propia

Interpretando de la prueba de hipótesis de Tukey, la cual se emplea cuando las medias de los tratamientos son similares, el T0, T1 y T2, es decir, el espesor del asfalto residual con la aplicación del aceite de palma al 0%, 5% y 10%, presentan medias similares. Mientras que los tratamientos T3, T4 y T5, es decir, el espesor del asfalto residual con la aplicación del aceite de palma al 20%, 30% y 40%, no presentan medias

similares. Entonces se concluye que los tratamientos T0, T1 y T2 son estadísticamente similares y se resalta que el T2 es el que proporciona mejores resultados.

4.2.3. Aceite de palma en la penetración del asfalto recortado

Se realizó el análisis de varianza utilizando el método de Tukey con una confianza del 95% para el análisis de la penetración del asfalto recortado con la aplicación del aceite de palma al (5%, 10%, 20%, 30% y 40%).

H0: La adición de aceite de palma influye significativamente en la penetración del asfalto recortado. ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$)

H1: La adición de aceite de palma no influye significativamente en la penetración del asfalto recortado. ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$)

Los resultados de la penetración del asfalto recortado se muestran a continuación:

Tabla 19

Prueba de hipótesis - Penetración del asfalto recortado

N.º de Pruebas	Penetración del asfalto recortado					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
1	4.2	4.2	4.3	5.7	5.6	5.6
2	4.0	4.3	4.8	5.9	5.9	6.4
3	4.1	4.1	4.6	5.7	5.9	5.2
4	4.2	4.3	4.7	5.6	5.5	5.4
5	4.1	4.1	5.1	5.2	5.5	5.1
6	4.2	4.3	5.1	5.6	6.0	6.1
7	4.0	4.1	5.4	5.6	5.8	6.28
8	4.1	4.2	5.1	5.4	5.7	7.1
TOTAL	32.9	33.6	39.1	44.7	45.9	47.18
Promedio	4.1	4.2	4.9	5.6	5.7	5.9

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla mostrada anteriormente, se desarrolló el diseño completamente al azar del cual se obtuvo el siguiente análisis de varianza:

Tabla 20

Análisis de varianza - Penetración del asfalto recortado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	24.8410417	5	4.96820833	42.6774009	2.1044E-15	2.43769264
Dentro de los grupos	4.88935	42	0.1164131			
Total	29.7303917	47				

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza muestra que el F calculado es mayor al F tabulado ($42.6774 > 2.4377$); por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, de donde se deduce que las medias de los tratamientos son diferentes. Y para el cual se desarrolla la prueba de Tukey para verificar que las medias son diferentes estadísticamente.

Al desarrollar el análisis de varianza por Tukey se visualiza el subconjunto del espesor del asfalto residual del interfaz obtenido en la siguiente tabla:

Tabla 21

Análisis de varianza Tukey - Penetración del asfalto recortado

Penetración del asfalto recortado				
<i>HSD Tukey^a</i>				
<i>N° de pruebas</i>	<i>N</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>		
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
,00	8	4,1125		
1,00	8	4,2000		
2,00	8		4,8875	
3,00	8			5,5875
4,00	8			5,7375
5,00	8			5,8975
Sig.		,995	1,000	,466
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,000.				

Fuente: Elaboración propia

Interpretando de la prueba de hipótesis de Tukey, la cual se emplea cuando las medias de los tratamientos son similares, el T0 y T1, es decir, la penetración del asfalto recortado con la aplicación del aceite de palma al 0% y 5%, presentan medias similares. Y los tratamientos T3, T4 y T5, es decir, la penetración del asfalto recortado con la aplicación del aceite de palma al 20%, 30% y 40%, también presentan medias similares. Entonces se

concluye que los tratamientos T0 y T1 son estadísticamente similares, los tratamientos T3, T4 y T5 también son estadísticamente similares y se resalta que el T5 es el que proporciona mejores resultados.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Aceite de palma en la viscosidad del asfalto diluido MC-30

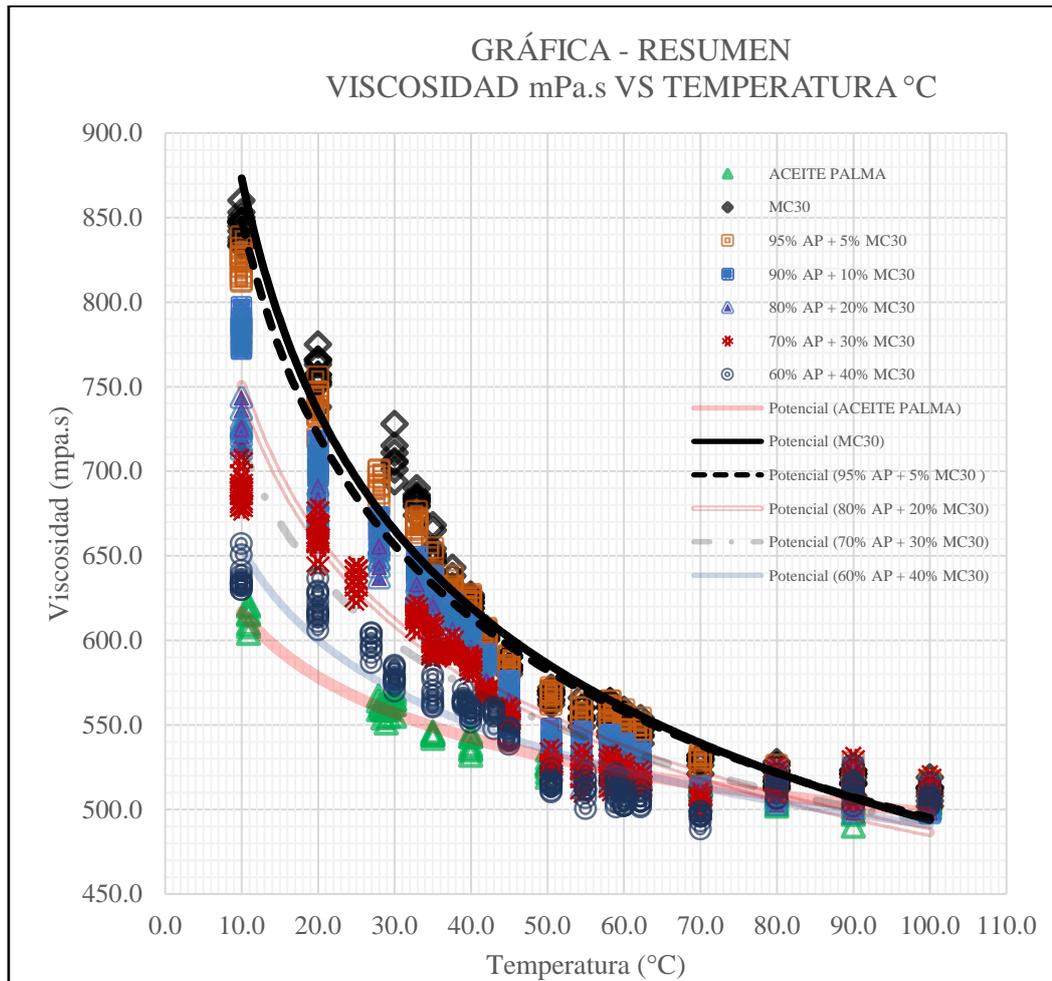


Figura 54. Resumen de la Viscosidad del Asfalto MC-30 con la adición (5%, 10%, 20%, 30% y 40%) de Aceite de Palma

Fuentes: Elaboración propia

La investigación ha demostrado que tanto en el caso del asfalto recortado MC-30 y el aceite de palma, ambos muestran viscosidades altas a temperaturas bajas y muestran disminución a medida que la temperatura aumenta. El rango de temperaturas elegido para realizar las mediciones fue de 10°C a 100°C, teniendo en cuenta que la imprimación en obra se realiza normalmente a temperaturas de entre 60°C a 80°C, el

registro de datos realizado de 10°C a 60°C es netamente referencial para saber si se podría imprimir a menor temperatura debido a la adición del aceite de palma. Como ya se explicó las viscosidades del aceite de palma son más bajas obteniendo valores de 400.0 mPa.s a temperaturas mayores a 90 °C y valores máximos de 621.0 mPa.s obtenidos a 10.9 °C. Mientras que el asfalto recortado MC-30 se obtuvo valores de viscosidad mínima de 502.0 mPa.s obtenidos a 100 °C y un máximo de 860.0 mPa.s obtenido a 10°C. A 10 °C, el aceite tiene una viscosidad de 19.16% menor que el asfalto recortado. La investigación ha demostrado que la adición del aceite de palma reduce la viscosidad del asfalto recortado MC-30, dependiendo del % de adición de aceite de palma, para la investigación se probaron adiciones de 5%, 10%, 20%, 30% y 40%. Pudiendo notar valores de viscosidad entre el rango mostrado del aceite de palma y el asfalto recortado MC-30. Respecto a la temperatura se pudo ver que a medida que aumenta la temperatura la viscosidad disminuye. Aparentemente mayor adición de aceite de palma reduce la viscosidad, sin embargo, es necesario evaluar las otras características de espesor del asfalto residual en la interfaz de la imprimación y la profundidad de la imprimación en la base granular para poder definir un % óptimo de adición de aceite de palma.

4.3.2. Aceite de palma en el espesor del asfalto residual de la interfaz

Se realizó el análisis del espesor del Asfalto Residual de la imprimación asfáltica con el uso del Asfalto Diluido MC-30 con las adiciones de Aceite de Palma.

