

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Efecto de la adición de zumo de alcachofa como  
agente antioxidante en el proceso de envejecimiento  
del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la  
ciudad de Huancayo, 2023**

Misael Ubaldo Rojas Ventura

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Jorge Aurelio Ticlla Rivera  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 18 de Julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**Autores:**

1. MISHAEL UBALDO ROJAS VENTURA – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI  NO   
Nº de palabras excluidas: 15
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



\_\_\_\_\_  
Asesor de trabajo de investigación

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi asesor que me guió en cada etapa de este proyecto con su conocimiento y apoyo para lograr los resultados obtenidos.

También quiero agradecer a la EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN KAMURRV'S SAC, por darme un trabajo brindándome así todos los recursos y herramientas que necesité para culminar el proceso de mi tesis. No hubiera podido lograr estos resultados sin su ayuda incondicional.

Finalmente, me gustaría agradecer a todos mis colegas y mi familia que me apoyaron incluso cuando me sentía deprimido. En especial, quiero mencionar a mis padres, quienes siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y abrazos reconfortantes. Gracias a todos.

## **DEDICATORIA**

La dedicación y el esfuerzo de uno es un modelo en la vida, y para los que están detrás o al frente del proyecto, gracias al esfuerzo puesto en esta tesis, principalmente a mis padres y hermanos, agradecerles por apoyarme en la educación y el esfuerzo por lo que siempre estuvieron conmigo.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Planteamiento y formulación del problema .....</b>	<b>17</b>
1.1.1 Planteamiento del problema .....	17
1.1.2 Formulación del problema.....	22
<b>1.2 Determinación de objetivos.....</b>	<b>23</b>
1.2.1 Objetivo General .....	23
1.2.2 Objetivos Específicos .....	23
<b>1.3 Justificación e Importancia del estudio.....</b>	<b>23</b>
1.3.1 Justificación Teórica.....	23
1.3.2. Justificación Metodológica.....	23
1.3.3 Justificación Social.....	23
1.3.4 Importancia del estudio .....	23
<b>1.4 Delimitación del proyecto.....</b>	<b>24</b>
<b>1.5 Hipótesis y variables .....</b>	<b>24</b>
1.5.1 Hipótesis Principal.....	24
1.5.2 Hipótesis Específicas .....	24
1.5.3 Variables.....	24
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>27</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Antecedentes de la Investigación .....</b>	<b>27</b>
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	27
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	31
<b>2.2 Bases Teóricas .....</b>	<b>35</b>

2.2.1 El asfalto .....	35
2.2.2 Envejecimiento del asfalto .....	38
2.2.3 El asfalto de penetración 85-100 .....	55
2.2.4 La alcachofa y el zumo de alcachofa.....	56
<b>2.3 Definición de términos básicos.....</b>	<b>58</b>
2.3.1 Alcachofa.....	58
2.3.2 Antioxidantes.....	58
2.3.3 Asfalto. ....	58
3.3.4 Agregado. ....	59
3.3.5 Agregado fino.....	59
3.3.6 Agregado grueso.....	59
3.3.7 Ahuellamiento .....	59
3.3.8 Bitumen .....	59
3.3.9 Cemento asfáltico .....	59
3.3.10 Consistencia.....	59
3.3.11 Densidad .....	59
3.3.12 Desintegración.....	59
3.3.13 Grietas.....	59
3.3.14 Impermeabilidad.....	60
3.3.15 Mezcla asfáltica en caliente.....	60
3.3.16 Viscosidad. ....	60
3.3.17 Viscosidad absoluta. ....	60
3.3.18 Viscosidad cinemática.....	60
3.3.19 Zumo.....	60
3.3.20 PEN 85 100.....	60
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>61</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>61</b>
<b>3.1 Método y alcance de la investigación .....</b>	<b>61</b>
3.1.1 Método de investigación.....	61
3.1.2 Tipo de investigación .....	62
3.1.3 Nivel de investigación .....	63
<b>3.2 Diseño de la investigación.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3 Población y Muestra .....</b>	<b>66</b>
3.3.1 Población .....	66

3.3.2 Muestra .....	66
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>67</b>
3.4.1. Técnicas e instrumentos de investigación .....	67
3.4.2. Validez de los instrumentos de investigación .....	76
3.4.3. Procedimiento de recolección de datos .....	86
3.4.4. Confiabilidad de los instrumentos de investigación .....	110
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>113</b>
<b>4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....</b>	<b>113</b>
4.1.1. Análisis de la información del ensayo de Viscosidad para la dimensión “Cambios en la Reología del Asfalto”.....	113
4.1.2. Análisis de la información del ensayo de Susceptibilidad térmica para la dimensión “Cambios en la Reología del Asfalto” .....	117
4.1.3. Análisis de la información del ensayo de la dimensión “Propiedades mecánicas del asfalto” .....	122
4.1.4. Resultados estadísticos de la información.....	126
<b>4.2. Prueba de hipótesis .....</b>	<b>130</b>
4.2.1. Prueba de normalidad de las variables .....	130
4.2.2. Prueba de hipótesis.....	130
<b>4.3. Discusión de resultados.....</b>	<b>133</b>
4.3.1. Interpretación comparativa.....	134
4.3.2 Limitaciones del estudio.....	138
4.3.3. Importancia de los resultados .....	139
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>141</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>141</b>
5.1.1. Conclusión general de la investigación .....	141
5.1.2. Primera conclusión específica de la investigación .....	141
5.1.3. Segunda conclusión específica de la investigación .....	142
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>142</b>
5.2.1. Recomendación general de la investigación .....	142
5.2.2. Primera recomendación específica de la investigación.....	143
5.2.3. Segunda recomendación específica de la investigación.....	143
5.2.4. Recomendaciones personales.....	143
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>151</b>



<b>1. Matriz de consistencia .....</b>	<b>152</b>
<b>2. Operacionalización de las variables .....</b>	<b>153</b>
<b>3. Instrumentos de Investigación.....</b>	<b>154</b>
<b>4. Ficha de validación de instrumentos – Juicio de Expertos .....</b>	<b>164</b>
<b>5. Certificados de Laboratorio.....</b>	<b>167</b>
<b>6. Certificados de Laboratorio.....</b>	<b>190</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Operacionalización de variables. ....	26
Tabla 2. Análisis elemental para varios tipos de asfalto. ....	41
Tabla 3. Calidad de asfaltos de acuerdo a características .....	56
Tabla 4. Diseño de la Investigación.....	65
Tabla 5. Grupos de Control.....	66
Tabla 6: Cálculo del número de muestras.....	67
Tabla 7. Instrumento N°1: Ficha de recolección de datos de Estudios Previos del Cemento Asfáltico Pen 85-100 y Zumo de Alcachofa.....	69
Tabla 8. Instrumento N°2: Ficha de recolección de datos del Grupo de Control del Cemento Asfáltico de Pen 85-100 (sin adición del zumo de alcachofa). ....	72
Tabla 9. Instrumento N° 3: Ficha de recolección de datos del Grupo Experimental del Cemento Asfáltico Pen 85-100 en sus cambios de Reología con adición del Zumo de Alcachofa.....	74
Tabla 10. Criterios de validación del instrumento mediante Criterio de Expertos .....	78
Tabla 11. Presentación de expertos.....	79
Tabla 12. V de Aiken de Validación de Instrumentos por Criterio de Expertos .....	85
Tabla 13. Procedimiento de recolección de datos.....	86
Tabla 14. Tipo de cemento asfaltico según temperatura ambiente. ....	90
Tabla 15. Especificaciones básicas del asfalto .....	93
Tabla 16. Especificaciones básicas del bitumen.....	95
Tabla 17. Granulometría de piedra triturada de Matahuasi de ½” .....	96
Tabla 18. Granulometría de la arena zarandeada de Matahuasi .....	97
Tabla 19. Granulometría de la arena chancada de Matahuasi .....	98

Tabla 20. Granulometría de filler.....	99
Tabla 21. Granulometría del zumo de alcachofa .....	101
Tabla 22. Porcentaje de combinación para mezcla de agregado por MAC 2 .....	108
Tabla 23. Puntos críticos en los tamices de clasificación más fina .....	109
Tabla 24. Intervalo de proporciones del Alfa de Cronbach.....	110
Tabla 25. Alfa de Cronbach de la Variable Zumo de Alcachofa.....	111
Tabla 26. Alfa de Cronbach de la variable Envejecimiento del Asfalto.....	112
Tabla 27. Pesos por malla – ensayo Marshall.....	123
Tabla 28. Estabilidad, flujo y vacíos – Ensayo Marshall.....	124
Tabla 29. Análisis de la prueba de normalidad de la Viscosidad del 100% asfalto 85-100 .....	130
Tabla 30. Zumo de alcachofa como agente antioxidante que mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 .....	131
Tabla 31. Zumo de alcachofa como agentes antioxidantes en la mitigación del envejecimiento a corto plazo de la reología del cemento asfáltico de penetración 85-100.....	132
Tabla 32. Zumo de alcachofa como agentes antioxidantes en la mitigación el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100.....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de pavimentación de la superficie vial de la Red Nacional pavimentada. Tomada de <<Oficina General de Pavimento y Presupuesto>>, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú – GTT, 2015. ....	19
Figura 2. Cemento asfáltico deteriorado en Huancayo. Tomado de <<Pistas en Huancayo son dolor de cabeza para transportistas>>, por Diario Correo, 2015. ....	20
Figura 3. Tipo de superficie de rodadura en la Red vial de la Provincia de Huancayo. Tomado de <<Plan Vial Provincial Participativo de Huancayo 2012 – 2021>>, por Municipalidad Provincial de Huancayo, 2021, p. 93. ....	21
Figura 4. Estado de la superficie de la Red Vial de la Provincia de Huancayo. Tomado de <<Plan Vial Provincial Participativo de Huancayo 2012 – 2021>>, por Municipalidad Provincial de Huancayo, 2021, p. 95. ....	21
Figura 5. Destilación de asfalto. Tomado de <<The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification>>, por Lesueur, D. 2009, p. 44. ....	35
Figura 6. Diagrama de índice de penetración. Tomado de <<Análisis del proceso de oxidación del asfalto colombiano 80/100 en inmersión bajo agua: periodo 12-21 meses>>, por Cortés, H, 2012, pp. 20. ....	38
Figura 7. Rigidez del ligante asfáltico y ángulo de fase. Tomado de Tomado de <<The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification>>, por Lesueur, D. 2009, p. 46. ....	40
Figura 8. Grupos funcionales presentes en el asfalto. Destilación de asfalto. Tomado de <<The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification>>, por Lesueur, D. 2009, p. 49. ....	42

Figura 9. Máquina de comprensión para medir la Estabilidad Marshall. Tomado de <<Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el equipo Marshall INV E – 748 – 13>> en Secciones 700 y 800 – Materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos E – 748, pp.8. ....	45
Figura 10. Máquina de comprensión para medir la Estabilidad Marshall. Tomado de <<Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el equipo Marshall INV E – 748 – 13>> en Secciones 700 y 800 – Materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos E – 748, pp.9. ....	46
Figura 11. El modelo original coloidal: asfaltos tipo sol y tipo gel. Tomado de <<The Shell Bitumen Handbook>> por Bitumen, S. 1991, pp. 76. ....	49
Figura 12. Esquema fraccionamiento químico del material por elución de solventes. Tomado de <<Análisis del proceso de oxidación del asfalto colombiano 80/100 en inmersión bajo agua: periodo 12-21 meses>>, por Cortés, H, 2012, pp. 20.....	51
Figura 13: Partes de <i>Cynara scolymus</i> “Alcachofa”.....	57
Figura 14. Enfoque de investigación cuantitativo. Elaboración propia en base a Hernández. R; Fernández. C; Baptista. M, 2016, Metodología de la Investigación. ....	62
Figura 15. Diseño de investigación experimental. Tomado de <<Metodología de la Investigación>> por Hernández. R; Fernández. C; Baptista. M, 2016, p. 129.....	63
Figura 16. Diseño de investigación causa y efecto. Elaboración propia, .....	64
Figura 17. Diseño de la investigación para la construcción de los instrumentos en base a “Metodología de la Investigación” por Carrasco, D, 2008. ....	68
Figura 18. Fórmula para obtener el coeficiente de validez del instrumento. Universidad Continental.....	78
Figura 19. Localización de la zona de estudio de Huancayo. ....	87
Figura 20. Localización de la zona de estudios: Planta Chancadora de Matahuasi.....	88
Figura 21. Exploración de la zona de estudios para recolección de muestras de alcachofa, agregados y de cemento asfáltico de PEN 85-100.....	89
Figura 22. Estudios de campo de los agregados.....	90
Figura 23. Alcachofa en condiciones naturales. ....	91
Figura 24. Extracción de piedra natural zarandeada.....	91
Figura 25. Extracción de piedra 3/4.....	92
Figura 26. Extracción de piedra 1/2 .....	92
Figura 27. Extracción de Filler.....	92
Figura 28. Extracción de las muestras de Alcachofa .....	92
Figura 29. Ensayo granulométrico y tamizado de zumo de alcachofa y cemento asfáltico ....	94
Figura 30. Curva granulométrica de la piedra de 1/2” – Matahuasi - Elaboración propia.....	96
Figura 31. Curva granulométrica de la arena zarandeada – Matahuasi. Elaboración propia... ..	97
Figura 32. Curva granulométrica de la arena chancada – Matahuasi. Elaboración propia.....	98
Figura 33. Curva granulométrica de filler. Elaboración propia .....	99
Figura 34. Zumo alcachofa .....	100
Figura 35. Zumo de alcachofa en seco .....	100
Figura 36. Curva granulométrica del zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	101
Figura 37. Ensayos de viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100.....	102
Figura 38. Cemento asfáltico modificado al 2%, 5%, 7% y 10% de zumo de alcachofa ebullicionando .....	103
Figura 39. Caracterización y pesado de alcachofa en porcentajes de adición para ensayo de viscosidad.....	103
Figura 40. Acondicionamiento de los accesorios .....	104

Figura 41. Secado de muestra a temperatura ambiente.....	105
Figura 42. Ensayos en la prensa de Marshall .....	107
Figura 43. Aplicación de los instrumentos de investigación .....	109
Figura 44. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 sin adición de zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	113
Figura 45. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 2% zumo de alcachofa. Elaboración propia.....	114
Figura 46. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 5% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	115
Figura 47. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 7% zumo de alcachofa. Elaboración propia.....	116
Figura 48. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	117
Figura 49. Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100. Elaboración propia.....	118
Figura 50. Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100 s con adición de 2% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	119
Figura 51. Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100 con adición de 5% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	120
Figura 52. Susceptibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 con adición de 7% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	121
Figura 53. Susceptibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 con adición de 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	122
Figura 54. Curva granulométrica. Elaboración propia .....	123
Figura 55. Vacíos (%) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de cemento asfáltico. Elaboración propia .....	125
Figura 56. Flujo (mm) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de cemento asfáltico. Elaboración propia .....	125
Figura 57. Estabilidad (kg) del PEN 85-100 a distintos porcentajes del cemento asfáltico. Elaboración propia .....	126
Figura 58. Resumen de ensayo viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de 2%, 5%, 7% y 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	127
Figura 59. Resumen de susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100 con adición de 2%, 5%, 7% y 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia .....	128
Figura 60. Estabilidad (kg) por porcentaje de zumo de alcachofa adicionado. Elaboración propia.....	128
Figura 61. Flujo (mm) por porcentaje de zumo de alcachofa adicionado. Elaboración propia .....	129
Figura 62. Flujo (%) por porcentaje de zumo de alcachofa adicionado. Elaboración propia .....	129

## RESUMEN

Investigar sobre la mitigación del envejecimiento del cemento asfáltico de PEN 85-100 es importante, ya que en Huancayo existe la problemática de la poca vida útil de pavimentos debido a su oxidación y envejecimiento. Por ello, esta investigación se planteó como objetivo general, determinar si la adición del zumo de alcachofa en la mezcla asfáltica mitiga el envejecimiento a corto plazo del asfalto de PEN 85-100 en Huancayo. La metodología estuvo basada en el método científico de enfoque cuantitativo. La investigación es de tipo aplicada, de nivel experimental y de diseño experimental puro. La población estuvo conformada por 50 muestras manipuladas de asfalto y 60 muestras de mezcla asfáltica. La muestra estuvo dividida en grupos de volumen de adición de zumo de alcachofa y el cambio de viscosidad. El procedimiento consistió en añadir el zumo de alcachofa en los porcentajes de 2%, 5%, 7% y 10% a la mezcla asfáltica para medir los grupos experimentales y determinar la varianza de la mezcla sin zumo de alcachofa y con zumo de alcachofa. Para ello se utilizaron como instrumentos, una ficha de recolección de datos generales, una ficha de recolección de datos del cemento sin zumo de alcachofa y una ficha de recolección de datos para el asfalto con adición de zumo de alcachofa. El experimento se llevó a cabo en un laboratorio en Huancayo. Como resultados, se obtuvo que sí existe una varianza significativa y positiva en las dos variables. En la reología y en las propiedades mecánicas del asfalto ya que sus indicadores varían su comportamiento de manera positiva dando lugar a la mitigación del envejecimiento del asfalto. Y se concluye que el efecto de la adición del zumo de la alcachofa sobre el envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico posee una variación positiva ya que la viscosidad se torna más rígida a más proporción de zumo de alcachofa, la susceptibilidad térmica del asfalto se reduce y las propiedades mecánicas mejoran en la estabilidad. Se llegó a la conclusión que la influencia de la incorporación de zumo de alcachofa como antioxidante en el asunto de envejecimiento a corto plazo del bitumen PEN 85-100 consigue mejorar el endurecimiento en los porcentajes de 2%, y 5% cumpliendo con la trabajabilidad de la mezcla asfáltica y endureciendo en los porcentajes de los 7% y 10% donde los materiales se vuelven más rígidos.

**PALABRAS CLAVE:** Zumo de alcachofa, mezcla asfáltica, cemento asfáltico, viscosidad, susceptibilidad térmica, propiedades mecánicas.

## ABSTRACT

Investigating the mitigation of aging of PEN 85-100 asphalt cement is important since in Huancayo there is the problem of the short useful life of pavements due to their oxidation and aging. Therefore, the general objective of this research was to determine if the addition of artichoke juice to the asphalt mixture mitigates the short-term aging of PEN 85-100 asphalt in Huancayo. The methodology was based on the scientific method of quantitative approach. The research is of an application type, experimental level and pure experimental design. The population was made up of 50 manipulated asphalt samples and 60 asphalt mixture samples. The sample was divided into groups of artichoke juice addition volume and viscosity change. The procedure consisted of adding artichoke juice in percentages of 2%, 5%, 7% and 10% to the asphalt mixture to measure the experimental groups and determine the variance of the mixture without artichoke juice and with artichoke juice. For this purpose, a general data collection sheet, a data collection sheet for cement without artichoke juice, and a data collection sheet for asphalt with the addition of artichoke juice were used as instruments. The experiment was carried out in a laboratory in Huancayo. As results, it was obtained that there is a significant and positive variance in the two variables. In the rheology and mechanical properties of the asphalt since its indicators vary its behavior in a positive way, leading to the mitigation of the aging of the asphalt. And it is concluded that the effect of the addition of artichoke juice on the short-term aging of asphalt cement has a positive variation since the viscosity becomes more rigid with a higher proportion of artichoke juice, the thermal susceptibility of the asphalt is reduced. and the mechanical properties improve in stability. It was concluded that the influence of the incorporation of artichoke juice as an antioxidant on the short-term aging issue of PEN 85-100 bitumen manages to improve hardening in percentages of 2% and 5%, complying with the workability of the asphalt mixture and hardening at the percentages of 7% and 10% where the materials become more rigid.

**KEYWORDS:** Artichoke juice, asphalt mix, asphalt cement, viscosity, thermal susceptibility, mechanical properties.



## INTRODUCCIÓN

Comprender los fenómenos de oxidación del asfalto es clave para comprender cómo se comportará un ligante durante su vida útil. La forma en que se oxida el asfalto es fundamental para los ingenieros de diseño, ya que afecta las propiedades físicas y químicas, lo que significa que puede provocar una mayor susceptibilidad al agrietamiento. La oxidación es un fenómeno causado por los efectos combinados de muchos factores ambientales y de producción. Para muchas personas los términos oxidación y envejecimiento son en realidad iguales, lo que lleva a una comprensión incompleta de este fenómeno y, por tanto, de su diseño sin tener en cuenta todas las consideraciones que aseguran la durabilidad del material.

En Huancayo, existe la problemática de que el cemento asfáltico de PEN 85-100, asfalto que se usa primordialmente en la construcción de pistas y pavimentos, tiene una corta vida útil ya que presenta un envejecimiento y oxidación rápida. Por ello, la ciudad se encuentra repleta de huecos y malformaciones que entorpecen el tránsito vehicular y causan disturbio vehicular. Frente a ello, la presente tesis se planteó el objetivo de determinar si la adición del zumo de alcachofa en la mezcla asfáltica mitiga el envejecimiento del asfalto de PEN 85-100 en Huancayo actuando como agente antioxidante. Para ello fue necesario plantear un primer objetivo específico para determinar si el zumo de alcachofa mitiga el envejecimiento mediante la variación del comportamiento de la reología del asfalto en su viscosidad y en la susceptibilidad térmica, y un segundo objetivo específico para determinar si la adición del zumo de alcachofa genera la varianza de comportamiento positivo en las propiedades mecánicas del asfalto en su estabilidad y flujo.

El tema estudiado contempla el análisis de dos variables: los cambios en la reología del asfalto, y el cambio en las propiedades mecánicas del asfalto. Así mismo, cada variable posee cuatro indicadores: para la variable reología del asfalto, los indicadores son la viscosidad y la susceptibilidad térmica, y para la variable cambios en las propiedades mecánicas, los indicadores son la estabilidad y el flujo.

El método general utilizado para llevar a cabo la presente investigación fue el método científico con un enfoque cuantitativo debido a que la toma de datos y el procesamiento de los mismos corresponden a datos numéricos mediables y cuyo análisis es la principal fuente de obtención de resultados. La investigación es de tipo aplicada, de nivel experimental y de diseño experimental puro ya que la principal forma de analizar los datos es mediante el laboratorio en el que se llevaron las muestras de asfalto y zumo de alcachofa para someterlos a los diversos mecanismos de análisis para determinar la modificación del comportamiento de los indicadores

de las variables. Para ello, se contó con grupos de control y grupos experimentales. Los grupos de control estuvieron conformados por las mezclas asfálticas sin adición de zumo de alcachofa, mientras que los grupos experimentales estuvieron conformados por las mezclas asfálticas con la adición del zumo de alcachofa en diversos porcentajes de 2%, 5%, 7% y 10%. Cada grupo de control y cada grupo experimental corresponde a un indicador de las variables, es decir, un grupo de control para la viscosidad, uno para la susceptibilidad térmica, otro para la estabilidad y otro para el flujo, y del mismo modo los grupos experimentales.

La población estuvo conformada por 50 muestras manipuladas de asfalto y 60 muestras de mezcla asfáltica. La muestra estuvo dividida en grupos de volumen de adición de zumo de alcachofa y el cambio de viscosidad. Para el respectivo análisis se utilizaron como instrumentos, una ficha de recolección de datos generales correspondientes a los datos previos del cemento asfáltico de PEN 85-100 y del zumo de alcachofa, una ficha de recolección de datos del cemento que recolecta los datos de los 4 indicadores sin zumo de alcachofa y una ficha de recolección de datos para el asfalto que recolecta los datos de los 4 indicadores con adición de zumo de alcachofa.

La investigación comprende un primer capítulo sobre la parte expositiva en la que se plantea el problema del estudio y se delimita el mismo para identificar los objetivos generales y específicos de la investigación, se presentan las hipótesis de investigación, la justificación de la misma y se presentan las variables. Posteriormente se presenta un segundo capítulo en el que se expone el marco teórico que contiene los antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, las bases teóricas construidas a partir de las variables y sus indicadores, y la definición de los términos usados. Luego se presenta el tercer capítulo en el que se explican todos los pormenores con respecto a la metodología de la investigación, en donde se encuentra el método, nivel, diseño, población, muestra, las técnicas de recolección de datos, y el procedimiento de recolección de datos. Y se presenta el cuarto capítulo en el que se plasman los resultados de la investigación por cada variable e indicador, y se presenta la discusión de los resultados con los resultados de las investigaciones citadas.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación, esperando que haya sido de utilidad la lectura de la presente investigación, y que contenga un alto nivel de contribución al tema dentro de la comunidad de Ingeniería Civil.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1 Planteamiento del problema

La producción mundial de ligante asfáltico se estima en 87 millones de toneladas al año, de las cuales aproximadamente el 85 % se utiliza para la construcción de pavimentos asfálticos (1); principalmente con tecnología de mezcla asfáltica en caliente. El rápido crecimiento poblacional conduce a un aumento del tráfico, la carga y la necesidad de construir carreteras pavimentadas en todo tipo de climas que brinden un rendimiento favorable durante su vida útil (2).

La calidad de la carretera depende del diseño estructural, los procesos de construcción y los materiales utilizados para su construcción. En cuanto a la calidad de la capa asfáltica, es función directa de la calidad de la mezcla asfáltica en caliente tanto en su diseño como en el control de producción (3).

A **nivel internacional** de acuerdo a la Empresa Británica British Broadcasting Corporation (CORPORACIÓN BRITÁNICA DE RADIODIFUSIÓN), por medio del artículo “BBC MUNDO” (04 de enero 2016): en su estudio sobre carreteras viales menciona que pocos símbolos son tan notorios de los límites del desarrollo en América Latina como el mal estado de las carreteras. Sin embargo, los países desarrollados y subdesarrollados tienen condiciones de infraestructura muy diferentes, y esto no siempre se basa en la riqueza o la pobreza relativas. Algunos países ahora tienen problemas conocidos con el mantenimiento de las carreteras. Como prueba de ello tenemos a Haití, que construyó 4.266 kilómetros de vías, “Paraguay y Colombia, cuya población no está satisfecha con el estado de las vías. Por otro lado, en la lista del Banco Mundial, países como Nicaragua y Bolivia están clasificados como los peores en términos de infraestructura vial.” (4).

Cabe señalar que incluso en los países desarrollados existen falta de infraestructura vial, tal vez por la cantidad el crecimiento demográfico, el suelo y su adecuado estudio de temperatura o tal vez un nuevo tipo de diseño debería ser considerado camiones pesados, pero principalmente estimar los costos. Una característica del cemento asfáltico a considerar es el envejecimiento, y se ha intentado simular el envejecimiento mediante diferentes procedimientos con el objetivo de representar los cambios que sufren el cemento y el hormigón asfálticos durante su uso. Cuando el cemento asfáltico reacciona con el

oxígeno, se oxida, lo que hace que se vuelva duro y quebradizo. El punto clave es el calentamiento del cemento asfáltico durante el mezclado y la compactación.

Uno de los fenómenos que provoca el deterioro de las mezclas asfálticas es el envejecimiento. Por lo tanto, las mezclas asfálticas deben diseñarse y construirse para resistir no sólo las cargas impuestas por el tráfico sino también los efectos del envejecimiento.

El envejecimiento del cemento asfáltico se considera hoy en día como una de las principales causas del deterioro de la superficie de los pavimentos que son flexibles. Este se presenta en forma de desprendimiento del agregado pétreo a nivel general o también a la pérdida de la capa de rodadura a nivel particular (5).

Los mecanismos implicados en el proceso de envejecimiento están relacionados con cambios químicos, físicos, mecánicos y reológicos. Los cambios químicos son principalmente volatilización y oxidación y son irreversibles, mientras que los cambios físicos son reversibles. En ambos casos, la estructura molecular del aglutinante se reorganiza, provocando que el asfalto y la mezcla asfáltica se endurezcan, por lo que la mezcla lentamente se convierte en un material quebradizo y más susceptible a agrietarse.

Según la fracción de Corbett, la estructura química del asfalto contiene compuestos saturados, naftenos aromáticos, compuestos aromáticos polares y asfaltenos, entre los cuales los naftenos aromáticos y los compuestos aromáticos polares son los que se oxidan con mayor facilidad o facilidad. (6). Según varios estudios, durante la oxidación de la breya se produce una reacción para formar compuestos como sulfóxidos y grupos carbonilo, que a su vez provoca la acumulación de grupos polares en el material. Conducir al aumento de la rigidez mencionado anteriormente (7).

A **nivel nacional**, de acuerdo a un artículo sobre la problemática de la infraestructura vial en el Perú (24 de setiembre del 2020) sostiene que este problema se caracteriza por una clara falta de calidad y cantidad, porque como todo los peruanos sabemos de primera mano y esperamos que todas las autoridades no le den la atención necesaria, y ese es el mayor problema del desarrollo a nivel de suelo, porque si construyéramos una red vial, no solo daríamos conectividad a ciudades lejanas, sino también empleos. Para su construcción y mantenimiento. Las metas se basan en ciertos estudios donde pensamos que sería oportuno decirle a la población por qué la falta de infraestructura vial está obstaculizando el desarrollo. Fundación. La carretera es la mejor inversión financiera en el sector vial, porque contribuye al desarrollo de los negocios. El asfalto cambia cuando se calienta o envejece. Tiende a volverse duro y quebradizo y también pierde parte de su capacidad para

adherirse a las partículas de agregado. Estos cambios se pueden minimizar comprendiendo las propiedades del asfalto y tomando medidas durante la construcción para garantizar que el pavimento terminado se construya de manera que ralentice el proceso de envejecimiento. (4).