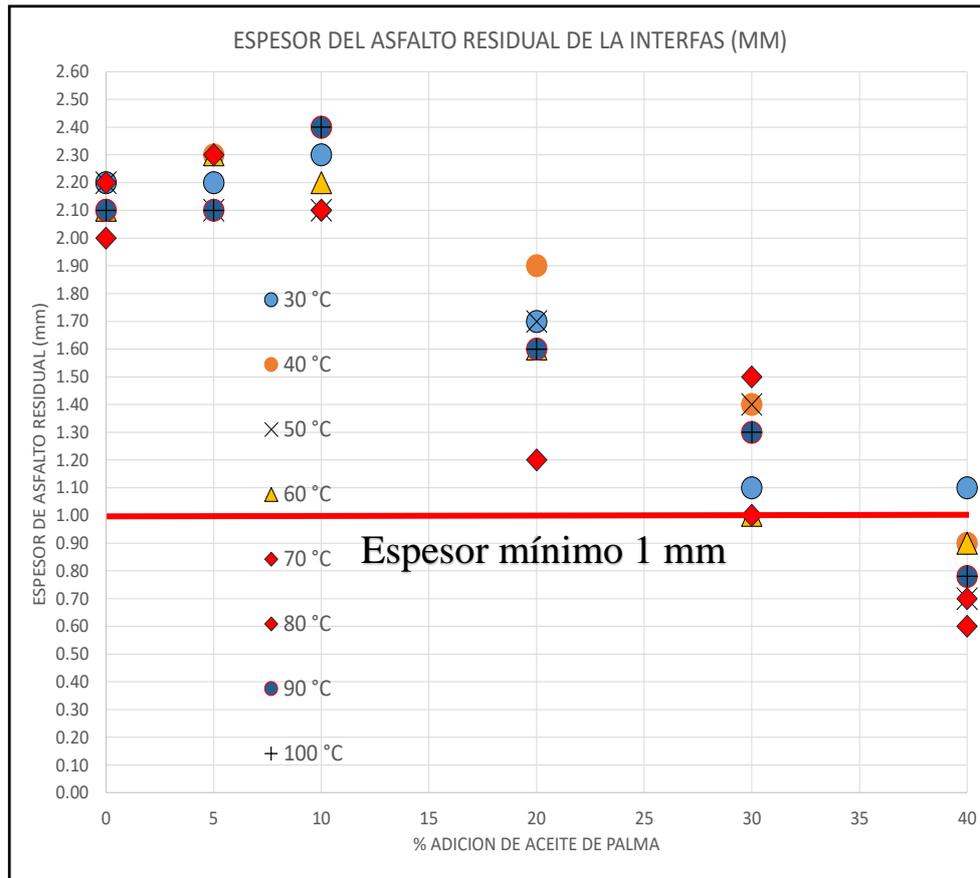


Figura 55. Resumen de los espesores de la Película del Asfalto residual en la Interface

Fuentes: Elaboración propia

La investigación ha demostrado que, respecto al espesor de la lámina de la interface, esta disminuye a medida que aumenta la temperatura y aumenta la adición de aceite de palma. Sin embargo, cuando la adición de aceite de palma es mayor al 30% se pudo registrar que la película es muy delgada y se registran algunos desprendimientos exponiendo la capa de base, esto también se denota más aun cuando la temperatura de aplicación es mayor al 80°C. En esta sección se indica que lo recomendable es que, la adición de aceite de palma no exceda el 40%. Para garantizar la existencia de la película en la interfaz carpeta asfáltica y base granular. Cabe indicar que las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras no indica un espesor mínimo de la película en la interfaz, sin embargo, en el experimento ha demostrado desprendimientos, en tal sentido tomamos este espesor como el mínimo recomendable.

4.3.3. Aceite de palma en la penetración del asfalto recortado

La penetración obtenida de la imprimación asfáltica aplicada con el Asfalto Diluido MC-30 con las distintas proporciones de Aceite de Palma muestran los siguientes resultados:

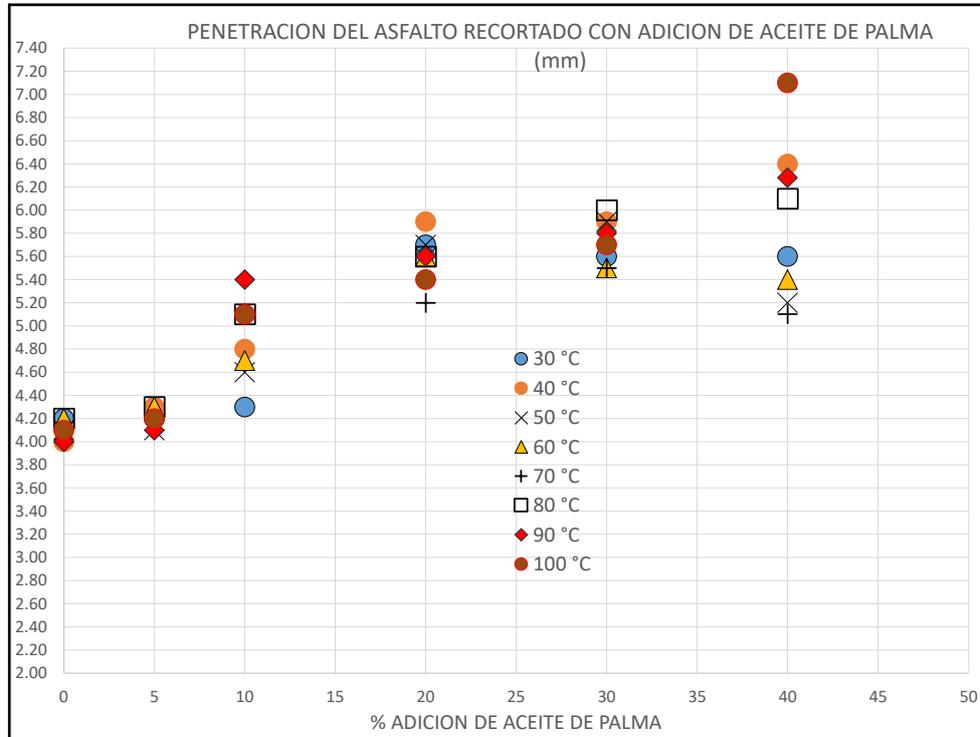


Figura 56, Resumen de la Profundidad de Penetración del Asfalto Diluido MC-30 con la adición de Aceite de Palma

Fuentes: Elaboración propia

La investigación ha demostrado que, respecto a la profundidad de la imprimación del asfalto recortado con adición de aceite de palma, muestra un aumento a medida que aumenta la temperatura y aumenta la adición de aceite de palma. Sin embargo, cuando la adición de aceite de palma es menor de 20% se pudo registrar que la profundidad de penetración es inferior mínimo permitido por las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras, esto también se denota más aun cuando la temperatura de aplicación es menor al 50°C. En esta sección se indica que lo recomendable es que, la adición de aceite de palma sea mayor el 20% y la temperatura de aplicación mayor a 50°C. Para garantizar una profundidad de penetración mayor a 5 mm, que garantice una buena ligazón entre la carpeta asfáltica y base granular.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- La investigación ha demostrado que la adición de aceite de palma en el asfalto recortado MC-30, ayuda a que la profundidad de imprimación se incremente a partir de adiciones de aceite de del 20% hacia adelante; incrementando de un 25.92%, en promedio de 5.40 mm a 6.80 mm, este comportamiento se debe probablemente a la reducción de la viscosidad del asfalto por la adición del aceite residual en un 17.64% en adiciones de aceite mayores a 20%, en el caso del espesor de la película de la interfaz, esta mostro una disminución de 66% por la disminución de la viscosidad llegando a espesores de 0.70 mm, sin embargo a más de 40% de adición de aceite de palma se pudo apreciar desprendimiento o peladura de la película de la interfaz, en tal sentido recomienda una adición óptima de entre 20% - 40% y temperaturas de aplicación superiores de 60°C.

Se recomienda realizar estudios respecto a la efectividad mecánica de la ligazón entre la carpeta y la base granular, respecto al espesor de la película de la interface de asfalto residual que se ubica entre la carpeta asfáltica y base granular, de la misma manera evaluar el mismo concepto respecto a la profundidad de penetración de la imprimación.

- El análisis de la viscosidad del asfalto recortado MC-30 y del aceite de palma hechos de manera individual, muestran viscosidades altas a temperaturas bajas y una disminución a medida que la temperatura aumenta. El rango de temperaturas elegido para realizar las mediciones fue de 30°C a 100°C, teniendo en cuenta que la imprimación en obra se realiza normalmente a temperaturas de entre 60°C a 80°C. Como ya se explicó las viscosidades del aceite de palma es más baja, obteniendo valores de 400.00 mPa.s a temperaturas mayores a 90 °C y valores máximos de 621.00 obtenidos a 10.9 °C. mientras que el asfalto recortado MC-30 se obtuvo valores de viscosidad mínima de 502.00 mPa.s obtenidos a 100 °C y un máximo de 860.00 mPa.s obtenido a 10°C a 100 °C el aceite tiene una viscosidad de 19.16% menos que el asfalto recortado. La investigación ha demostrado que adición del aceite de palma reduce la viscosidad del asfalto recortado MC-30, dependiendo del % de adición de aceite de palma, para la investigación se probó adiciones de 5%, 10%, 20%, 30% y 40%. Pudiendo notar valores de viscosidad entre el rango mostrado del aceite de palma y el asfalto recortado MC-30. Respecto a la temperatura se pudo ver que a medida que aumenta la temperatura la viscosidad disminuye. Aparentemente mayor adición de aceite de palma reduce la viscosidad, sin embargo, es necesario evaluar las otras características de espesor del asfalto residual en la interfaz de la imprimación y la profundidad de la imprimación en la base granular para poder definir un % óptimo de adición de aceite de palma.