La aparición de fallos prematuros del pavimento asfáltico reducirá el confort, la seguridad y la eficiencia de la carretera. En esta región, el agrietamiento por humedad, el desgaste por el tránsito y el ahuellamiento por deformación permanente son factores que afectan directamente el desempeño de los pavimentos asfálticos. Este proceso da como resultado un aumento en la polaridad de las moléculas de betún. Esto significa que la respuesta física del material aumentará la dureza y la rigidez. (6).

Así mismo, en el caso peruano, de acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, se han realizado más de 15,000 km de carreteras que tienen como principal material de base el pavimento asfáltico. Sin embargo, estas poseen una gran debilidad que a lo largo de los años se ha ido evidenciando en todo el país, y es que la deformación permanente es la principal causa de deterioro de pavimentos por tal motivo es imperioso conocer las causas mediante el estudio del cemento asfáltico en Perú. Cabe mencionar también que la deformación permanente se presenta en las diversas etapas de una estructura del pavimento, por lo tanto las causas también serán diversas (8).

Lo mencionado se observa en la Figura N°1, ya que, de acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el Perú, la Red Nacional Pavimentada alcanza el 70%, y la no pavimentada alcanza el 30%. En zonas rurales, solo el 2% de la red está pavimentada, mientras que, a nivel departamental, los niveles de pavimentación alcanzan el 14%.



Figura 1. Porcentaje de pavimentación de la superficie vial de la Red Nacional pavimentada. Tomada de <<Oficina General de Pavimento y Presupuesto>>, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú – GTT, 2015.

Entonces, el 70% de las pavimentaciones en Perú sufren de problemáticas como el envejecimiento, la fisura por fatiga, la deformación permanente, etc. del pavimento asfáltico que son ocasionadas por diversos factores como el mal proceso constructivo, una mala mezcla asfáltica con agregados incorrectos, el cambio climático, ente otros (9).

A **nivel local**, en la ciudad de Huancayo, es bien conocida la problemática del envejecimiento de la pavimentación ya que, como se observa en la Figura N° 2 los ciudadanos de a pie, se topan a cada momento con los conocidos huecos en las pistas, los cuales resultan muy molestos para el tránsito vehicular y para los transeúntes. Un conductor puede gastar hasta s/1,500.00 soles anuales en la reparación de llantas dañadas por los baches y pistas deterioradas. Así mismo, no solo las pistas en la ciudad de Huancayo presentan esta problemática, sino también las pavimentaciones en dirección a los demás distritos de la Región Junín (10).



*Figura 2.* Cemento asfáltico deteriorado en Huancayo. Tomado de <<Pistas en Huancayo son dolor de cabeza para transportistas>>, por Diario Correo, 2015.

Si bien la mala planificación y carencia de elaboración de proyectos técnicos propician esta problemática, como indica José Castillo, ex titular de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de la Municipalidad Provincial de Huancayo (10), desde nuestra perspectiva, las causas son también los factores antes mencionados que favorecen el deterioro y envejecimiento de la pavimentación asfáltica.

Así mismo, como se observa en la Figura N° 3, la longitud en kilómetros del tipo de superficie de rodadura para la Red Vial Vecinal de la Provincia de Huancayo, es únicamente del 6% equivalente a 49.37 kilómetros para el cemento asfáltico, siendo la mayoría con el 57% equivalente a 487 kilómetros el tipo de superficie trocha, el 15% equivalente a 132 kilómetros para superficie afirmada, y el 22% equivalente a 185 kilómetros para superficie sin afirmar (11) .

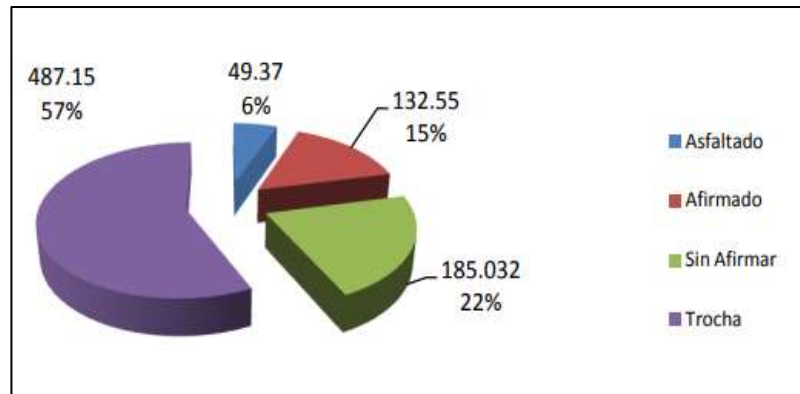


Figura 3. Tipo de superficie de rodadura en la Red vial de la Provincia de Huancayo. Tomado de <<Plan Vial Provincial Participativo de Huancayo 2012 – 2021>>, por Municipalidad Provincial de Huancayo, 2021, p. 93.

Si bien el bajo porcentaje de pavimentación asfáltica en Huancayo de por sí es ya un indicador de lo que se mencionaba inicialmente sobre la pavimentación como indicador del desarrollo socioeconómico de los países en el mundo, es incluso más preocupante que del total de la superficie de la red vial vecinal de Huancayo, se obtenga que existe un alto porcentaje de 42% equivalente a 354 kilómetros de pavimentación en estado regular, es decir, que la pavimentación o la superficie no se encuentra en estado óptimo para su correcto funcionamiento. Así mismo, el 27% de esta, equivalente a 231 kilómetros, se encuentra en mal estado, de acuerdo a la Figura N° 4.

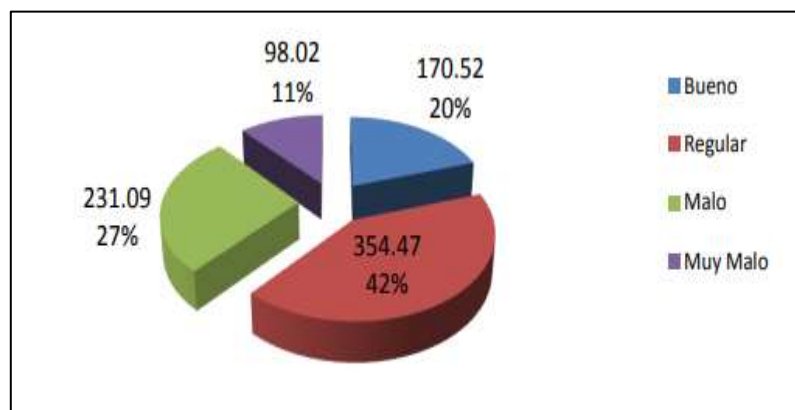


Figura 4. Estado de la superficie de la Red Vial de la Provincia de Huancayo. Tomado de <<Plan Vial Provincial Participativo de Huancayo 2012 – 2021>>, por Municipalidad Provincial de Huancayo, 2021, p. 95.

Teniendo en cuenta lo expuesto hasta ahora, se puede afirmar que la pavimentación en Huancayo es el reflejo de la problemática de la pavimentación asfáltica a nivel nacional, que como se indicó, afronta el envejecimiento, la deformación permanente y otros.

Además, Huancayo presenta un clima frío, por lo que éste se convierte en un tema interesante por investigar, para así darle más tiempo de vida a la mezcla asfáltica ya que si éste se enfría más de lo debido pierde propiedades necesarias, se vuelve inservible y ya solo se optaría por desecharlo o utilizarlo como agregado, según sea el caso.

Actualmente, el proceso de envejecimiento del asfalto está relacionado con su grado de oxidación, lo que provoca cambios físicos y químicos en su estructura molecular. (12). Asimismo, el envejecimiento cambia las propiedades inherentes del asfalto como dureza, rigidez, cohesión y adherencia en comparación con el asfalto nuevo. "El proceso de oxidación del alquitrán corresponde a una reacción química irreversible entre el material y el oxígeno atmosférico"(7). Por tal motivo, pretendemos centrar el estudio en el envejecimiento del asfalto relacionado con su proceso de oxidación para identificar de ese modo una metodología útil que contribuya a la anti oxidación del asfalto que prolongue la vida útil de la pavimentación en la ciudad de Huancayo a raíz de la problemática antes identificada.

A nivel nacional e internacional, se han realizado diversas investigaciones sobre los antioxidantes que contribuyen a retener el proceso de envejecimiento del asfalto, así como el orujo de uva roja implementado como antioxidante del asfalto por un grupo de investigación de la Universidad de Costa Rica (12).

En este sentido, este estudio tuvo como objetivo utilizar el jugo de alcachofa como aditivo antioxidante en betún, ya que es un material que contiene compuestos fenólicos antioxidantes como ácidos fenólicos, antocianinas, flavonoles y catequinas. Por tanto, el propósito de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de jugo de alcachofa al asfalto y sus propiedades antioxidantes tanto al aire libre como en laboratorio.

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad Huancayo 2023?

### **1.2.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023?
- b. ¿Cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica elaborada con cemento asfáltico envejecido de Penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023?



## **1.2 Determinación de objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.
- b. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica elaborada con cemento envejecido de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

## **1.3 Justificación e Importancia del estudio**

### **1.3.1 Justificación Teórica**

El estudio se centró en analizar los procesos de envejecimiento a corto plazo que ocurren durante las etapas de almacenamiento, preparación, transporte y colocación del asfalto. Para ello, se probarán muestras de betún crudo en cuanto a viscosidad, ductilidad y penetración y se modificarán añadiendo jugo de alcachofa. También se realizará la medición de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica mediante ensayos de muestras de laboratorio.

### **1.3.2. Justificación Metodológica**

La justificación metodológica de este trabajo se centra en la adición de taninos complejos como antioxidantes, lo cual se relaciona con estudios previos sobre adiciones de antioxidantes, excepto que este compuesto está disponible en el ambiente local.

### **1.3.3 Justificación Social**

El fundamento social de este estudio es que al mejorar la calidad de las mezclas asfálticas se puede esperar una mayor durabilidad y una vida útil más larga. Esto significa ahorros en costos de mantenimiento, así como ahorros en el presupuesto estatal, que pueden destinarse al gasto social.

### **1.3.4 Importancia del estudio**

La presente investigación tiene como importancia la práctica al aporte de información útil obtenida de su desarrollo en laboratorio que permite saber el efecto de la adición de zumo de alcachofa en el proceso de envejecimiento del asfalto y sus consecuencias

en el comportamiento de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos envejecidos.

Esta investigación servirá como base teórica muy importante para ampliar el conocimiento de la ingeniería del transporte, porque a través de las pruebas de viscosidad y Marshall, permitirá el descubrimiento de nuevos valores de comportamiento e insumos de aplicación para mejorar la calidad de más mezclas asfálticas.

#### **1.4 Delimitación del proyecto**

En cuanto a la delimitación de la viabilidad de las fuentes, encontramos limitada información respecto a la variable de zumo de alcachofa, ya que tiene muy poca investigación de su uso como agente antioxidante en el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico.

La delimitación del tiempo para esta investigación es real ya que se realizarán ensayos de laboratorio en pocos meses y se empleará el zumo de alcachofa como una variable que por su poca investigación se demandará de mayor tiempo en su investigación.

En cuanto a la delimitación económica se hace presente en esta investigación ya que los ensayos de laboratorio que se van a realizar tienen un costo bastante considerable y también los pasajes y compra de tallo de alcachofa conforman la limitación económica.

#### **1.5 Hipótesis y variables**

##### **1.5.1 Hipótesis Principal**

H0: La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

##### **1.5.2 Hipótesis Específicas**

H1: La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de la reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

H2: La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

##### **1.5.3 Variables**

**Variable Dependiente = Y**

Envejecimiento del asfalto

**Variable Independiente = X**

Zumo de alcachofa

**Operacionalización de variables**

El comportamiento de la variable independiente afecta directamente a la variable dependiente, representándose de la siguiente manera:

**GRUPOS DE CONTROL**

**GE (R) X O1, O2**

**GC (R) – X O1, O2**

✓ Donde:

GE: Grupo experimental de cemento asfáltico de PEN 85-100

GC: Grupo de control de cemento asfáltico de PEN 85-100

X: Adición de zumo de alcachofa en porcentajes

O1: Medición de los cambios de reología del cemento asfáltico de PEN 85-100

O2: Medición de los cambios de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de PEN 85-100

Tabla 1. *Tabla de Operacionalización de variables.*

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TIPO DE VARIABLE (EMPÍRICA) / ESCALA DE MEDICIÓN</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
a. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad Huancayo 2023.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Envejecimiento del asfalto	Definida como la pérdida de las propiedades del asfalto por cambios molecular del asfalto, etc.	• Cambios de Reología del Asfalto	La variable dependiente es afectada por la variable independiente	• Viscosidad. • Susceptibilidad térmica	Cuantitativa / Razón	• Brookfield (Pa.s.)/Grados C° • (Pa.s.)/Grados R°
			• Cambios de Propiedades mecánicas del Asfalto		• Estabilidad • Flujo	Cuantitativa / Razón	• Kg • mm
b. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica elaborada con cemento envejecido de Penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Zumo de alcachofa	Adiciones de zumo de alcachofa produce cambios en el comportamiento molecular del asfalto.	• Porcentaje de adición zumo de alcachofa.	La variable independiente afecta directamente a la variable dependiente	• Porcentaje de zumo de alcachofa: 2% 5% 7% 10%	Cuantitativa / Razón	En función del peso del asfalto

*Nota:* Elaboración propia en base a la metodología de la investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la Investigación

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Rojas. G; Arias. E; Aguiar. J; Baldi. A, (2021), presenta la investigación titulada “Modificación del asfalto con orujo de uva roja como material antioxidante”, la cual tuvo como **objetivo** evaluar las propiedades antioxidantes del orujo de uva roja y determinar si posee algún aporte al adicionarlo al asfalto. La **metodología** utilizada fue experimental y aplicada, que se basó en la modificación del asfalto con orujo de uva roja en porcentajes de 1%, 2% y 3% como agente antioxidante. Para ello, los investigadores secaron el orujo durante 3 días en un horno para posteriormente someterlo a un molino y adquirir una textura homogénea, de ese modo lo mezclaron con el asfalto y prepararon 8 bandejas de la mezcla. Dejaron 7 de ellas a la intemperie, y sometieron la última a oxidación con lámparas UV. El grado de oxidación se estimó a partir de espectroscopia infrarroja, tomándose tres grupos funcionales como parámetros de referencia: índice de carbonilos, índice de dobles enlaces carbono-carbono e índice de sulfóxidos. Tras ese proceso, se obtuvo como **resultado** que la mezcla del asfalto con el orujo crea señales de grupos funciones que no se presentan en un asfalto convencional no modificado, como por ejemplo la fracción de carbonilos presente en la mezcla modificada que es consecuencia de los aditivos que aporta el orujo. Del mismo modo, al aumento en el índice del sulfóxido es consecuencia del aditivo. En caso a ello, los investigadores llegan a la **conclusión** de que el uso del 3% de orujo en la mezcla retarda la presencia de enlaces dobles y de sulfóxidos en el transcurso de las semanas iniciales a exposición, por lo que recomiendan realizar una investigación con porcentajes de orujo mayor al 3% para determinar el efecto del aditivo a mayores concentraciones y realizar modificaciones el método de oxidación con radiación UV en laboratorio. A comentario personal, consideramos que esta investigación resulta de gran aporte para la presente tesis ya que proporciona datos sobre el proceso metodológico seguido para realizar la combinación de orujo y asfalto, así como los métodos de obtención de resultados. Los resultados a los que llegan los investigadores son de gran aporte dentro del campo de tratamiento del asfalto para determinar su actividad oxidativa, lo cual contribuye al acercamiento a un mejor manejo del asfalto para diversos objetivos y fines (12).

Guerrero, E. (2019), realiza la tesis de maestría denominada “Influencia de la temperatura y el tiempo de mezclado en la modificación de un cemento asfáltico” presentado en la Universidad Santo Tomás de Bogotá. Dicha investigación tiene como **objetivo** analizar la influencia de la temperatura y los tiempos de exposición de asfaltos que son modificados en

vía húmeda, sobre las propiedades físicas del cemento asfáltico e identificar cuál es su respuesta a las cargas monolíticas, cargas máximas de soporte y desgaste a través del ensayo Cantabro de la mezcla en caliente MDC-19. A nivel **metodológico**, la investigación fue experimental, en donde se recurrió en principio a la búsqueda de referencias bibliográficas, para luego conseguir los materiales, como el cemento asfáltico tipo CA 60-70, para someterlo a caracterización en laboratorio y establecer su viscosidad, punto de ablandamiento, índice de penetración, penetración, ductibilidad, peso específico de asfaltos a través de los ensayos de resistencia al desgaste en la máquina de los Ángeles, Micro – Deval, valor azul de metileno, y otros tipos de ensayos de acuerdo al método INV.E-218, 34 y otros. Luego se realizó el diseño del diseño de control, luego se aplicó en Ensayo Marshall, ensayos de tracción indirecta, ensayo cantabro y otros para proceder a los análisis estadísticos y redacción de informes técnicos. Como **resultado**, el investigador obtuvo que en cada ensayo realizado un porcentaje de varianza en cada aspecto del cemento asfáltico analizados como en la estabilidad, viscosidad, penetrabilidad, y otros. Y como **conclusión**, los autores afirman que la exposición del cemento a temperaturas elevadas posee un impacto positivo en la pérdida de vulnerabilidad que hace que la mezcla sea más rígida, por lo tanto, se deben de utilizar temperaturas elevadas para realizar la mezcla del asfalto porque ello aumenta su consistencia y disminuye la penetración. A nivel personal, considero que esta investigación es de suma relevancia para la investigación en curso ya que conocer el nivel de temperatura en el que debe mezclarse el asfalto es necesario como factor a tomar en cuenta en el proceso de determinación del envejecimiento que se plantea estudiar (13).

Fuente, L.; Peñaranda, J.; Patiño, M. (2022), presentan el artículo de investigación científica denominado “Comparación del comportamiento de un cemento asfáltico modificado con desecho de PEBD y otro modificado con desechos de PVC, el cual tiene por **objetivo**, realizar la comparación de los aspectos positivos y negativos resultantes de la modificación de cementos con argumentos documentados a través del análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio en Bogotá y Medellín, para lo cual se buscó tomar en consideración las propiedades químicas, físicas o mecánicas y reológicas de los distintos materiales que mejoran las características del asfalto, así como analizar el comportamiento que tienen para aumentar la durabilidad del asfalto cuando son utilizados como modificadores del cemento. A nivel de **metodología**, los investigadores, utilizaron el método científico con enfoque cualitativo a raíz de la comparación del uso del PVC y PEBD realizando dicha comparación mediante los estudios del INVIAS. Como **resultados**, se obtuvo que el PVC tiene la estabilidad más alta que el PEBD cuando se le añade el 5% de PVC, así mismo se observó que la adición de PVC, PEBD al cemento, supera en ambos casos el umbral de estabilidad

que una mezcla convencional de acuerdo a la normativa colombiana. Así mismo, en base a la comparación que realizan los autores con investigaciones realizadas en otros artículos, se obtiene que el PVC tiene menor disminución a la deformación que en caso de la adición del PEBD, ya que la adición del PVC dentro del rango de 5% a 3.5% muestran deformación del 25% al 41%. Como **conclusión**, el autor menciona que la mezcla asfáltica modificada MDC-2 con desechos de PVC posee mayor viabilidad para emplearse en Colombia, lo cual sería una gran oportunidad de que la cantidad de restos plásticos usados se reutilicen para la construcción y elaboración de pavimentos asfálticos modificados. A nivel personal, considero que la población debería de estar enterada sobre estos resultados y las autoridades deben aplicar lo descubierto y concluido ya que no solo es una problemática en nuestra región, sino en todo el mundo, que los desechos de plástico sean exponentes de la contaminación ambiental, por lo tanto, su reutilización masiva sería de gran ayuda desde la ingeniería civil y este enfoque de construcción (14).

Según (15) En su estudio titulado “Fenómenos de envejecimiento en asfalto y mezclas asfálticas”, este artículo presenta una revisión de la literatura sobre los fenómenos de envejecimiento que experimentan el asfalto y las mezclas asfálticas. El envejecimiento afecta el desempeño de los pavimentos flexibles y la magnitud de su efecto depende de una combinación de las propiedades de los materiales (variables intrínsecas) y las influencias ambientales que actúan sobre ellos (variables extrínsecas). Las variables intrínsecas incluyen las propiedades del betún y los agregados, el contenido de betún en la mezcla, el espesor y el contenido de huecos de la película de betún. Las variables extrínsecas corresponden a dos momentos de la mezcla asfáltica; el primero, llamado envejecimiento de corto plazo, está relacionado con el proceso de producción y colocación de la mezcla, y el segundo, llamado envejecimiento de largo plazo, está relacionado con la exposición a la misma. -condiciones ambientales del sitio durante su uso. El proceso de envejecimiento se produce a través de tres mecanismos: volatilización, oxidación y endurecimiento estérico. Para simular este fenómeno en laboratorio se realizaron pruebas de envejecimiento acelerado mediante temperatura, presión y fotodegradación, a partir de las cuales se crearon modelos empíricos y semiempíricos. Como resultado de estos ensayos se observó un aumento del módulo complejo y una disminución del ángulo de fase del betún. En el caso de las mezclas se puede observar que la rigidez también aumenta y la mezcla tiende a ser quebradiza y por tanto la vida a fatiga disminuye. Los cambios químicos se manifiestan como la formación y el aumento con el tiempo de grupos funcionales carbonilo y sulfóxido. Finalmente, se discuten algunos modelos para predecir el envejecimiento. En resumen, podemos confirmar que la investigación de los fenómenos de envejecimiento es una tarea importante en la ingeniería de pavimentos.

Según (16) En su trabajo de investigación titulado “Control del envejecimiento del asfalto mediante adición de polvo de orujo deshidratado (un producto biológico de la industria orgánica)”, la industria vitivinícola genera aproximadamente 10 millones de toneladas de residuos (orujo) cada año. Este bioproducto es rico en antioxidantes (Capacidad de Absorción de Radicales de Oxígeno, ORAC 650Umol equivalente Trolox/g) y actualmente supone un problema para la industria al constituir un material contaminante que carece de reutilización a gran escala. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue evaluar el potencial de reutilizar este residuo como antioxidante en ligantes asfálticos para reducir el daño oxidativo al material. En este estudio se utilizaron dos tipos de orujos, uno de una cepa Cabernet Sauvignon y otro de una cepa Chardonnay, ambos únicos en cuanto a las propiedades de las cepas que las componen y al proceso de elaboración que posteriormente se realizan. descartado diferente. El estudio incluye una descripción completa del proceso de adquisición de residuos, almacenamiento y adquisición de formulaciones antioxidantes. Para evaluar el efecto de la adición de antioxidantes a los ligantes asfálticos, las muestras se sometieron a un envejecimiento estandarizado a corto y largo plazo según los estándares SUPERPAVE (RTFOT y PAV). Dado que estos tratamientos corresponden a métodos de envejecimiento acelerado en laboratorio, también se incluyó un proceso de envejecimiento de la película a 60°C por una duración de hasta 6 meses. Esto nos permitió observar los efectos de agregar formulaciones antioxidantes durante un período prolongado de tiempo en condiciones de envejecimiento en tiempo real. Posteriormente, los cambios en las propiedades físicas de alta y baja temperatura, las propiedades reológicas y la estructura molecular del ligante asfáltico se controlan mediante la evolución de los componentes de asfaltenos. Además, el grado de rendimiento de las muestras se caracterizó según el método SHRP. Los resultados muestran que el uso de polvo de orujo de frutas deshidratadas como formulación antioxidante muestra beneficios en la reducción del daño oxidativo en los asfaltos estudiados, siendo óptima una adición del 10% en peso respecto al conglomerante ya que fue efectivo en todas las pruebas. Se demostraron beneficios. tanto en formulaciones antioxidantes para el tratamiento de envejecimiento en laboratorio como en el tratamiento de envejecimiento cinematográfico (no acelerado). Las muestras suplementadas con un 10 % de antioxidante de cepa Cabernet Sauvignon mostraron una reducción del 39 % en los parámetros de fatiga y una mejor resistencia al agrietamiento a baja temperatura (aumento del 23 % en el valor m) después de un envejecimiento prolongado. Las muestras a las que se les añadió un 10 % de antioxidantes de la cepa Chardonnay disminuyeron un 30 % y aumentaron un 20 % respectivamente bajo el mismo índice. Por otro lado, se puede observar que luego del proceso de producción del preparado antioxidante, el orujo conserva un alto nivel de capacidad antioxidante y que esta capacidad antioxidante es estable en condiciones normales de almacenamiento durante al menos 27 días, lo que constituye la presente



evaluación. periodo de tiempo. estudiar. Se recomienda complementar los resultados de este estudio realizando experimentos con mezclas asfálticas elaboradas a partir de conglomerantes asfálticos con la adición de formulaciones antioxidantes para verificar el efecto de la adición sobre el comportamiento de la matriz agregado-conglomerante.

### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

Peña, J. (2019) En la Universidad Ricardo Palma se publicó el trabajo titulado “Propiedades mecánicas de mezclas asfálticas calientes con incorporación de cenizas volantes de la Central Térmica de Ilo”, cuyo objetivo fue determinar el porcentaje de incorporación de cenizas volantes provenientes de la central térmica de Ilo. Planta que mejoraría las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente. Utilizando el método deductivo, el método de orientación aplicada y el método cuantitativo, se analizó la composición química "(Dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) + Óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) + Óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )) que produce cenizas volantes con gran actividad de ceniza volcánica" con base en los métodos existentes. Teoría: La incorporación de diferentes proporciones de cenizas volantes (0,25%, 0,35%, 0,50%, 0,75%, 0,85% y 1,0%) a las cargas minerales puede solucionar el problema de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente. Esto obtiene estabilidad y aumenta el asfalto. Caracterización de la resistencia a la adherencia con agregados El tipo de estudio fue descriptivo, caracterizando primero el tamaño de partícula de los tipos MAC-2 y PEN 85/100, incorporando también variables relevantes para las cenizas volantes en rellenos minerales y finalmente en los valores Marshall. Obtenidos en la prueba (estabilidad - flujo), resistencia a la tracción indirecta (TSR) y rueda de hamburguesa. Mediante este estudio se encontró el contenido óptimo de betún, según la prueba de Marshall, generalmente se produjeron 96 briquetas. 0,75% y 0,85% de incorporación de cenizas volantes, la estabilidad muestra una tendencia creciente: el valor del caudal se acerca a 3853 kg/cm, mientras que para una incorporación de 1,0% alcanza 3892 kg/cm con una incorporación de 0,75% de cenizas volantes. La prueba alcanzó el 86,5% (frente al 80,6% original), con una reducción del 73,92% respecto a la profundidad de surco especificada. Se concluyó que la incorporación de ceniza volante debería ser inferior al 0,75%, lo que garantizaría un mejor rendimiento de la maquinaria. evitar daños debidos a deformaciones permanentes. (17).

Arévalo, M. & Figueroa, C. (2022), presentan la tesis denominada “Uso de residuos de poda de arándanos para mitigar la oxidación del cemento asfáltico en climas fríos de la Libertad”, la cual tiene por **objetivo**, demostrar que la añadidura de residuos de arándanos disminuye la oxidación del cemento asfáltico para proponer dicho residuo como alternativa ecológica para diversos problemas dentro de la industria de la construcción. La **metodología** utilizada fue de investigación experimental que requirió ensayos en laboratorio físicos y reológicos,

para ello se recolectaron los materiales como el cemento asfáltico de PEN 85-100, los residuos de poda de arándanos, se realizó la preparación de muestras constituidas por el polvo de residuos de poda de arándanos, la modificación del cemento asfáltico, y se aplicaron métodos para el envejecimiento del asfalto a corto plazo y las pruebas de caracterización física que contemplan los estudios de penetración, punto de ablandamiento, ductibilidad, viscosidad rotacional, y las pruebas de caracterización reológicas que contempla el análisis de reómetro de corte dinámico. Finalmente se realizó el análisis estadístico para hallar los **resultados**. Estos dieron que, si existen porcentajes de adición de los residuos de arándanos que modifican la reología y las propiedades físicas del cemento asfáltico, como la viscosidad, índice de oxidación, índice de penetración, punto de ablandamiento y otros. Como **conclusiones**, los investigadores determinan que los valores de penetración y ductibilidad disminuyen cuando la viscosidad y punto de ablandamiento aumentan, por lo tanto que el contenido de residuos de pda de arándanos es mayor, por lo tanto que la adición de este residuo al cemento asfáltico en climas fríos si contribuye a la disminución de la contaminación ambiental que provocan las industrias productoras de arándanos ya que en vez de quemar dichos residuos, se pueden usar como agente antioxidante para modificar el cemento asfáltico. A comentario personal, este estudio es un aporte importante para la industria constructora y la industria de procesamiento de arándanos, así como un gran aporte a la tesis planteada (18).