- La investigación ha demostrado que el espesor de la película de asfalto residual que se forma en la zona de contacto con la base que se forma al colocar la imprimación con el asfalto MC-30, aplicado a una temperatura de 30°C a 100°C, para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Se pudo lecturar un descenso del espesor de la película del asfalto residual a medida que se incrementa la adición de aceite de palma. El valor de espesor de asfalto residual mínimo es de 1.10 mm para una adición de 40% de aceite de palma y un máximo es de 2.30 para una sustitución de 0% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 1.77 mm de espesor de película. Cabe indicar, que las especificaciones técnicas de la construcción de carretera del Ministerio de Comunicaciones y Transporte, no indica un valor mínimo ni máximo del espesor de la película en la interfaz por tanto el valor será netamente referencial. Sin embargo, se recomienda una adición máxima 40% ya que el espesor es bajo y ya se presentan peladuras y desprendimiento en la interfaz.
- La investigación indica que los niveles de penetración del asfalto MC-30, aplicado a temperaturas de 30°C a 100°C para las diferentes adiciones de aceite de palma 5%, 10%, 20%, 30% y 40% de adición. Se pudo lecturar un incremento de la penetración de la imprimación a medida de se incrementa el % de adición del aceite de palma. El valor de penetración mínimo es de 4.20 mm para una adición de 0% de aceite de palma y un máximo es de 5.70mm para una sustitución de 20% de aceite de palma, también se obtuvo un valor promedio 4.93mm de penetración. Cabe indicar, que el valor mínimo de penetración es 5mm, por lo cual se recomendable que se aplique con un mínimo de 20% de adición de aceite de palma aplicado a una temperatura no menor de 50°C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga Arqui, Mirko. 2017.** *Análisis Comparativo del Material para Base y Sub Base de las Canteras Umuto y Sicaya en Pavimento Flexible de Sub rasante de CBR menor al 10% .* Huancayo: s.n., 2017.
- Behar Rivero, Daniel. 2008.** *Metodología de la Investigación.* s.l.: Pearson, 2008.
- Bernal Torres, César Augusto. 2010.** *Metodología de la Investigación.* Colombia : Pearson Educación, 2010.
- Criterios para la Estandarización de emulsiones asfálticas para riego de imprimación cumpliendo con las normativas vigentes en el Ecuador.* **Chamorro Arellano, Violeta Stefania. 2019.** Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2019.
- Diseño de mezcla asfáltica tibia a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma.* **Lopera Palacio, Conrado H. y Córdoba Maquilón, Jorge E. 2013.** Medellín: Dyna, 2013.
- EG, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013.** *Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.* Lima: s.n., 2013.
- González Seijas, María Julia y Luquillas Aldarete , Karla Libertad. 2019.** *Evaluación del Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica en caliente mejorada con Fibra Acrilica respecto a la Mezcla Asfáltica Convencional.* Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019.
- Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María. 2014.** *Metodología de la Investigación.* México: México, 2014. Sexta Edición.
- Iniesta Garcia, Alejandra. 2020.** *El aceite de palma: Problemática Social, medioambiental y nutricional.* Cartagena: s.n., 2020.
- Mayta Mendoza, Max Efrain. 2018.** *Efecto del % finos de la grava y la temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la profundidad de penetración de la imprimación en bases granulares de pavimentación flexibles.* Huancayo: Universidad Continental, 2018.
- Molano Cardoso, John Jairo y Rodríguez González, Henry Ricardo. 2016.** *Material de Sellado Asfáltico para el Mantenimiento Rutinario de la Red Vial.* Colombia: Universidad piloto de Colombia, 2016.
- Morales Rosales, Carlos Arnoldo. 2007.** *Control de la Calidad en la Evaluación de Pavimientos Asfálticos Existentes .* República de Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007.
- MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.** *Manual de ensayos de materiales.* Lima: s.n., 2016.
- Orellana Muñoz, Jinno Ruben. 2020.** *Aplicación de la Emulsión Imprimante PRIMETEC en la conservación de la Base Granular - Huancayo.* Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2020.

Palacio, Conrado Lopera. 2011. *Diseño de Mezcla Asfáltica tibia a partir de la Mezcla de Asfalto y Aceite crudo de Palma.* Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, 2011.

Patiño Guaraca, Franklin Eduardo y Vera Pelaez, Tania Maricela. 2016. *Investigación de la imprimación reforzada para la conformación de capas de rodadura de caminos rurales de bajo tránsito.* Ecuador: Universidad de Cuenca, 2016.

Tam Málaga, Jorge, Vera, Giovanna y Oliveros Ramos, Ricardo. 2008. *Tipos, Métodos y Estrategías de Investigación Científica.* Lima: Escuela de Postgrado, 2008.

UCA, Laboratorio. 2015. *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y agregado grueso y determinación de material más fino que el tamiz N.º 200 en agregado mineral por lavado.* San Salvador: Universidad Centroamericana, 2015.

Vidalon Ledesma, Juan carlos. 2018. *Propiedades Negativas de la Base Granular y Temperatura de Aplicación de la Emulsión Asfáltica en la profundidad de la penetración de la Imprimación Asfáltica .* Huancayo: s.n., 2018.

Vidalon Ledesma, Juan Carlos. 2019. *Propiedades Negativas de la Base Granular y Temperatura de Aplicación de la Emulsión Asfáltica en profundidad de penetración de la Imprimación Asfáltica.* Huancayo: Universidad Nacional Centro del Perú, 2019.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>GENERAL:</p> <p>¿En qué medida afecta la adición de aceite de palma en la calidad de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 2021?</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>-¿En qué medida afecta la adición de aceite de palma en la Viscosidad del Asfalto diluido MC-30 usado para aplicación de emprimación asfáltica en bases granulares convencionales – Huancayo 2021?</p> <p>-¿Qué efectos produce la adición de aceite de palma en el Espesor del Asfalto Residual de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales Huancayo - 2021?</p> <p>-¿Cómo influye la adición de aceite de palma en la Penetración de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 2021?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Determinar en que medida afecta la adición de aceite de palma en la calidad de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 021.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>-Evaluar en que medida afecta la adición de aceite de palma en la Viscosidad del asfalto diluido MC-30 usado para aplicaciones de emprimación asfáltica en bases granulares convencionales – Huancayo 2021.</p> <p>-Determinar en qué medida afecta la adición de aceite de palma en el Espesor del Asfalto Residual de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido en MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 2021.</p> <p>-Definir en qué medida afecta la adición de aceite de palma en la Penetración de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 2021.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>La adición de aceite de palma influye significativamente en la calidad de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 2021.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>-La adición de aceite de palma influye significativamente en la reducción de la Viscosidad del asfalto diluido MC-30 usado para aplicaciones de emprimación asfáltica en bases granulares convencionales – Huancayo 2021.</p> <p>-La adición de aceite de palma influye significativamente en la reducción del Espesor del Asfalto Residual de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido en MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 2021.</p> <p>-La adición de aceite de palma influye significativamente en el incremento de la Penetración de la emprimación asfáltica aplicada con asfalto diluido MC-30 en bases granulares convencionales – Huancayo 2021.</p>	<p>VD: CALIDAD DE LA IMPRIMACIÓN</p> <p>DIMENSIONES:</p> <p>-Viscosidad -Espesor del asfalto residual (mm) -Penetración del asfalto (mm)</p> <p>VI: ACEITE DE PALMA</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>-Cantidad de Aceite (gr)</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Científico</p> <p>DISEÑO: Experimental</p> <p>TIPO: Aplicada</p> <p>NIVEL: Correlacional - Explicativo</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN</p> <p>La Población abarca 60 muestras manipuladas</p> <p>MUESTRA</p> <p>Se divide en grupos por cantidad de aceite según grada, por cantidad de asfalto MC-30. La muestra corresponde a 48 muestras.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p> <p>TECNICA:</p> <p>Los resultados obtenidos en laboratorio, la preparación de una base granular, aplicado una capa de asfalto diluido alterado por la adición de aceite de palma en condiciones controladas para las condiciones de mezcla dispuestos por materiales encontrados en la región.</p> <p>INSTRUMENTO:</p> <p>De acuerdo a todos los ensayos de laboratorio necesarios para la evaluación de resultados, el instrumento de evaluación es en fichas de recolección de datos, evidenciados en certificados para cada una de las evaluaciones proyectadas.</p>

Fuente: Elaboración propia – Plan de Tesis

ANEXO 2. CERTIFICADOS DE LABORATORIO



TABLA COLECTOR DE DATOS

LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CAIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: ACEITE DE PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.02 (ASFALTO RECORTADO MC 30)