Sosa, E. (2018), presenta la tesis titulada “Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica tibia aplicando aditivo orgánico, Lima – Perú 2018”, la cual tiene como **objetivo** principal realizar la evaluación de cómo interviene un aditivo orgánico en las propiedades mecánicas del asfalto en tibio, cuya **metodología** estuvo basada en un diseño experimental, en la que su variable dependiente es modificada por a independiente. Así mismo, la técnica de recolección de datos fue la observación directa mediante el instrumento denominado ficha de recopilación de datos. Y como método de análisis de datos se utilizó la estadística. Los **resultados** obtenidos son que, de acuerdo a la granulometría, el tamaño máximo nominal del agregado es de ½ con 58% retenido, a nivel de la durabilidad, esta es menor al requerido de 18%, con respecto al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm se encontró el rango de 10 a 45% de pérdida por desgaste, entre otros resultados obtenido a través de los análisis de laboratorio. Como **conclusión**, cuando se considera una dosificación de agregado orgánico fuera del rango, disminuyeron los valores de las propiedades reológicas, físicas y mecánicas del asfalto lo cual produce consecuencias desfavorables en el cemento. A nivel de comentario, considero que la adición de agregados de naturales orgánicos como los utilizados en la investigación analizada, son viables de análisis dentro

del ámbito profesional de la ingeniería civil, y que estos deben seguir realizándose para tener una amplia gama de propuestas a nuestra sociedad en común (19).

Según (20) En su estudio “Evaluación del Envejecimiento de Mezclas Asfálticas que Contienen Cenizas Agroindustriales en las Zonas Urbanas de Begota y Huaura, Lima, Perú” se plantea que el envejecimiento de las mezclas asfálticas se atribuye a diferentes factores internos y externos. Las más comunes son las grietas y fisuras, que afectan a la durabilidad del pavimento. En climas cálidos como la provincia de Varuna, esta oxidación se produce debido a los cambios de temperatura. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue evaluar cómo la adición de cenizas agroindustriales puede mitigar el daño oxidativo a las mezclas asfálticas mejorando sus propiedades físicas y reológicas. Para ello, a las mezclas asfálticas convencionales se les añade un 3%, 7% y 11% de cenizas agroindustriales. En los ensayos utilizados para simular los efectos del envejecimiento a corto plazo se utilizó el método del Horno Rotatorio de Película Delgada (RTFOT), en el cual se analizaron los parámetros de penetración, punto de reblandecimiento, viscosidad rotacional y ductilidad, así como ensayos de corte dinámico. DSR) para evaluar el comportamiento de mezclas asfálticas antes y después del envejecimiento mediante el análisis del módulo complejo y el ángulo de fase. Además, se calculó el índice de envejecimiento y los resultados mostraron que la rigidez de la mezcla aumentó y la sensibilidad térmica del material disminuyó. Asimismo, también mejora su comportamiento elástico y resistencia a la deformación. Finalmente, la incorporación de un 3% de cenizas agroindustriales resultó ser la mejor opción para mejorar el comportamiento de la mezcla ante los fenómenos de envejecimiento. El análisis de la tasa de oxidación o envejecimiento a corto plazo de mezclas asfálticas complementa el análisis de las propiedades físicas de mezclas modificadas con cenizas agroindustriales. Una mezcla asfáltica al 3% modificada con residuos agroindustriales mostró mayor resistencia al envejecimiento ya que aumentó la sensibilidad térmica del material.

Según (21) En su trabajo “Mapa de Grados de Desempeño de Ligantes Asfálticos (PG) Según Clasificación Superpave con Aplicación a las Regiones Lima, Ancash e Ica” afirman Este estudio es un primer paso en la aplicación del método Superpave para la selección y evaluación de conglomerantes asfálticos en el Perú como respuesta a condiciones que tienen en cuenta la influencia directa de factores climáticos en las provincias de Lima, Ica y Ancash. El pavimento de las vías construidas dentro de las áreas antes mencionadas. En primer lugar, se compiló una base de datos climática a partir de 20 años consecutivos de datos de temperaturas máximas, mínimas y promedios diarios correspondientes a estaciones meteorológicas distribuidas en las tres regiones estudiadas. Luego de evaluar los datos de temperatura, se puede observar un alto gradiente de temperatura diario entre los valores

máximos y mínimos registrados, como es de esperar en una región con condiciones tan extremas. Luego se utiliza la confiabilidad estadística en base a los factores desarrollados para un grado de desempeño. cuadro. Modelos matemáticos .SHRP y LTPP. Para la división de áreas por grado de desempeño se utilizaron dos criterios: un mapa climático del Perú según la clasificación climática de Warren Thornthwaite y curvas de nivel definidas por 100 metros de altitud. Además, basándose en los modelos matemáticos de SHRP (1994), LTPP (1996), LTPP (1998-2000) y LTPP (2004), los resultados de la comparación de PG de partes de las tres regiones se muestran como valor agregado..

Según (22), En su trabajo de investigación “Estudios quimiogastronómicos, compuestos bioactivos y evaluación de la capacidad antioxidante de *Cynara scolymus* “Alcachofa” de Huaral” se demuestra que en el presente trabajo se realizó una determinación quimiogastronómica de componentes bioactivos. La capacidad antioxidante de las partes comestibles (receptáculos) y brácteas de *Cynara scolymus* “Alcachofa” se determinó con muestras provenientes de la provincia de Varar, región de Lima. De la evaluación química de los alimentos de la parte comestible, obtuvimos: humedad 79,99 g%; 3,50 g% de proteína; 0,11 g% de grasa; 1,45 g% de ceniza; 1,78 g% de azúcar reductor directo. Hay: 71,84 g% de humedad; 3,87 g% de proteína; 0,44 g% de grasa; 9,59 g% de fibra cruda; Minerales, medidos por método de absorción atómica: P (66,67 mg%), K (400,00 mg%); calcio (333,33 mg%); magnesio (66,67 mg%), sodio (266,67 mg%), hierro (4,52 mg%); Cu (1,91mg%) y Zn (6,27mg%) en la parte comestible y P (66,67mg%), K (366,67mg%); Calcio (167,67mg%); mg%), hierro (4,52mg%); cobre (1,91mg%) y zinc (6,27mg%) en brácteas. El contenido total de polifenoles de la parte comestible fue de 1,66 g%, y el de las brácteas fue de 5,10 g%, medido por el método de Folin-Ciocalteu; el contenido total de flavonoides de la parte comestible fue de 0,67 g%, y el de las brácteas fue de 0,67 g%; 1,33g%, medido por espectrofotometría. El contenido de vitamina C en la parte comestible fue de 0,975g%, y en las brácteas fue de 0,380g%. En cuanto a las antocianinas, no se detectó en la parte comestible, pero sí 8,35mg%; detectado en las brácteas. La capacidad antioxidante de las chinches gigantes se expresa como IC50, la parte comestible es 553,0 ug/mL y las brácteas son 137,52 ug/mL..

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 El asfalto

#### 2.2.1.1 Origen del asfalto

El ligante asfáltico, componente natural de la mayor parte del petróleo, también conocido como aglomerante, es una mezcla químicamente compleja de hidrocarburos alifáticos y aromáticos pesados, componentes orgánicos y algunos metales, producida durante el proceso de destilación del petróleo o directamente del subsuelo (2.3). El betún se obtiene principalmente mediante la destilación del petróleo crudo (24). El proceso de destilación (Ilustración 1) consiste en el primer paso de separar los componentes ligeros del petróleo crudo mediante destilación atmosférica a 350 °C. A continuación, el residuo de la destilación atmosférica se refina nuevamente a una temperatura ligeramente más alta (entre 350°C y 425°C), al vacío, pero a una presión de alrededor de 1 a 10 kPa. Entonces el asfalto es el residuo de vacío del petróleo crudo, que equivale al equivalente atmosférico o punto de corte de 500°C. (24).

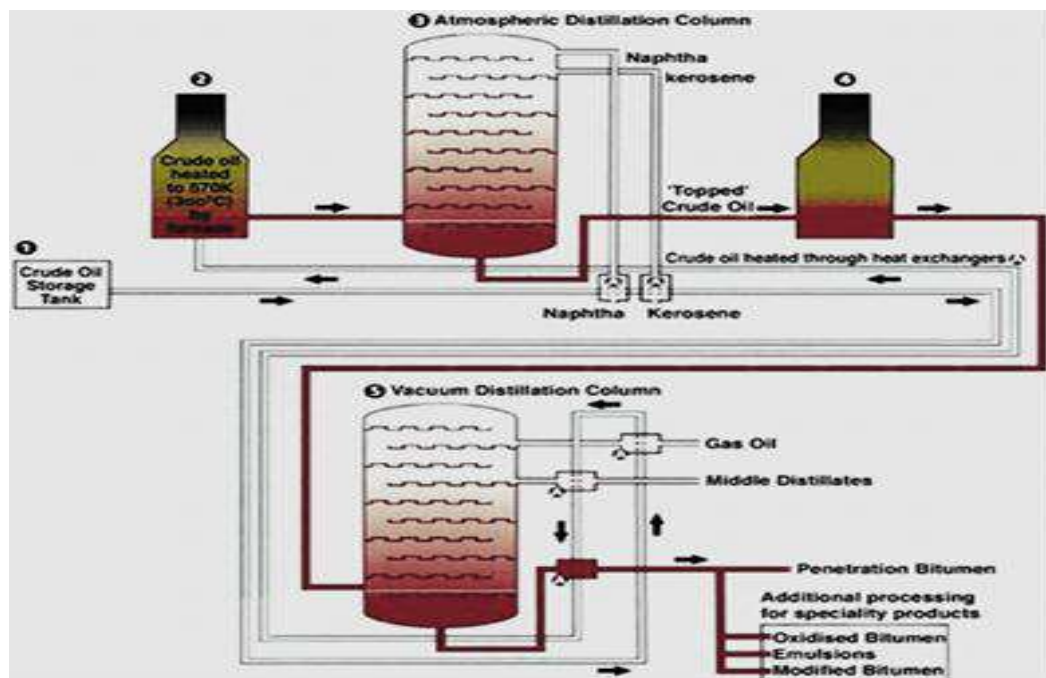


Figura 5. Destilación de asfalto. Tomado de <<The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification>>, por Lesueur, D. 2009, p. 44.

Las propiedades del material resultante dependen de la fuente del petróleo crudo y de las condiciones operativas reales. Generalmente, las refinerías producen solo dos grados de betún, uno blando y otro duro, con grados intermedios obtenidos por mezcla. Dependiendo del crudo de origen, existen diferentes tipos de betunes, los cuales se definen por la proporción predominante de moléculas hidrocarbonadas, que son; grupos nafténicos,

aquellos que dejan residuos oscuros y pesados, principalmente cíclicos Hidrocarburo de la serie alcano, (fórmula general  $C_n H_{2n}$ ), cuya estructura está formada por cicloalcanos, principalmente de cinco y seis anillos de carbono, unidos a una cadena de alcano. Por otro lado, están los crudos de base parafínica, que contienen muy poco betún pero que producen hidrocarburos sólidos de la serie parafínica (fórmula general  $C_n H_{2n+2}$ ), y finalmente los crudos de base aromática, en los que predominan los hidrocarburos aromáticos. También existen mezclas de crudos con todas estas propiedades, cuya composición varía según el contenido de cada uno de los componentes mencionados.

Las cualidades fundamentales del asfalto incluyen, su alta adhesividad que consiste en la capacidad de aglomerar agregado dando cohesión duradera y su capacidad de impermeabilizar, constituyéndose como un material idóneo para su empleo en pavimentación.

Cuando una mezcla se aplica bajo compresión o cizallamiento, el efecto cohesivo, junto con la fricción interna creada por agregados más gruesos, crea un complejo sistema de resistencia que depende no sólo de los ingredientes, sino también de la temperatura y el tiempo en el que se aplica la mezcla.

Su función como ligante en mezclas de hormigón para la edificación de vías es la más importante, además de que tiene distintos usos y aplicaciones en otros campos de la ciencia y la industria petroquímica, su ámbito principal de aplicación es la construcción de pavimentos (25). La superficie asfáltica que compone el piso es una unidad de estructura que aguanta el efecto de los pesos y las características del tiempo, y en donde es necesario engalanar y unir el asfáltico al agregado. El asfáltico, además de los agregados más pequeños, forma un conjunto que ofrece resistencia debido a la fuerza del trío cuando se requiere movimiento, flexión o rotación en el plano de la superficie (25).

Cuando la mezcla se comprime o cizalla, el efecto cohesivo, junto con la fricción interna creada por los agregados más gruesos, crea un sistema de arrastre complejo que depende no solo de la composición de la mezcla, sino también de la temperatura y el tiempo de la mezcla. carga (25).

#### **2.2.1.2 Características físicas**

La concentración del alquitrán en condiciones de temperatura ambiente es normalmente de 1,01 a 1,04 g/cm<sup>3</sup>, esto está sujeto a la clase de mineral y la manera en que se comportan. Su resistencia está directamente ligada a su pesaje. La clasificación más habitual del asfaltado en territorio colombiano se hace a través de un ensayo de inmersión de la norma INVIAS E-706, la cual define la consistencia del mismo a través de la cantidad

de inmersión mínima y máxima que puede hacer una aguja a 25°C y 100 g de peso, durante 5 segundos en el espacio. En ese momento, un suelo tipo 80-100 señala que es un ligante que permite una invasión inferior a 80 milímetros, y una mayor a 100 milímetros. Viscosidad Absoluta o Cinemática; La calidad del suelo actual requiere una determinada fluidez en los asfaltos a una temperatura de sesenta grados o ciento cincuenta grados. En el caso del asfalto, se ha establecido la temperatura en sesenta grados Celsius, debido a que esta es la temperatura que el piso alcanzará durante su periodo de uso. La temperatura de 135 grados Celsius acercará la consistencia del asfalt en el momento en que se mezcla y se compactan. En el momento en que se conoce la consistencia del asfáltico, a esta temperatura, es posible determinar si el asfáltico propuesto es buena o no, para el piso sobre el que se trabajará.

### **2.2.1.3 Ensayos de caracterización física del asfalto**

Las características físicas del asfáltico más importantes con respecto al diseño, creación y preservación de las vías son la dureza, la adherencia, la sensibilidad al calor, el envejecimiento y la compactación. Los mayores estudios sobre las características del asfáltico se exponen a continuación y se llevan a cabo de acuerdo a la legislación nacional sugerida por el Ministerio de Estado y el Instituto Nacional de Vías (26).

### **2.2.1.4 Ensayo de penetración (ASTM D-5), (INV.E 706)**

Las pruebas de resistencia del cemento asfáltico indagan sobre su consistencia. La asimilación se calcula con un asimilador de punta plana que está colocado sobre el fragmento de concreto. La penetración es la cantidad de distancia (en milésimas de milímetro) que el objeto que se encuentra en el fondo del océano logra atravesar en condiciones de temperatura, peso y duración constantes. (27).