FECHA: 22/07/2021

BLENDED TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

MIN. TEMP. (°C) NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

MAX TEMP. (°C) NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

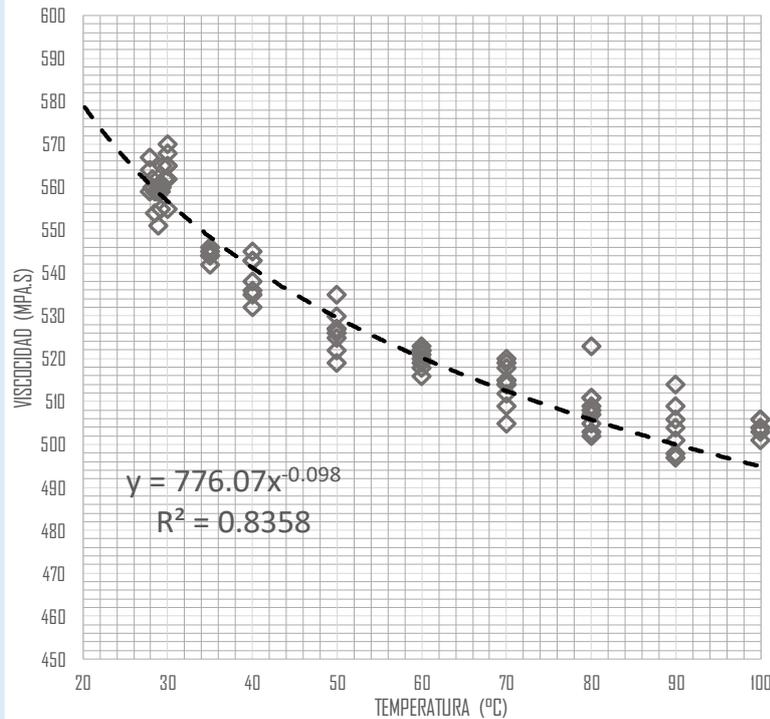
MIN. TEMP. (°C) NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

MAX TEMP. (°C) NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
10.90	621.000
10.90	620.000
10.90	604.000
10.90	608.000
10.90	610.000
10.90	615.000
10.90	616.000
30.00	565.000
30.00	562.000
30.00	570.000
30.00	565.000
30.00	568.000
30.00	555.000
29.70	562.000
29.40	565.000
29.30	560.000
29.20	555.000
29.20	560.000
29.20	561.000
29.20	559.000
28.90	551.000
28.90	559.000
28.70	559.000
28.50	559.000
28.50	554.000
28.20	560.000
28.20	562.000
27.90	564.000
27.90	567.000

Viscosidad (Mpa.s) vs Temperatura (s)



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



TABLA COLECTOR DE DATOS

LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: ACEITE DE PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.02 (ASFALTO RECORTADO MC 30)

FECHA: 22/07/2021

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

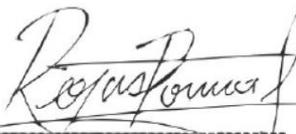
MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
10.90	621.000	27.90	559.000
10.90	620.000	35.00	546.000
10.90	604.000	35.00	544.000
10.90	608.000	35.00	542.000
10.90	610.000	35.00	544.000
10.90	615.000	35.00	545.000
10.90	616.000	40.00	532.000
30.00	565.000	40.00	543.000
30.00	562.00	40.00	545.00
30.00	570.00	40.00	543.00
30.00	565.00	40.00	536.00
30.00	568.00	40.00	535.00
30.00	555.00	40.00	538.00
29.70	562.00	50.00	527.00
29.40	565.00	50.00	525.00
29.30	560.00	50.00	530.00
29.20	555.00	50.00	527.00
29.20	560.00	50.00	526.00
29.20	561.00	50.00	535.00
29.20	559.00	50.00	522.00
28.90	551.00	50.00	519.00
28.90	559.00	60.00	522.00
28.70	559.00	60.00	521.00
28.50	559.00	60.00	523.00
28.50	554.00	60.00	520.00
28.20	560.00	60.00	516.00
28.20	562.00	60.00	518.00
27.90	564.00	60.00	522.00
27.90	567.00	60.00	519.00
27.90	559.00		

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
70.00	505.000	100.00	503.000
70.00	520.000	100.00	504.000
70.00	515.000	100.00	501.000
70.00	518.000	100.00	506.000
70.00	519.000	100.00	508.000
70.00	512.000		
70.00	514.000		
70.00	514.000		
70.00	515.00		
70.00	509.00		
80.00	523.00		
80.00	507.00		
80.00	505.00		
80.00	509.00		
80.00	508.00		
80.00	511.00		
80.00	502.00		
80.00	503.00		
80.00	511.00		
90.00	509.00		
90.00	514.00		
90.00	506.00		
90.00	400.00		
90.00	497.00		
90.00	498.00		
90.00	501.00		
90.00	504.00		
100.00	506.00		
100.00	504.00		


Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO:	EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021		
CUENTE	BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA		
MATERIAL:	ACEITE DE PALMA	TEMPERATURA AMBIENTE:	15°C
MUESTRA:	M.02 (ASFALTO RECORTADO MC 30)	FECHA:	22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

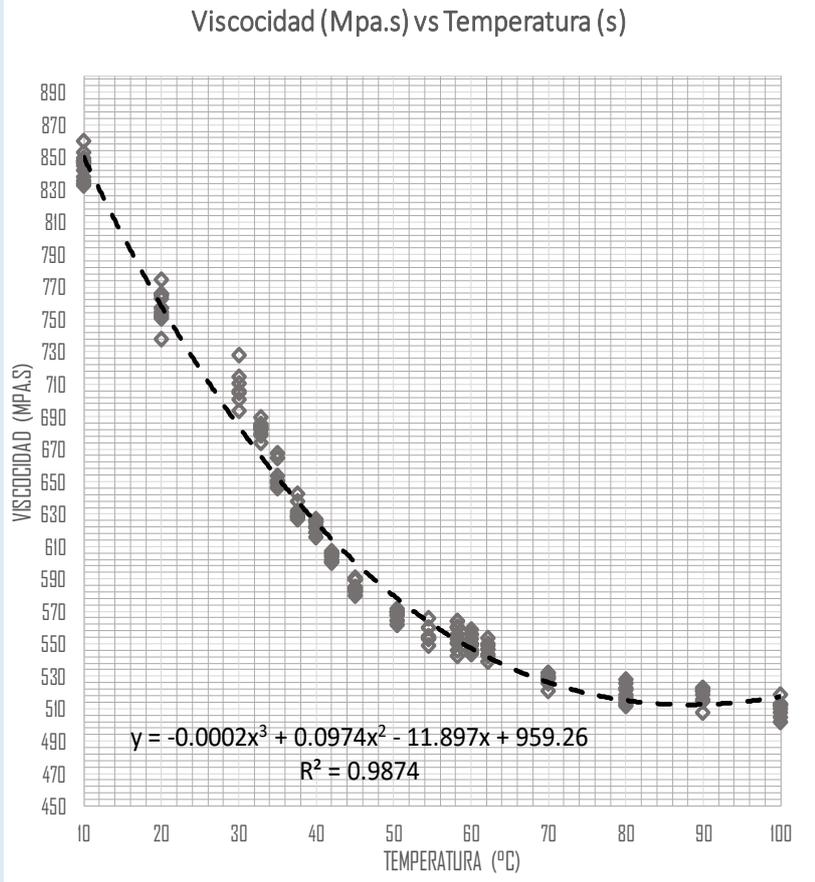
BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)	NO APLICA	MIN. TEMP. (°C)	NO APLICA
MAX. VISCOSITY(Pa.s)	NO APLICA	MAX. TEMP. (°C)	NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)	NO APLICA	MIN. TEMP. (°C)	NO APLICA
MAX. VISCOSITY(Pa.s)	NO APLICA	MAX. TEMP. (°C)	NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	510.000
100.00	512.000
100.00	502.000
100.00	513.000
100.00	519.000
100.00	508.000
100.00	505.000
100.00	513.000
90.00	515.00
90.00	519.00
90.00	521.00
90.00	515.00
90.00	516.00
90.00	521.00
90.00	523.00
90.00	508.00
90.00	521.00
90.00	523.00
80.00	528.00
80.00	513.00
80.00	519.00
80.00	512.00
80.00	516.00
80.00	514.00
80.00	523.00
80.00	526.00
80.00	522.00
80.00	517.00
70.00	526.00