### **2.2.1.5 Ensayo de ductilidad (ASTM D-113) (INV.E 702)**

La ductilidad del asfalto es una medida de su capacidad para estirarse y contraerse, lo cual es un indicador del flujo de material. El alargamiento total antes de la rotura se mide en centímetros (27). Su medición se hace a través de un ensayo que mide la fuerza que tiene una muestra en condiciones y procedimientos estandarizados. El alambre que tiene una temperatura de 25 °C y se contrae a una velocidad uniforme hasta el momento en que se quiebra el bituminoso que relaciona los dos extremos de la muestra. La ductilidad se calcula en base al jarak que se pierde el cordón cuando se rompe..

### 2.2.1.6 Ensayo del punto de ignición de llama (ASTM D 92) (INV.E 709)

Mide y caracteriza la respuesta de los materiales al calor y las llamas en condiciones de laboratorio controladas. Permite medir la temperatura a la que se inflama el betún (punto de inflamación) y la temperatura mínima a la que se inflama el vapor sobre la superficie del líquido (punto de inflamación) mediante una pequeña llama de prueba. Las operaciones de la planta deben realizarse por debajo del punto de inflamación o punto de ignición.

### 2.2.1.7 Índice de penetración

La penetración del betún sumergido en agua proporciona un estándar para medir la sensibilidad térmica y el comportamiento reológico del betún. Los cambios en el índice de permeabilidad indican la formación de un esqueleto interno en el betún, que le permite soportar aumentos o disminuciones de temperatura. Este rango se define en la Figura 2 y se refiere a la relación entre el punto de reblandecimiento y la permeabilidad del betún, donde  $t_{RaB}$  = punto de reblandecimiento en A y B. Las unidades son °C, P = penetración a la temperatura de prueba.

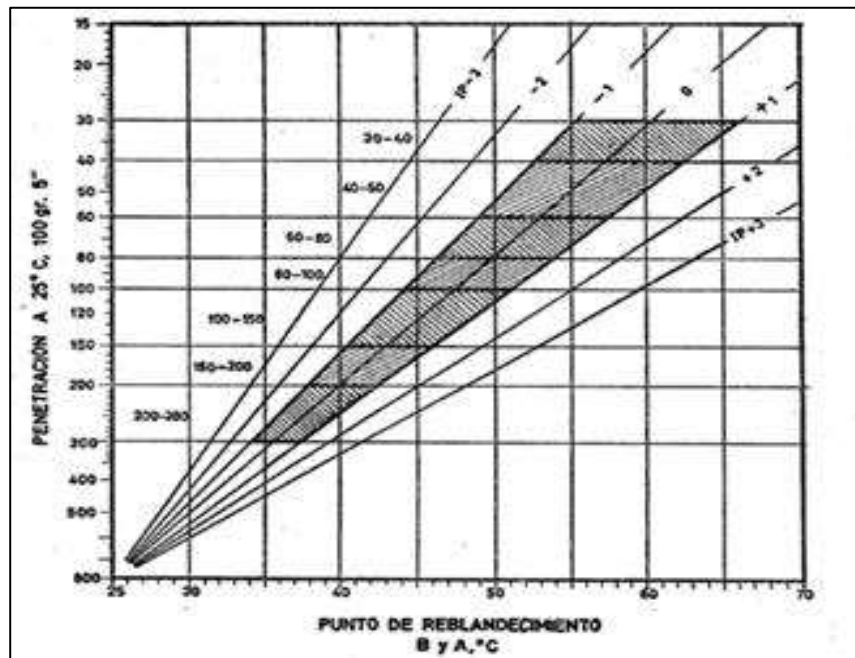


Figura 6. Diagrama de índice de penetración. Tomado de <<Análisis del proceso de oxidación del asfalto colombiano 80/100 en inmersión bajo agua: periodo 12-21 meses>>, por Cortés, H, 2012, pp. 20.

### 2.2.2 Envejecimiento del asfalto

El asfáltico está hecho de compuestos orgánicos los cuales reaccionan con el O de oxidación, haciendo que sean más firmes y duraderos. Es necesario tener en cuenta que gran parte de la acción de envejecer como oxidante se produce previo a la compactación del asfáltico, en el momento en que se mezcla, y en forma de película delgada, esto hace que la acción sea más veloz, y es posible que se genere durante este periodo distintos tipos de



envejecimiento, como la pérdida de las características más fugitivas del asfáltico, que se traduce en una transformación de la misma. Debido a eso, en el caso en el que se desee contrastar las características del asfáltico con la conducta que tiene dentro de la mezcla, es necesario examinar el asfáltico en el estado en el que se encuentra cuando se utiliza, y por lo tanto es necesario someterlo a un tratamiento rápido de envejecimiento antes de estudiar alguna de sus particularidades.

#### **2.2.2.1 Envejecimiento a cortos plazo; RTOF: Rolling Thin Film Oven Test (INV.ES720)**

Se utiliza para medir el efecto del calor y el aire sobre losas de asfalto semisólidas delgadas en movimiento. Indica el cambio en las características del asfalto durante el proceso de mezclado en caliente, y el residuo resultante está cerca del estado del asfalto.

El horno de película rotatoria (RTFO) y el horno de película delgada (TFO) simulan el envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico durante la mezcla y la construcción. A alta temperatura (163 °C), cerca de la temperatura de fábrica, mezcle con capas delgadas de cemento asfáltico (28), (29).

#### **2.2.2.2 Envejecimiento a largo Plazo, PAV (INV.E 751)**

Esta prueba simula el envejecimiento a largo plazo (7-10 años) debido a la oxidación durante la vida útil del pavimento. Mediante un recipiente de envejecimiento a presión (PAV), el residuo de RTFO se utiliza para este (30).

#### **2.2.2.3 Ensayos de Caracterización reológica del asfalto**

La reología es la ciencia del flujo y la deformación de la materia, mide la deformación de los intermedios entre sólidos elásticos y líquidos viscosos (31).

Este método de prueba está destinado a determinar las propiedades viscoelásticas lineales de los ligantes asfálticos para cumplir con los requisitos de especificación, no como un procedimiento para comprender la caracterización completa de las propiedades viscoelásticas del adhesivo (26).

Usando la geometría de prueba de placas paralelas, determine el módulo de corte dinámico y el ángulo de fase del ligante asfáltico cuando se prueba en corte dinámico (oscilante). Es adecuado para ligante asfáltico con valor de módulo de corte dinámico de 100Pa ~ 10MPa. Un ángulo de fase de 90 grados solo muestra un comportamiento pegajoso. Figura 3. El tipo de asfalto 80-100 es un material más blando, más elástico, más resistente al daño por fatiga porque el estrés debido a una deformación dada será menor y el asfalto se recuperará

mejor en las siguientes condiciones. estrés, carga. Sin embargo, esta característica hace que se deforme más fácilmente ya que no es tan rígido, lo que significa que no puede resistir fallas causadas por surcos (32).

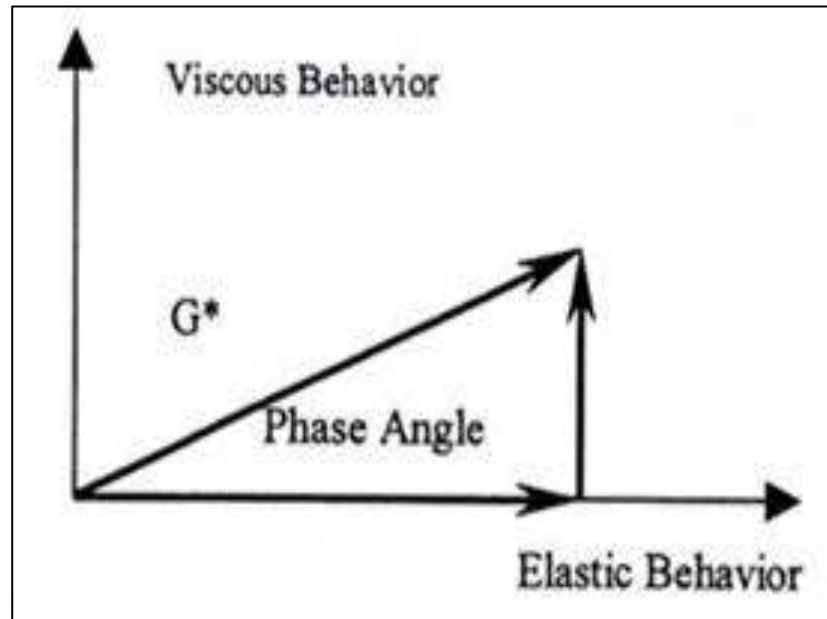


Figura 7. Rigidez del ligante asfáltico y ángulo de fase. Tomado de Tomado de <<The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification>>, por Lesueur, D. 2009, p. 46.

Una manera experimental de describir esta conducta es a través de las pruebas de oscilación periódica. Mide el componente complejo  $G^*$ , que representa la relación entre la fuerza aplicada y el cambio de tamaño del material, y el ángulo de fase  $\delta$ , la diferencia de fase entre la fuerza y el cambio de tamaño, que representa la elasticidad y la viscosidad del material. características de la sustancia la distribución de los componentes (24). El primer y el último grados de la componente elástica son 0 y 90, respectivamente. La dependencia de estas variables en función del tiempo o la temperatura es posible que sea importante debido a que existe un principio de coincidencia en la frecuencia y la temperatura.

#### 2.2.2.4 Composición química del Asfalto

Está compuesto por tres clases elementales: asfaltenos, resinas y aceites (aromáticos y saturados). Los asfaltos que están sujetos a las temperaturas habituales de trabajo son un sistema disperso, debido a que los gránulos de la fase dispersa son las mezclas, dentro de las cuales el núcleo o agregado se trata de un asfalteno.

En los terrenos volcánicos se reúne la totalidad de metales presentes en la caliza: Ni, V, Fe, Co, Mn, y una parte importante de O, S y N. El ochenta y cinco por ciento de los

asfaltos están compuestos por carbono, y la relación entre el C y el H es de 0.8-0.87. Los asfaltos son creación de la mezcla de los aceites vegetales.

La complejidad de la química del betún se basa en el hecho de que en él están presentes diferentes químicos (24). Su composición elemental depende principalmente de la fuente del petróleo crudo. El betún de diferentes fuentes puede tener diferentes composiciones. La investigación de la química del asfalto llevada a cabo en los Estados Unidos a fines de la década de 1980 mostró que varios asfaltos con propiedades similares, cuando se caracterizaron por completo, exhibieron diferentes composiciones químicas.

Tabla 2. *Análisis elemental para varios tipos de asfalto.*

Origen		AAA-1	AAB-1	AAC-1	AAD-1	AAF-1	AAG-1	AAK-1	AAM-1
		Canada	USA	Canada	USA	USA	USA	Venezuela	USA
Carbono	wt. %	83.9	82.3	86.5	81.6	84.5	85.6	83.7	86.8
Hidrogeno	wt. %	10.0	10.6	11.3	10.8	10.4	10.5	10.2	11.2
H + C	wt. %	93.9	92.9	97.8	92.4	94.9	96.1	93.9	98.0
H/C	Molar	1.43	1.55	1.57	1.59	1.48	1.47	1.46	1.55
Oxigeno	wt. %	0.6	0.8	0.9	0.9	1.1	1.1	0.8	0.5
Nitrogeno	wt. %	0.5	0.5	0.7	0.8	0.6	1.1	0.7	0.6
Azufre	wt. %	5.5	4.7	1.9	6.9	3.4	1.3	6.4	1.2
Vanadio	ppm	174	220	146	310	87	37	1480	58
Niquel	ppm	86	56	63	145	35	95	142	36
Manganeso	g/mol	790	840	870	700	840	710	860	1300

*Nota:* En la tabla 2 se observan las características de diversos tipos de asfaltos con diversas composiciones químicas.

La liga está compuesta en su mayoría por carbono, que normalmente representa el 80 al 88 por ciento en volumen, y por 8 al 12 por ciento en volumen de hidrógeno. Esto quiere decir que el hidrocarburo comprendido suele ser superior al noventa y ocho por ciento en peso y la relación de hidrógeno a carbono, H/C, es de aproximadamente 1,5. La relación entre H y C es intermedia entre las clases de aromáticos, debido a que el benceno posee H/C = 1, y la de alcanos sobresaturados H/C = 2.(4). Por otro lado, distintos átomos como el sulfuro, están presentes entre el 0 y el 9 por ciento del peso, el nitrógeno entre el 0 y el 2 por ciento y el oxígeno entre el 0 y el 2 por ciento. En las menores cantidades, se pueden observar metales, por ejemplo, el vanadio, que tiene una cantidad de 2000 partes por millón (ppm) y el níquel, que tiene hasta 200 ppm). Tabla 2, El elemento sulfurado es normalmente el átomo con mayor polaridad. Se manifiesta a modo de óxidos, tioles y, en menor medida, sulfóxidos, Figura 6. El oxígeno se encuentra normalmente en la forma de compuestos de carbono, hidrógeno y, en menor medida, de compuestos de óxido de

carbono. El nitrógeno normalmente se encuentra en formas pirrónicas y piridinas, además ocasionalmente forma especies anfóteras, por ejemplo, en la forma de 2-quinolonas. Todos estos metales crean mezclas como por ejemplo metal o porfirinas..

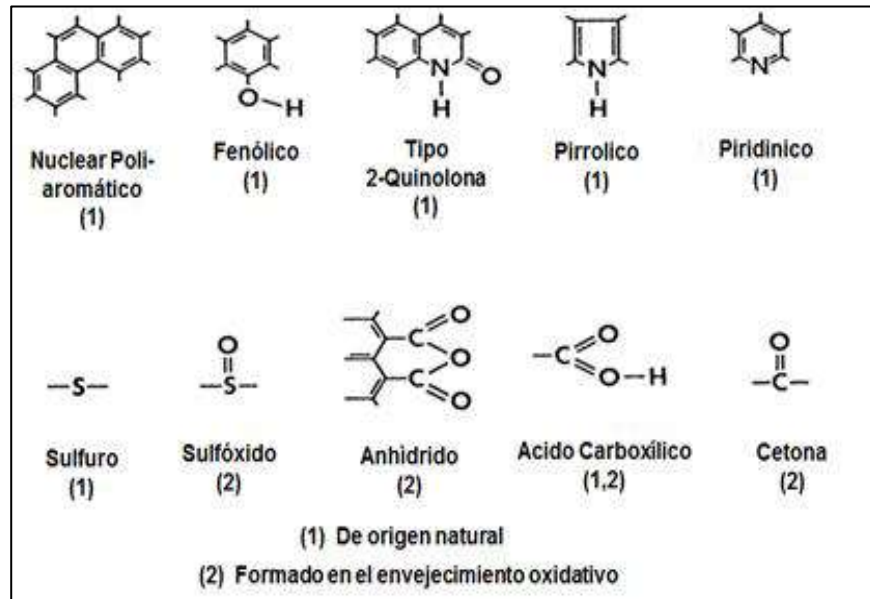


Figura 8. Grupos funcionales presentes en el asfalto. Destilación de asfalto. Tomado de <<The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification>>, por Lesueur, D. 2009, p. 49.