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CUENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: ACEITE DE PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.02 (ASFALTO RECORTADO MC 30)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)						
100.00	510.000	70.00	532.000	58.20	550.000	45.00	584.000
100.00	512.000	70.00	529.000	58.20	551.000	45.00	580.000
100.00	502.000	70.00	530.000	58.20	560.000	45.00	583.000
100.00	513.000	70.00	532.000	58.20	564.000	45.00	591.000
100.00	519.000	70.00	529.000	58.20	553.000	45.00	590.000
100.00	508.000	70.00	521.000	58.20	556.000	42.00	600.000
100.00	505.000	62.20	539.000	54.50	554.000	42.00	601.000
100.00	513.000	62.20	544.000	54.50	554.000	42.00	602.000
90.00	515.000	62.20	547.000	54.50	549.000	42.00	604.000
90.00	519.000	62.20	549.000	54.50	555.000	42.00	607.000
90.00	521.000	62.20	550.000	54.50	560.000	42.00	606.000
90.00	515.000	62.20	547.000	54.50	566.000	42.00	605.000
90.00	516.000	62.20	554.000	54.50	560.000	40.00	616.000
90.00	521.000	62.20	543.000	54.50	553.000	40.00	619.000
90.00	523.000	60.00	547.000	50.50	568.000	40.00	622.000
90.00	508.000	60.00	544.000	50.50	570.000	40.00	619.000
90.00	521.000	60.00	549.000	50.50	565.000	40.00	622.000
90.00	523.000	60.00	556.000	50.50	570.000	40.00	625.000
80.00	528.000	60.00	559.000	50.50	568.000	40.00	626.000
80.00	513.000	60.00	556.000	50.50	569.000	40.00	625.000
80.00	519.000	60.00	550.000	50.50	564.000	40.00	627.000
80.00	512.000	60.00	545.000	50.50	570.000	40.00	623.000
80.00	516.000	60.00	546.000	50.50	572.000	37.60	630.000
80.00	514.000	60.00	550.000	50.50	562.000	37.60	628.000
80.00	523.000	60.00	553.000	45.00	590.000	37.60	629.000
80.00	526.000	58.20	560.000	45.00	585.000	37.60	627.000
80.00	522.000	58.20	561.000	45.00	583.000	37.60	629.000
80.00	517.000	58.20	564.000	45.00	590.000	37.60	631.000
70.00	526.000	58.20	543.000	45.00	585.000	37.60	632.000
70.00	530.000	58.20	546.000	45.00	582.000	37.60	638.000

Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLIACADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 95% MC30 + 5% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (95% MC30 + 5% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

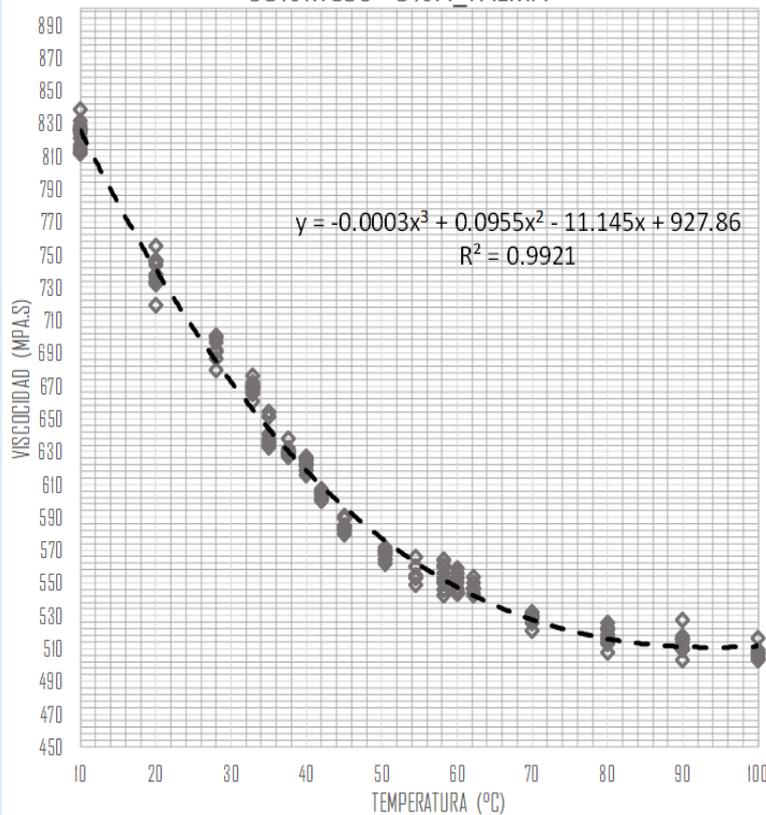
NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	504.90
100.00	506.88
100.00	516.78
100.00	507.87
100.00	509.85
100.00	502.92
100.00	503.91
100.00	507.87
90.00	509.85
90.00	513.81
90.00	515.79
90.00	509.85
90.00	510.84
90.00	515.79
90.00	527.67
90.00	502.92
90.00	515.79
90.00	517.77
80.00	512.82
80.00	507.87
80.00	519.00
80.00	522.00
80.00	516.00
80.00	514.00
80.00	523.00
80.00	526.00
80.00	522.00
80.00	517.00
70.00	526.00

Viscosidad (Mpa.s) vs Temperatura (s)
95% MC30 + 5% A_PALMA



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



TABLA COLECTOR DE DATOS

LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CUENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 95% MC30 + 5% A_PALMA

MUESTRA: M.03 (95% MC30 + 5% A_PALMA)

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

FECHA: 22/07/2021

BLENDED TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY (Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY (Pa.s)

NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY (Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY (Pa.s)

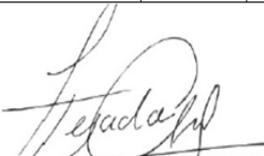
NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	504.900	70.00	532.000
100.00	506.880	70.00	529.000
100.00	516.780	70.00	530.000
100.00	507.870	70.00	532.000
100.00	509.850	70.00	529.000
100.00	502.920	70.00	521.000
100.00	503.910	62.20	547.000
100.00	507.870	62.20	544.000
90.00	509.85	62.20	547.000
90.00	513.81	62.20	547.000
90.00	515.79	62.20	550.000
90.00	509.85	62.20	547.000
90.00	510.84	62.20	554.000
90.00	515.79	62.20	543.000
90.00	527.67	60.00	547.000
90.00	502.92	60.00	544.000
90.00	515.79	60.00	544.000
90.00	517.77	60.00	544.000
80.00	512.82	60.00	559.000
80.00	507.87	60.00	556.000
80.00	519.00	60.00	544.000
80.00	522.00	60.00	545.000
80.00	516.00	60.00	544.000
80.00	514.00	60.00	550.000
80.00	523.00	60.00	553.000
80.00	526.00	58.20	560.000
80.00	522.00	58.20	561.000
80.00	517.00	58.20	564.000
70.00	526.00	58.20	543.000
70.00	530.00	58.20	546.000

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
58.20	550.000	45.00	584.000
58.20	551.000	45.00	580.000
58.20	560.000	45.00	583.000
58.20	564.000	45.00	591.000
58.20	553.000	45.00	590.000
58.20	556.000	42.00	600.000
54.50	554.000	42.00	601.000
54.50	554.000	42.00	602.000
54.50	549.000	42.00	604.000
54.50	555.000	42.00	607.000
54.50	560.000	42.00	606.000
54.50	566.000	42.00	605.000
54.50	560.000	40.00	616.000
54.50	553.000	40.00	619.000
50.50	568.000	40.00	622.000
50.50	570.000	40.00	619.000
50.50	565.000	40.00	622.000
50.50	570.000	40.00	625.000
50.50	568.000	40.00	626.000
50.50	569.000	40.00	625.000
50.50	564.000	40.00	627.000
50.50	570.000	40.00	623.000
50.50	572.000	37.60	630.000
50.50	562.000	37.60	628.000
45.00	590.000	37.60	629.000
45.00	585.000	37.60	627.000
45.00	583.000	37.60	629.000
45.00	590.000	37.60	631.000
45.00	585.000	37.60	632.000
45.00	582.000	37.60	638.000


Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLIACADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 90% MC30 + 10% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (90% MC30 + 10% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

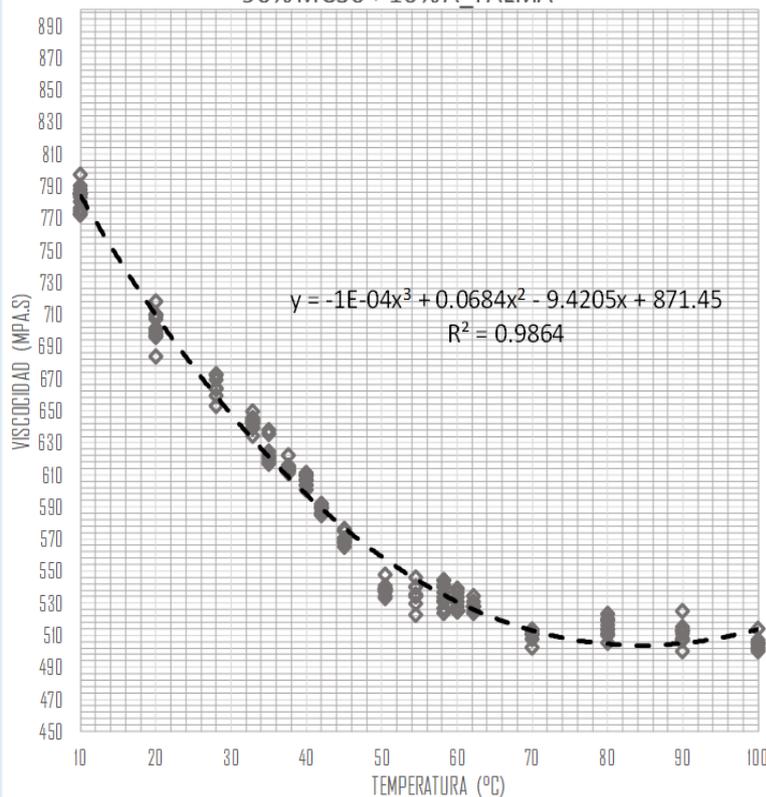
NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	502.38
100.00	504.35
100.00	514.20
100.00	505.33
100.00	507.30
100.00	500.41
100.00	501.39
100.00	505.33
90.00	507.30
90.00	511.24
90.00	513.21
90.00	507.30
90.00	508.29
90.00	513.21
90.00	525.03
90.00	500.41
90.00	513.21
90.00	515.18
80.00	510.26
80.00	505.33
80.00	516.41
80.00	519.39
80.00	513.42
80.00	511.43
80.00	520.39
80.00	523.37
80.00	519.39
80.00	514.42
70.00	507.67

Viscosidad (Mpa.s) vs Temperatura (s)
90% MC30 + 10% A_PALMA



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



TABLA COLECTOR DE DATOS

LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 90% MC30 + 10% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (90% MC30 + 10% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY (Pa.s) NO APLICA

MIN. TEMP. (°C) NO APLICA

MAX VISCOSITY (Pa.s) NO APLICA

MAX TEMP. (°C) NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY (Pa.s) NO APLICA

MIN. TEMP. (°C) NO APLICA

MAX VISCOSITY (Pa.s) NO APLICA

MAX TEMP. (°C) NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)						
100.00	502.376	70.00	513.460	58.20	530.833	45.00	569.458
100.00	504.346	70.00	510.564	58.20	531.798	45.00	565.558
100.00	514.196	70.00	511.530	58.20	540.484	45.00	568.483
100.00	505.331	70.00	513.460	58.20	544.345	45.00	576.284
100.00	507.301	70.00	510.564	58.20	533.728	45.00	575.309
100.00	500.405	70.00	502.843	58.20	536.623	42.00	585.060
100.00	501.390	62.20	527.937	54.50	534.693	42.00	586.035
100.00	505.331	62.20	525.042	54.50	534.693	42.00	587.010
90.00	507.30	62.20	527.937	54.50	529.867	42.00	588.960
90.00	511.24	62.20	527.937	54.50	535.658	42.00	591.886
90.00	513.21	62.20	530.833	54.50	540.484	42.00	590.911
90.00	507.30	62.20	527.937	54.50	546.275	42.00	589.936
90.00	508.29	62.20	534.693	54.50	540.484	40.00	600.662
90.00	513.21	62.20	524.076	54.50	523.053	40.00	603.587
90.00	525.03	60.00	527.937	50.50	537.241	40.00	606.512
90.00	500.41	60.00	525.042	50.50	539.133	40.00	603.587
90.00	513.21	60.00	525.042	50.50	534.404	40.00	606.512
90.00	515.18	60.00	525.042	50.50	539.133	40.00	609.438
80.00	510.26	60.00	539.519	50.50	537.241	40.00	610.413
80.00	505.33	60.00	536.623	50.50	538.187	40.00	609.438
80.00	516.41	60.00	525.042	50.50	533.458	40.00	611.388
80.00	519.39	60.00	526.007	50.50	539.133	40.00	607.487
80.00	513.42	60.00	525.042	50.50	541.024	37.60	614.313
80.00	511.43	60.00	530.833	50.50	548.006	37.60	612.363
80.00	520.39	60.00	533.728	45.00	575.309	37.60	613.338
80.00	523.37	58.20	540.484	45.00	570.434	37.60	611.388
80.00	519.39	58.20	541.449	45.00	568.483	37.60	613.338
80.00	514.42	58.20	544.345	45.00	575.309	37.60	615.288
70.00	507.67	58.20	524.076	45.00	570.434	37.60	616.263
70.00	511.53	58.20	526.972	45.00	567.508	37.60	622.114


Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLIACADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CUENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 80% MC30 + 20% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (80% MC30 + 20% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

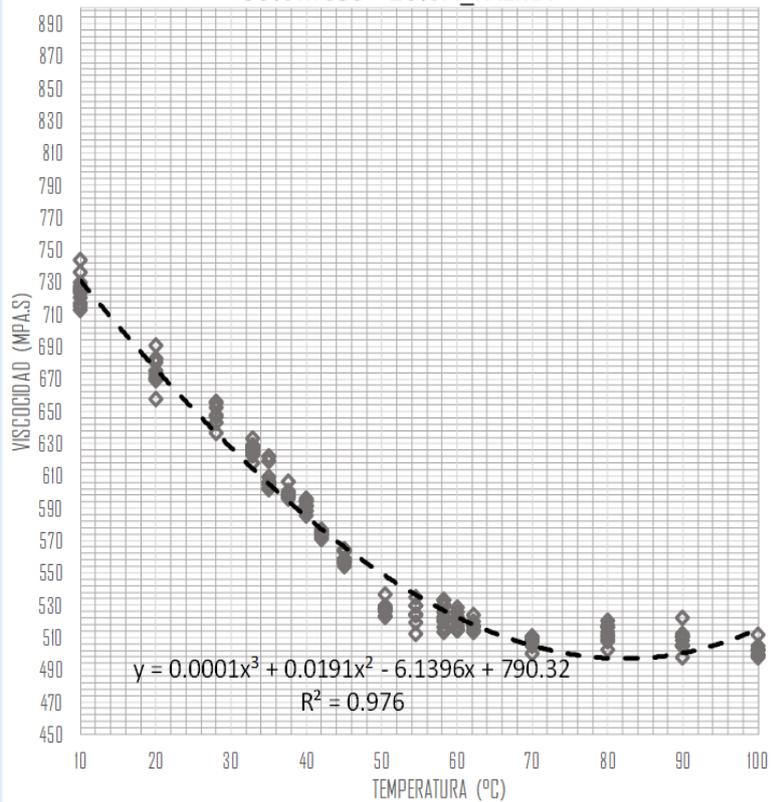
NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	499.86
100.00	501.82
100.00	511.63
100.00	502.80
100.00	504.76
100.00	497.90
100.00	498.88
100.00	502.80
90.00	504.76
90.00	508.68
90.00	510.64
90.00	504.76
90.00	505.74
90.00	510.64
90.00	522.41
90.00	497.90
90.00	510.64
90.00	512.61
80.00	507.70
80.00	502.80
80.00	513.82
80.00	516.79
80.00	510.85
80.00	508.87
80.00	517.78
80.00	520.75
80.00	516.79
80.00	511.84
70.00	505.13

Viscosidad (Mpa.s) vs Temperatura (s)
80% MC30 + 20% A_PALMA



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 80% MC30 + 20% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (80% MC30 + 20% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	499.864	70.00	510.893
100.00	501.824	70.00	508.012
100.00	511.625	70.00	508.972
100.00	502.804	70.00	510.893
100.00	504.764	70.00	508.012
100.00	497.903	70.00	500.329
100.00	498.883	62.20	517.378
100.00	502.804	62.20	514.541
90.00	504.76	62.20	517.378
90.00	508.68	62.20	517.378
90.00	510.64	62.20	520.216
90.00	504.76	62.20	517.378
90.00	505.74	62.20	523.999
90.00	510.64	62.20	513.595
90.00	522.41	60.00	517.378
90.00	497.90	60.00	514.541
90.00	510.64	60.00	514.541
90.00	512.61	60.00	514.541
80.00	507.70	60.00	528.728
80.00	502.80	60.00	525.891
80.00	513.82	60.00	514.541
80.00	516.79	60.00	515.487
80.00	510.85	60.00	514.541
80.00	508.87	60.00	520.216
80.00	517.78	60.00	523.053
80.00	520.75	58.20	529.674
80.00	516.79	58.20	530.620
80.00	511.84	58.20	533.458
70.00	505.13	58.20	513.595
70.00	508.97	58.20	516.432

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
58.20	520.216	45.00	558.069
58.20	521.162	45.00	554.247
58.20	529.674	45.00	557.114
58.20	533.458	45.00	564.758
58.20	523.053	45.00	563.803
58.20	525.891	42.00	573.359
54.50	523.999	42.00	571.384
54.50	523.999	42.00	572.335
54.50	519.270	42.00	574.236
54.50	524.945	42.00	577.089
54.50	529.674	42.00	576.138
54.50	535.349	42.00	575.187
54.50	529.674	40.00	585.645
54.50	512.592	40.00	588.497
50.50	526.496	40.00	591.349
50.50	528.350	40.00	588.497
50.50	523.715	40.00	591.349
50.50	528.350	40.00	594.202
50.50	526.496	40.00	595.152
50.50	527.423	40.00	594.202
50.50	522.789	40.00	596.103
50.50	528.350	40.00	592.300
50.50	530.204	37.60	598.955
50.50	537.046	37.60	597.054
45.00	563.803	37.60	598.004
45.00	559.025	37.60	596.103
45.00	557.114	37.60	598.004
45.00	563.803	37.60	599.906
45.00	559.025	37.60	600.857
45.00	556.158	37.60	606.561

Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLIACADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 70% MC30 + 30% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (70% MC30 + 30% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDED TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY (Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY (Pa.s)

NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY (Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY (Pa.s)