Debido a la elevada concentración de grupos funcionales, los estratos de tierra no suelen ser por mayor que unos pocos 0,1 miligramos por litro para asphalts de origen. Su engrosamiento no obstante es posible que se intensifique con la acción de envejecer. La oxidación del betún se trata de uno de los principales motivos que causan su decadencia. La dureza y fragilidad del betún se debe a la oxidación de diversas moléculas que llevan a la creación de grupos funcionales de alta polaridad que contienen oxígeno y que se interaccionan con fuerza. (33). Investigaciones pasadas han demostrado que los grupos sintácticos más importantes generados por la transformación del asfáltico son los carbonilos, los sulfóxidos y las sulfonas, todos ellos aumentan la firmeza del asfáltico. Los cambios en la fluidez se utilizan como parámetro de la acción de envejecer y se ha demostrado que las reacciones de oxidación de sulfuros a sulfóxidos alifáticos y de oxidación de carbonos bencílicos a carbonilos son las más importantes químicas que ocasionan una mayor fluidez. (34).

Además, el incremento de la cantidad de asfaltenos se debe a la transformación de parte de la fase de martensita, que es más voluminosa y menos soluble en solventes orgánicos. El incremento de la cantidad de carbonilo se debe a la creación de agrupaciones de funcionamiento C=O. En investigaciones de la cinética de la oxidación de asfaltos, la

cantidad de carbonilo ha sido usada como parámetro de la magnitud de la oxidación (24). Por otro lado, en el transcurso del envejecimiento en condiciones de oxidación se generan cetonas y anhídridos de ácido, además los ácidos carboxílicos están presentes en la etapa inicial del asfáltico, sin embargo su cuantía crece en el transcurso del envejecimiento en condiciones de oxidación. Los tres grupos funcionales (ácido carboxílico, cetona y anhídrido) en conjunto son los grupos funcionales químicos más importantes, debido a que son los componentes de grandes moléculas de betún y normalmente están vinculados con el proceso de envejecimiento oxidativo, por lo que, en este estudio, que corresponde a examinar carboxilo y sub-Seren las zonas de espectro de las sulfonas con respecto a estos grupos (35).

La oxidación de la superficie de asfalto tiene una alta influencia sobre sus características químicas, por lo cual, en las características reológicas que causan la decadencia de su capacidad. En la ocasión en que se genera la acción de envejecer, la fluidez varía debido a la transformación de los componentes aromáticos en asfáltenos.

#### **2.2.2.5. Propiedades Reológicas del Asfalto**

##### **2.2.2.5.1 Viscosidad:**

- La viscosidad es la proporción entre la fuerza que se hace aplicar a un fluido y su velocidad de desplazamiento. En consecuencia, la fluidez del asfalto está entre sus características fundamentales desde la perspectiva de la conducta que tiene en el momento de utilizarlo en el estado en que su consistencia es más o menos reducida. La fluidez varía en función de la temperatura, de modo que la determinación de la misma a diferentes temperaturas proporciona una noción de la manera en la que es su temperatura susceptibilidad. Únicamente para ciertas investigaciones se utilizan los viscosímetros capilares para conseguir la temperatura de la totalidad del producto por medio de estos.
- La norma ASTM D-3381 (Clasificación Estándar por Grado de Viscosidad para Cementos Asfálticos Utilizados en Pavimentación) categoriza los asfaltos en base a su grado de viscosidad a 60°C. El poise (P) es la medida común de distancia. Basándose en la, los asfaltos pueden ser categorizados en:
- AC-5 (500 ± 100): fue usado en la elaboración de emulsiones de asfaltar para el regado de inmersión, el regado de liga, en consistencias y mezclas de asfaltar en calor.

- AC-10 (1000 ± 200): fue usado en la elaboración de emulsiones asfálticas con el objetivo de revestimientos para los pisos y los ladrillos de mezcla en estado congelado.
- AC-20 (2000-450): fue usado en la elaboración de mezclas calientes, emulsiones asfálticas usadas en mortar y carpetas de mezclas frías.
- AC-30 (3000-6000): fue usado en la elaboración de mezclas calientes, emulsiones para pisos y mezclas frías.

#### **2.2.2.5.3 Susceptibilidad a la temperatura:**

El asbesto es un material que se vuelve más liso (fácil) a medida que su temperatura baja y más agriñoso (duro) a medida que su temperatura asciende. Esta característica se llama predisposición a la temperatura. La tolerancia térmica varía en las diferentes formas de calificar asfáltica de diferentes procedencias, aunque estas calificaciones sean iguales de consistencia. La importancia de éste es que la superficie asfáltica debe tener la suficiente fluidez a temperaturas elevadas para que cuando se mezclen los agregados, los primeros se desplome sobre los segundos y así se compacten. Luego deberá volverse lo bastante espeso, a una temperatura corporal normal para que las partículas del cemento se mantengan unidas..

#### **2.2.2.6. Propiedades Mecánicas del Asfalto**

Las propiedades mecánicas del asfalto se dan a partir de una mezcla asfáltica que satisface las necesidades del proyecto. Para la tesis, se han considerado pertinentes de análisis las siguientes propiedades de una mezcla asfáltica: Estabilidad y flujo, ya que ambas son consideradas dentro de la normativa estándar de mezclas asfálticas, para lo cual se tomó como referencia la normativa INV-E-748-ESTABILIDAD MARSHALL.

Dicha norma se encarga de describir el proceso de determinación de la resistencia del pavimento de mezclas asfálticas en caliente a la deformación plástica de especímenes, de 102mm (4") de diámetro, y que están sometidas a cargas perpendiculares, utilizando el método Marshall que permite la aplicación únicamente a mezclas elaboradas a base de cemento asfáltico y otros agrados de naturaleza pétreo con un tamaño máximo menor o igual a 25.4mm (1") (36).

##### **2.2.2.6.1. Estabilidad**

Este es un indicador de la presente tesis ya que la estabilidad, o también conocida como la resistencia corresponde a una propiedad mecánica de una mezcla asfáltica. La cual hace referencia a la capacidad de la mezcla en su resistencia a la deformación

y al desplazamiento, consecuencias de las cargas vehiculares. Entonces, cuando un pavimento de mezcla asfáltica es estable, mantendrá su forma y lisura bajo cargas repetidas, mientras que de lo contrario se ahuellará, presentará ondulaciones entre distritos defectos que serán producto del cambio de la mezcla (37).

Esta propiedad mecánica dependerá de la fricción interna y la cohesión, por lo que otras características como la textura superficial, forma de partícula o de granulometría serán parte de la fricción, mientras que el contenido del asfalto será parte de la cohesión.

Ahora bien, los requisitos para la estabilidad de una mezcla se establecen después del análisis del tránsito esperado que usualmente son parámetros de los Institutos de tránsito regentes.

Dentro del método Marshall para medir la estabilidad, se utiliza el Medido de Estabilidad en el cual se mide la resistencia de la probeta con el anillo dinamométrico acoplado a la prensa, como se observa en la siguiente figura.

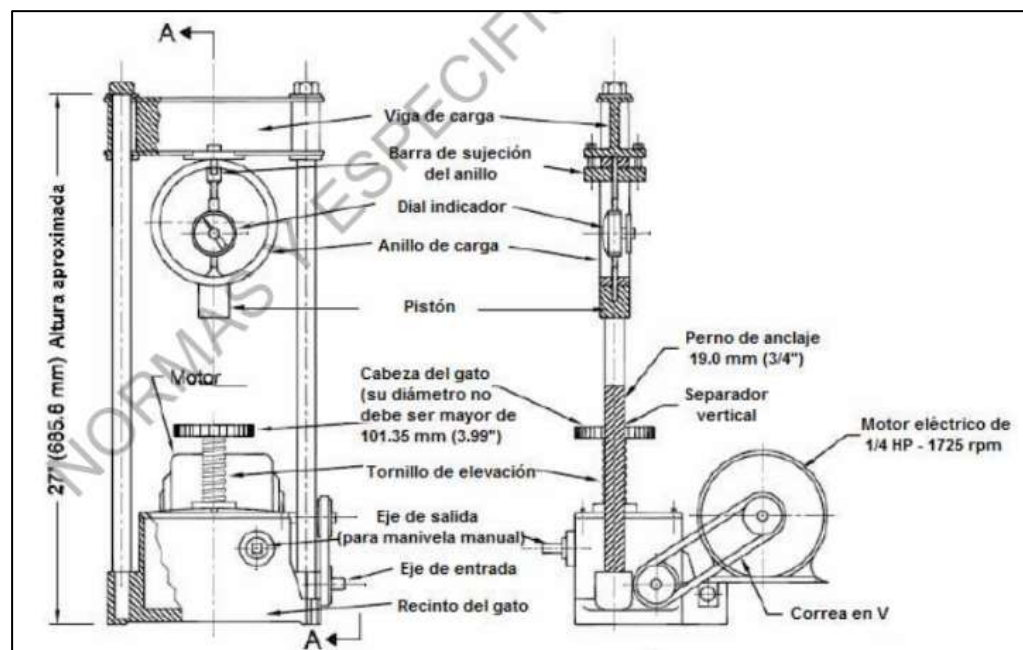


Figura 9. Máquina de compresión para medir la Estabilidad Marshall. Tomado de <<Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el equipo Marshall INV E – 748 – 13>> en Secciones 700 y 800 – Materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos E – 748, pp.8.

#### 2.2.2.6.2. Flujo

El flujo de la mezcla asfáltica se mide en centésimas de pulgada ya que representa la deformación de la probeta, que está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la probeta. Las regularizaciones del flujo más conocidas dentro del campo de construcción vial a base de cemento asfáltico se encuentran contenidas en las

especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS, que señalan los rangos de flujo de acuerdo a la categoría de tránsito para NT1 y NT2 (2.0 a 4.0) mm y para NT3 (2.0 a 3.5) mm (37).

Ahora bien, las mezclas que poseen valores menores en fluencia (flujo) y valores mayores en estabilidad normalmente son considerados muy frágiles o rígidos que no son acordes a los requisitos para un pavimento de servicio. Mientras que las mezclas que poseen valores elevados de flujo se consideran muy plásticos con tendencia a la deformación susceptible a las cargas de tránsito (37).

Dentro del Método Marshall, el flujo se mide usando el medidor de deformación que posee divisiones en 0.25 mm (0.01”) o que posee mayor precisión. Este instrumento debe estar sólidamente apoyado en la mordaza superior y su vástago. En la siguiente figura se observa dicho instrumento.



*Figura 10.* Máquina de compresión para medir la Estabilidad Marshall. Tomado de <<Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el equipo Marshall INV E – 748 – 13>> en Secciones 700 y 800 – Materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos E – 748, pp.9.

#### **2.2.2.7. Propiedades Físicas del Asfalto**

Las propiedades físicas de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos son:

##### **2.2.2.7.1 Durabilidad:**

Es la magnitud en la que la superficie de asfalto puede conservar sus particularidades inalteradas si es sometida a un procedimiento normal de erosión y envejecimiento. Se trata de un espacio valorado primordialmente por la conducta del piso y de esta forma no es posible definirlo exclusivamente en términos de las características del asfáltico.



Esto debido a que la conducta del piso es influenciada por el mezclado de la superficie, los componentes del agregado, el trabajo de construcción y otras particularidades que tienen la misma fiabilidad del asfáltico.

#### **2.2.2.7.2 Adhesión y cohesión:**

La adherencia es la capacidad del asfáltico para juntarse al agregado de la superficie de la calle. Por otro lado, es la habilidad del cemento para conservar la totalidad de las partículas del agregado que tiene el piso en terminación..

#### **2.2.2.7.4 Endurecimiento y envejecimiento:**

Los asfaltos suelen solidificarse durante la elaboración del asfáltico, además del piso que ya se encuentra. Esta dureza es originada en gran medida por la manera en la que se oxidan (el asfalto se combina con el oxígeno, esto es más sencillo a altas temperaturas, por ejemplo: las temperaturas de elaboración). Consistencia S 1 temperatura Duro / Quebradizo Suave / Líquido 8 El asfalto se encuentra a elevadas temperaturas y en films delgados, en este estado, además de que las partículas de refuerzo del agregado se mezclen con el asfalto, esto hace que la oxidación y el endurecimiento más extremas se produzcan en este momento. No todos los films de acción se ponen más firmes en la misma medida en la que son calientes en largometrajes de acción. En consecuencia, todos los asfaltos deben ser experimentados por separado para poder determinar sus propiedades de envejecimiento y, de esta manera, se debe cambiar la manera en que se construyen las calles para reducir la dureza. Estas modificaciones incorporan la mezcla de asfáltica con el agregado más baja temperatura y durante el mayor tiempo posible en la práctica. El agrado del concreto se mantiene en la superficie luego de la edificación. Una vez más, las razones fundamentales son la polimerización y la oxidación. Estos desarrollos es posible que se demoren si se mantiene en la superficie final, una capa de asfalto que recubre las partículas del mezclado..

#### **2.2.2.7.5 Pureza:**

El cemento asfáltico está hecho en su totalidad de bitumen, y este es soluble en la mayor parte de los casos en carbonato de sodio. Alrededor del 99.5% de los asfaltos pulidos son soluble en bisulfuro de carbono y, si contienen vapores, estos son inertes. El cemento asfáltico normalmente no cuenta con H<sub>2</sub>O, esto fue perdido en el transcurso del procedimiento de extracción. Cuando no todas las agua se pierde, se torna burbujeante al ser heated to a temperature of over 100°C (212°F). La calidad del

cemento asfáltico se define por la falta de agua y de otras impurezas, en especial de pigmentos..