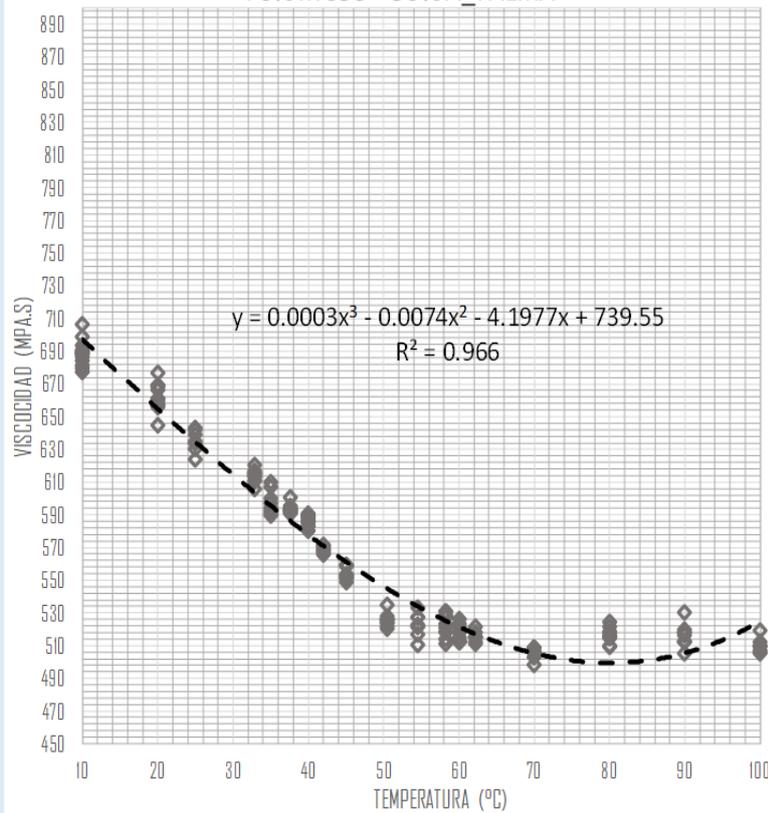
NO APLICA

MAX TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	507.36
100.00	509.35
100.00	519.30
100.00	510.35
100.00	512.34
100.00	505.37
100.00	506.37
100.00	510.35
90.00	512.34
90.00	516.32
90.00	518.30
90.00	512.34
90.00	513.33
90.00	518.30
90.00	530.24
90.00	505.37
90.00	518.30
90.00	520.29
80.00	515.32
80.00	510.35
80.00	521.53
80.00	524.54
80.00	518.52
80.00	516.51
80.00	515.71
80.00	518.67
80.00	514.73
80.00	509.80
70.00	503.11

Viscosidad (Mpa.s) vs Temperatura (s)
70% MC30 + 30% A_PALMA



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLIACADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 70% MC30 + 30% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (70% MC30 + 30% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX. VISCOSITY(Pa.s)

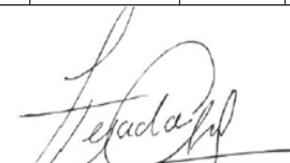
NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	507.362	70.00	508.849
100.00	509.351	70.00	505.979
100.00	519.299	70.00	506.936
100.00	510.346	70.00	508.849
100.00	512.336	70.00	505.979
100.00	505.372	70.00	498.328
100.00	506.367	62.20	515.309
100.00	510.346	62.20	512.483
90.00	512.34	62.20	515.309
90.00	516.32	62.20	515.309
90.00	518.30	62.20	518.135
90.00	512.34	62.20	515.309
90.00	513.33	62.20	521.903
90.00	518.30	62.20	511.541
90.00	530.24	60.00	515.309
90.00	505.37	60.00	512.483
90.00	518.30	60.00	512.483
90.00	520.29	60.00	512.483
80.00	515.32	60.00	526.614
80.00	510.35	60.00	523.787
80.00	521.53	60.00	512.483
80.00	524.54	60.00	513.425
80.00	518.52	60.00	512.483
80.00	516.51	60.00	518.135
80.00	515.71	60.00	520.961
80.00	518.67	58.20	527.556
80.00	514.73	58.20	528.498
80.00	509.80	58.20	531.324
70.00	503.11	58.20	511.541
70.00	506.94	58.20	514.367

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
58.20	518.135	45.00	553.047
58.20	519.077	45.00	549.259
58.20	527.556	45.00	552.100
58.20	531.324	45.00	559.676
58.20	520.961	45.00	558.729
58.20	523.787	42.00	568.199
54.50	521.903	42.00	566.242
54.50	521.903	42.00	567.184
54.50	517.193	42.00	569.068
54.50	522.845	42.00	571.895
54.50	527.556	42.00	570.953
54.50	533.208	42.00	570.010
54.50	527.556	40.00	580.374
54.50	510.542	40.00	583.201
50.50	524.390	40.00	586.027
50.50	526.237	40.00	583.201
50.50	521.621	40.00	586.027
50.50	526.237	40.00	588.854
50.50	524.390	40.00	589.796
50.50	525.314	40.00	588.854
50.50	520.697	40.00	590.738
50.50	526.237	40.00	586.969
50.50	528.083	37.60	593.565
50.50	534.898	37.60	591.680
45.00	558.729	37.60	592.622
45.00	553.994	37.60	590.738
45.00	552.100	37.60	592.622
45.00	558.729	37.60	594.507
45.00	553.994	37.60	595.449
45.00	551.153	37.60	601.102


Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACETE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION A SFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CUENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 60% MC30 + 40% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (60% MC30 + 40% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s)

NO APLICA

MIN. TEMP. (°C)

NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s)

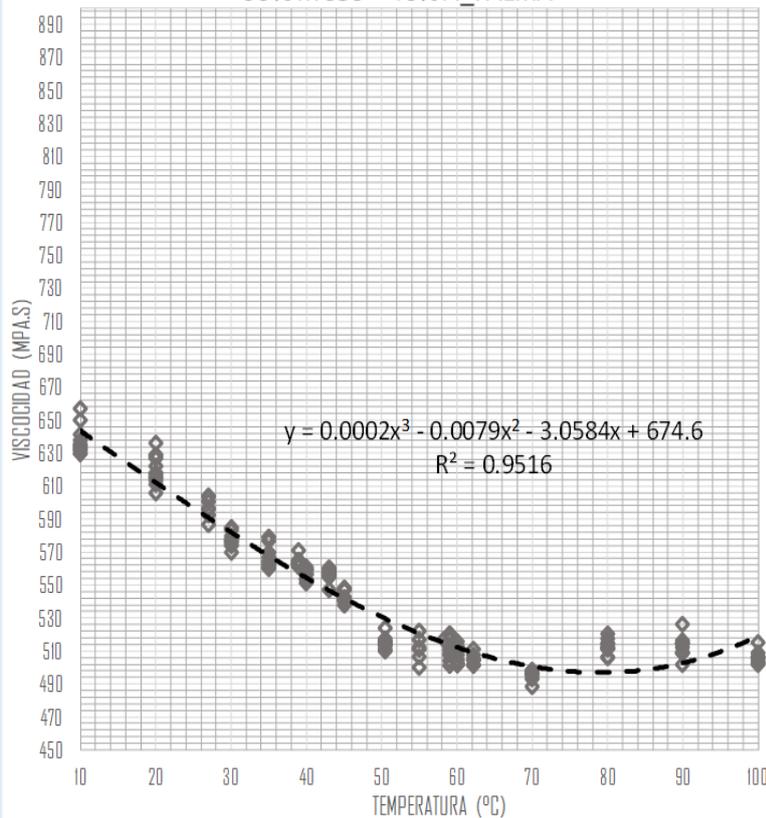
NO APLICA

MAX. TEMP. (°C)

NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	503.81
100.00	505.79
100.00	515.66
100.00	506.77
100.00	508.75
100.00	501.83
100.00	502.82
100.00	506.77
90.00	508.75
90.00	512.70
90.00	514.68
90.00	508.75
90.00	509.74
90.00	514.68
90.00	526.53
90.00	501.83
90.00	514.68
90.00	516.65
80.00	511.71
80.00	506.77
80.00	517.88
80.00	520.87
80.00	514.89
80.00	512.89
80.00	512.10
80.00	515.04
80.00	511.12
80.00	506.23
70.00	493.05

Viscosidad (Mpa.s) vs Temperatura (s)
60% MC30 + 40% A_PALMA



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - COLDPIX

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICION DE ACEITE DE PALMA EN EL CALIDAD DE LA IMPRIMACION ASFALTICA APLICADA CON ASFALTO DILUIDO MC-30 EN BASES GRANULARES CONVENCIONALES - HUANCAYO 2021

CLIENTE: BACH. ING. IDA ICHPAS LIMA

MATERIAL: 60% MC30 + 40% A_PALMA

TEMPERATURA AMBIENTE: 15°C

MUESTRA: M.03 (60% MC30 + 40% A_PALMA)

FECHA: 22/07/2021

TABLA COLECTOR DE DATOS

BLENDING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

MIN. TEMP. (°C) NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

MAX TEMP. (°C) NO APLICA

COMPACTING TEMP. RANGE

MIN. VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

MIN. TEMP. (°C) NO APLICA

MAX VISCOSITY(Pa.s) NO APLICA

MAX TEMP. (°C) NO APLICA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
100.00	503.810	70.00	498.672
100.00	505.786	70.00	495.860
100.00	515.664	70.00	496.797
100.00	506.774	70.00	498.672
100.00	508.749	70.00	495.860
100.00	501.834	70.00	488.361
100.00	502.822	62.20	505.003
100.00	506.774	62.20	502.233
90.00	508.75	62.20	505.003
90.00	512.70	62.20	505.003
90.00	514.68	62.20	507.772
90.00	508.75	62.20	505.003
90.00	509.74	62.20	511.465
90.00	514.68	62.20	501.310
90.00	526.53	60.00	505.003
90.00	501.83	60.00	502.233
90.00	514.68	60.00	502.233
90.00	516.65	60.00	502.233
80.00	511.71	60.00	516.081
80.00	506.77	60.00	513.312
80.00	517.88	60.00	502.233
80.00	520.87	60.00	503.156
80.00	514.89	60.00	502.233
80.00	512.89	60.00	507.772
80.00	512.10	60.00	510.542
80.00	515.04	58.20	517.005
80.00	511.12	59.00	517.928
80.00	506.23	59.00	520.697
70.00	493.05	59.00	501.310
70.00	496.80	59.00	504.079

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)	TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (Mpa.s)
59.00	507.772	45.00	541.986
59.00	508.696	45.00	538.273
59.00	517.005	45.00	541.058
59.00	520.697	45.00	548.482
59.00	510.542	43.00	547.554
59.00	513.312	43.00	556.835
55.00	511.465	43.00	554.917
55.00	511.465	43.00	555.840
55.00	506.849	43.00	557.687
55.00	512.388	43.00	560.457
55.00	517.005	43.00	559.534
55.00	522.544	43.00	558.610
55.00	517.005	40.00	551.356
55.00	500.331	40.00	554.041
50.50	513.902	40.00	556.726
50.50	515.712	40.00	554.041
50.50	511.188	40.00	556.726
50.50	515.712	40.00	559.411
50.50	513.902	40.00	560.306
50.50	514.807	40.00	559.411
50.50	510.283	40.00	561.201
50.50	515.712	40.00	557.621
50.50	517.522	39.00	563.886
50.50	524.200	39.00	562.096
45.00	547.554	39.00	562.991
45.00	542.914	39.00	561.201
45.00	541.058	39.00	562.991
45.00	547.554	39.00	564.781
45.00	542.914	39.00	565.676
45.00	540.130	39.00	571.047


Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

ANEXO 3. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 57. *Producto Aceite de Palma*



Figura 58. *Producto Asfalto Diluido MC-30*

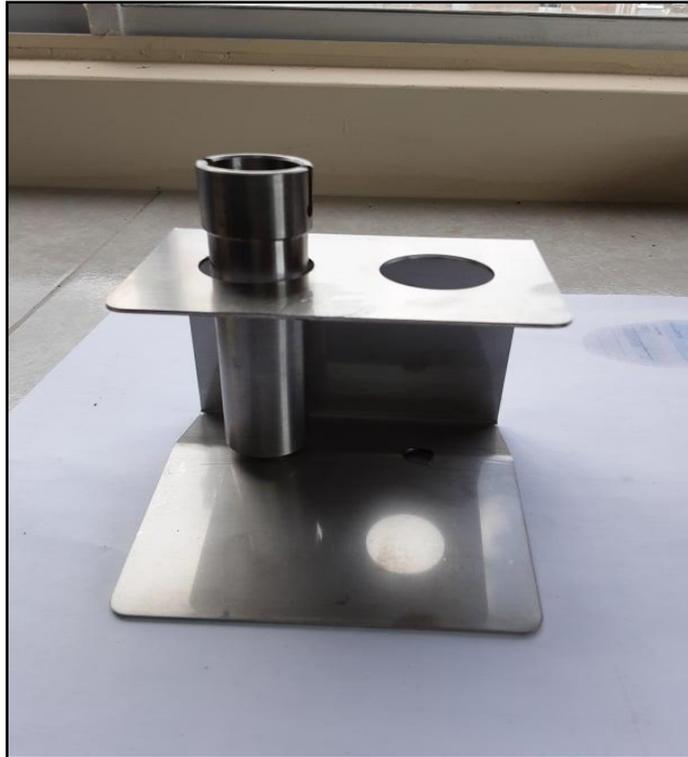


Figura 59. *Contenedor de Materiales Viscoelásticos de 18ml del Viscosímetro Brookfield*



Figura 60. *Llenado del contenedor de Materiales Viscoelásticos con Aceite de Palma*



Figura 61. Calibración de Módulo de Temperatura del Viscosímetro Brookfield



Figura 62. Medición de la Viscosidad con el Viscosímetro Brookfield para diferentes temperaturas - Procedimiento de Barrido de Viscosidad Dinámica

ANEXO 4. ENSAYOS DE LABORATORIO



Figura 63. Análisis Granulométrico por Tamizado - Base Granular



Figura 64. Proctor Modificado utilizando energía modificada



Figura 65. CRB del suelo - Base Granular



Figura 66. Moldes de 40cm x 40cm con Material de Base Granular compactada

VISCOSIDAD DE FLUIDOS



Figura 67. Muestra del Asfalto MC-30 para el Ensayo de Viscosidad



Figura 68. Muestra de Aceite de Palma para el Ensayo de Viscosidad



Figura 69. Ensayo de Viscosidad (Viscosímetro Rotacional Brookfield)



Figura 70. Registro de lecturas de la Viscosidad a Diferentes Temperaturas



Figura 71. Equipo de Viscosidad (Viscosímetro Rotacional de Brookfield)



Figura 72. Controlador de la Temperatura de la Mezcla

**PROCESO DE IMPRIMACIÓN DE LA BASE GRANULAR
COMPACTADA EN MOLDES DE 40cm x 40cm**



Figura 73. *Asfalto Diluido MC-30 a temperatura ambiente*



Figura 74. *Muestra en Horno a temperatura controlada de (50, 70 y 90) °C*

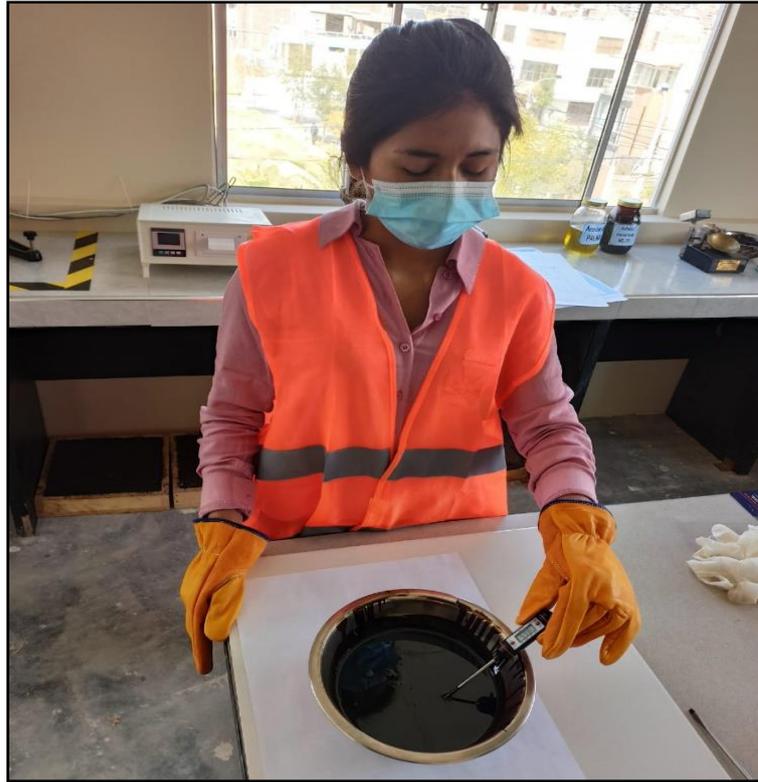


Figura 75. Control de temperatura del Asfalto Diluido MC-30 con el Termómetro de Lapicero



Figura 76. Imprimación de la Base Granular compactada en moldes de 40cm x 40cm



Figura 77. Base Granular Imprimada



Figura 78. Moldes Imprimados en Estado de Reposo



Figura 79. Muestras Reposadas - Verificación de Penetración de la Imprimación



Figura 80. Medición de la Penetración en la Base Granular



Figura 81. Medición de la Penetración en la Imprimación con el Instrumento de precisión (Vernier)

ANEXO 5. FICHA TÉCNICA DEL ASFALTO DILUIDO MC-30

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO LÍQUIDO		Fecha efectiva:		Enero 2019	
TIPO DE PRODUCTO		ASFALTO LÍQUIDO CURADO MEDIO		Reemplaza edición de:		Enero 2014	
NOMBRE DE PRODUCTO							
ASFALTO LÍQUIDO MC-30							
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO				
	MIN.	MAX.	ASTM	AASHTO			
FLUIDEZ							
Viscosidad cinemática a 60°C, cSt	30	60	D-2170	T-201			
VOLATILIDAD							
Gravedad API 15.6°C (60°F)	Reportar		D-3142	T-295			
Gravedad específica a 15.6/15.6°C (60/60°F)	Reportar		D-3142	T-295			
Punto de inflamación Tag.copa abierta, °C	38		D-3143	T-78			
Destilación							
Total destilado hasta 360°C, %V			D-487	T-78			
a 225°C		25					
a 260°C	40	70					
a 316°C	75	93					
Residuo de destilación a 360°C, %V por diferencia	50						
Pruebas sobre el residuo de la destilación							
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0.1mm ó	120	250	D-5	T-48			
Viscosidad absoluta a 60°C, poise	300	1200	D-2171	T-202			
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51			
Solubilidad, % masa	99.0		D-2042, D7563	T-44			
CONTENIDO DE AGUA, % V		0.2	D-85	T-45			
REQUERIMIENTO GENERAL:							
El asfalto líquido debe presentar un aspecto homogéneo y sin grumos antes de ser usado y no debe formar espuma cuando es calentado a la temperatura de aplicación.							
OBSERVACIONES:							
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana NTP 321.027 y con los estándares ASTM D 2027 y AASHTO M82.							