#### **2.2.2.8 Modelo estructural del asfalto.**

Generalmente, se cree que el betún es una mezcla de cementos y aceites de gran tamaño moleculares, que están esparcidos en una maltosa, y que se dividen en dos clases, los que tienen una mayor o menor cantidad de aromáticos. Nellensteyn hizo una propuesta de una explicación de la forma en que el asfalto se organiza en 1923, la cual definía como un sistema de micelas o dispersión de partículas de asfalto en maltosa. Coloide se refiere a la dispersión de partículas de una sustancia (fase dispersa) entre un medio continuo (dispersante) compuesto por otra sustancia, y dependiendo de la cantidad de maltosa presente en el sistema, la diferencia en sus propiedades reológicas se puede medir por Nombres de asfaltos tipo sol y gel, Figura 5. Los asfaltos de tipo sol exhiben una conducta Newtoniana, en tanto que los de tipo gel tienen una conducta no Newtoniana. Entre estos dos extremos se encuentran la mayor parte de los asfaltos con una conducta intermedia, una estructura "sol-gel". A grandes rasgos, la conducta no newtoniana se puede describir como una mezcla de elasticidad con algo de no linealidad en las características de viscoelasticidad..

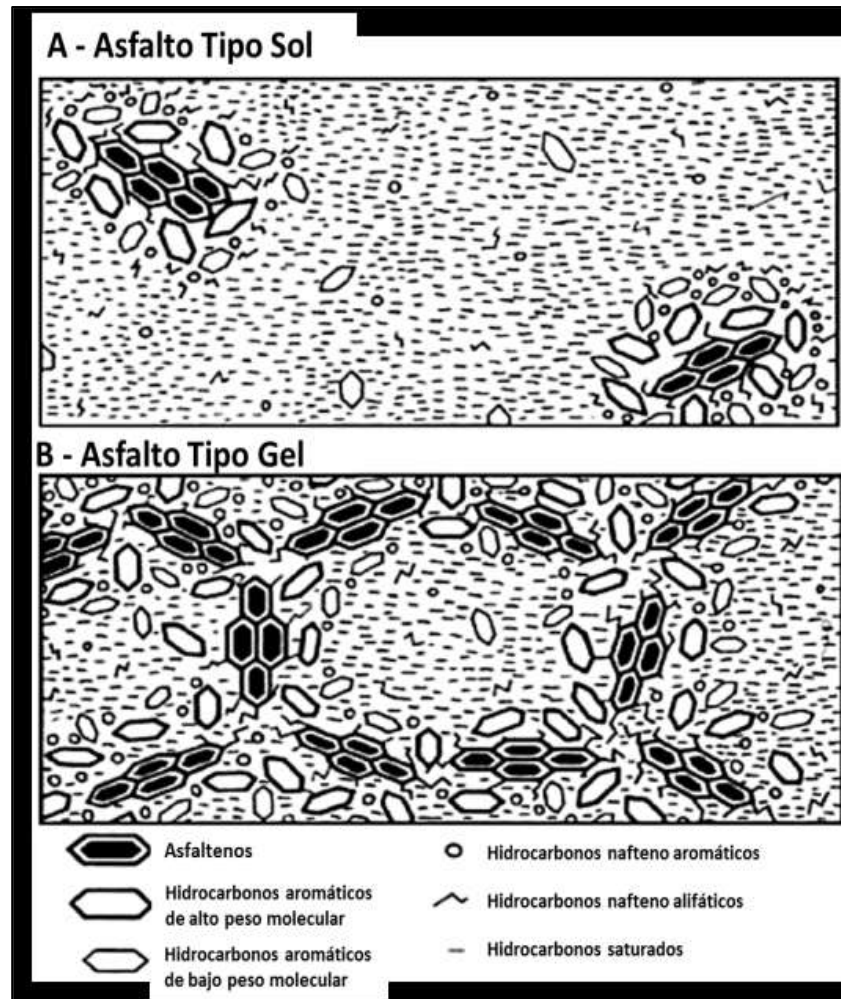


Figura 11. El modelo original coloidal: asfaltos tipo sol y tipo gel. Tomado de <<The Shell Bitumen Handbook>> por Bitumen, S. 1991, pp. 76.

En términos de estructura, es posible observar el comportamiento de los asfaltenos en la figura 9 cuando las micelas de ellos no se mezclan y están completamente dispersas. El género de los geles es una emulsión que cuenta con un pequeño número de aceites aromáticos, de modo que los asfaltenos se agrupan en grupos más voluminosos que dan mayor firmeza y por ende mayor elasticidad.

La conducta no newtoniana viene de una conformación de gel debido a la completa interconexión de asfaltenos (micelas). La estructura Sol se basa en la coexistencia de partículas de sol de tamaño micro y una estructura de gel. (24) El betún sol-gel cuenta con asfaltenos que tienen una concentración entre 15 y 25 por ciento, que están diseminados en micelas, y que tienen un flujo libre en la fase Martens y son viscoelásticos. La estructura de superficie del asfáltico se define por la cantidad de micelas, su distribución de tamaño y las interacciones entre ellas que tienen una magnitud mayor que la media. (38). Los asfaltenos, que son componentes aromáticos de gran magnitud molecular, son incapaz de ser solubles en solventes de origen orgánico. Contienen C, H, O y sulfuro, poseen una

resistencia común a la oxidación y crean compuestos complicados con metales de peso como el vanadio y el níquel. Su influencia en los betunes es importante debido a que de ellos depende la calidad de sus propiedades físicas y mecánicas. En las cantidades adecuadas otorgan resistencia al asphalt, sin embargo en cantidades elevadas aumentan la consistencia y por lo tanto lo hacen quebradizo. Se encuentran muy relacionados con los productos químicos de la fase resinosa, sin embargo son diferentes en cuanto a su peso. Se trata de hidrocarburos con aroma condensado que poseen cadenas de hasta treinta átomos de carbono y además grupos funcionales que los vuelven altamente polar. Estas moléculas se unen entre sí y se relacionan de manera muy fuerte.

Por otro lado, el bajo peso molecular es soluble en solventes de origen orgánico. Se conforman por una mezcla de componentes orgánicos que están vinculados a los hidrocarburos encadenados, que tienen una alta porción de resinas más pesadas y una baja porción de aceites más ligeros. Las resinas poseen la capacidad de adsorción más grande, son semisólidos que tienen cuerpos aromáticos y que están altamente adheridos, además son polares. Los aceites son los más firmes de los asfaltos, además son fluidos de poca viscosidad y poca adherencia, esto hace que el material se deforme y se oxide para transformarse en asfáltenos.

#### **2.2.2.9. Ensayos de caracterización química del asfalto**

Debido a que la resina es una figura geométrica complicada, el tema de esta publicación se focalizará en la descripción de su constitución molecular. Existe una fuerte tendencia a estudiar la composición química del betún para comprender las propiedades del material en tres momentos: el estado original, el estado después de pasar por la planta de producción de asfalto y el estado después de su uso, acercándose al final de su vida útil. En el actual estudio se hizo uso de la base del betún inicial de 80 a 100, se analizaron puntualmente cada tres meses para determinar la conducta en la medida en que se exponía al H<sub>2</sub>O.

##### **2.2.2.9.1 Separación por Cromatografía líquida SARA (ASTM D 4124).**

Este es el método utilizado en el estudio actual y su propósito principal es estimar los cambios químicos en el betún mediante la cuantificación del porcentaje de pérdida de peso de cada fracción de asfaltenos y maltosa en el ambiente (28) (29). La prueba consiste en la separación del betún en asfaltenos y maltosa por precipitación con n-heptano, seguido del fraccionamiento de la maltosa con un solvente de polaridad creciente a través de una columna de alúmina (39).

Las técnicas de separación se basan en la capacidad de ciertos materiales para adsorber o retener ciertos compuestos mejor que otros, lo que permite la separación, identificación y determinación de la composición química de mezclas complejas. Los componentes de la mezcla son separados por la fase móvil (gaseosa o líquida) a través de la fase estacionaria o por diferencias en la velocidad de transporte de la fase estacionaria. Mediante este método, se da una composición del asfalto en términos de las cantidades relativas de ácidos grasos saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos en su fracción SARA.

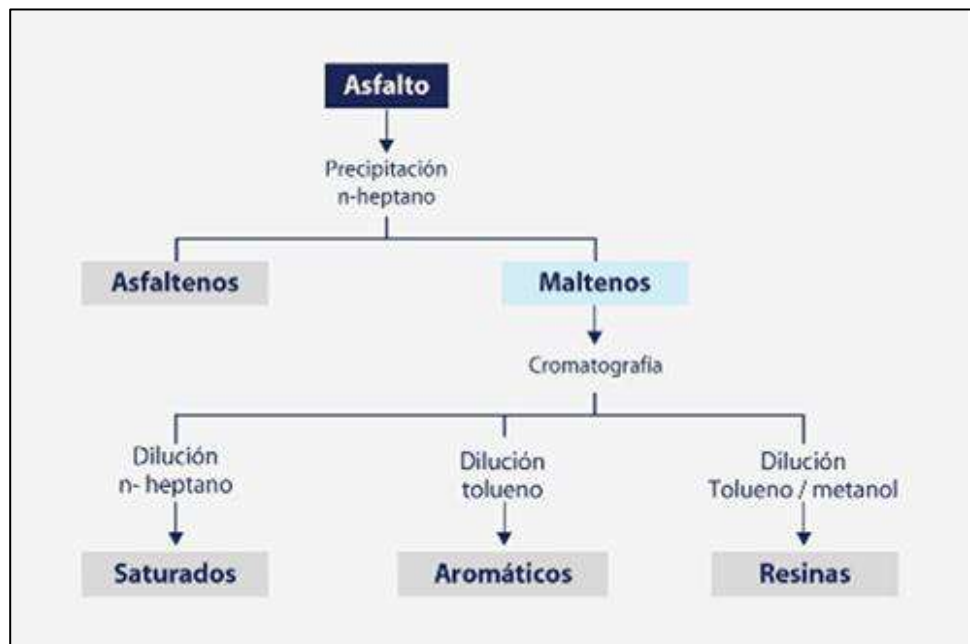


Figura 12. Esquema fraccionamiento químico del material por elución de solventes. Tomado de <<Análisis del proceso de oxidación del asfalto colombiano 80/100 en inmersión bajo agua: periodo 12-21 meses>>, por Cortés, H, 2012, pp. 20.

El procedimiento de referencia está normalizado por la norma ASTM D-4124 y la primera etapa es la extracción de asfaltos a base de n-heptano por parte de los asfaltenos. Esto se suele realizar mezclando 1 gramo de polvo de mar en cien mililitros de n-heptano y luego recovering the fraction that is insoluble after agitating for two hours at the temperature of 98 degrees Celsius.

En el segundo paso, el alcohol isopropílico en solución de n-heptano se transita a través de un columnista que contiene alúmina quemada. Los aceites vegetales se dividieron en primer lugar utilizando el n-heptano como solvente. Luego se adicionó el tolueno en estado puro y enseguida un mezclaje de mitad y mitad con metanol con el fin de separar los compuestos aromáticos. Al fin y al cabo, se emplean tres veces por milla cuadrada de distancia para separar la corteza. La figura 6 expande la manera en la que se divide. (39).

Cada uno de los compuestos cumple una función física en el asfalto, se describe de manera general el comportamiento de cada uno de ellos.

Saturados, constituyen los grupos funcionales menos polares, por lo que no son adsorbidos por la alúmina, por lo que son la primera fracción en eluir durante la cromatografía. Esta fracción contiene hidrocarburos saturados lineales y ramificados y una pequeña proporción de hidrocarburos saturados cíclicos. Por lo general la cantidad es de 5-15% en peso. Forman un líquido incoloro o ligeramente coloreado a temperatura ambiente. Su Relación H/C es cercano a 2, contienen unas estructuras cristalinas lineales alcanos, en cantidades de 0-15% en peso de la fracción global. Su número de peso molecular medio es de alrededor de 600 g / mol, y son principalmente alifáticos, (Lesueur, 2009). Estos compuestos ayudan a evitar que el betún se oxide, actúan como plastificantes o fluidificantes del betún y lo hacen impermeable. Reducen el punto de reblandecimiento, la viscosidad y la sensibilidad térmica al tiempo que aumentan la permeabilidad y la impermeabilidad. Por su acción gelificante o floculante, crean fluidos complejos en los betunes que aumentan la viscosidad.

Hidrocarburos aromáticos; contiene hidrocarburos aromáticos (cicloalcanos), además de algunos alifáticos como en los que no hay anillos, y también cadenas. Además, poseen bases nitrogenadas como la piridina, el pirrol, el indol y la quinolina, que en su conjunto pueden transformarse en compuestos porfirinos. El componente fue capturado por alúmina CG-20 quemada en la presencia de heptano y descompuesto por tolueno durante el procedimiento. Conocidos también como aromáticos nafténicos, son los componentes más importantes del betún en relación a la resina, que tiene un 30-45% en volumen. Se distinguen por su coloración de amarillo a rojo en estado líquido, a temperatura del ambiente. Son un poco más lustrosos que los aceites vegetales a la misma temperatura. Su esqueleto de carbono se encuentra ligeramente alifático con aromas condensados de manera ligeramente diferente y un peso molecular medio de alrededor de 800 g / mol (24). Las zonas nitrogenadas tienen predisposición a la deshidratación y volatilización a causa del envejecimiento o la oxidación, esto hace que la proporción de asfaltenos sea mayor, esto produce una menor duración y flexibilidad, y una mayor firmeza del asfalto.

Resinas; se desorben de alúmina derretida luego de la supresión de aromáticos y saturados con el uso de tricloroetileno y tolueno. Tienen núcleos con aroma altamente mezclado y además grupos sintácticos que contienen heteroátomos como por ejemplo nitrogen, sulfuro de carbono y oxígeno. Además poseen ácidos orgánicos compuestos a base de fenol, cresol, xilenol, etc., que conforman los cresol, y al combinarse brindan al fragmento una apariencia de resina. La actividad que realizan está sujeta a la ratificación y de acuerdo a lo que se aprobó. Las resinas se parecen a los pasteles en cuanto a la aromaticidad. Sin embargo, no es tan exclusivo y aromático como estos

(24). Asimismo son considerados aromáticos del Ártico, tienen la posibilidad de ser más o menos grandes (30-45% en peso). Si los envueltos y aromáticos son fluidos acuosos a temperatura ambiente, las resinas crean un sólido de color negro a temperatura ambiente. Tienen un rol significativo dentro de la firmeza del cemento, ya que actúan como un corrector de los asfáltenos.

Asfáltenos; Se llama asfalto al fragmento no soluble de un asfalto en condiciones de prueba de ASTM D3279, sin embargo es soluble en tolueno. Los asfáltenos generan una capa de polvo negro que es la característica colorida del mismo (24). A diferencia de otras moléculas de asfalto, los asfáltenos poseen más aros con aroma condensado y además más grupos polares. Sin embargo la incorporación de figuras de aromaterapia mezcladas parece ser la característica primordial y la distinción de los asfáltenos en oposición a otros compuestos de la superficie de la Tierra, debido a la gran cantidad de figuras de aromaterapia mezcladas presentes..

#### **2.2.2.9.2 Análisis espectroscopia (Infrarrojo), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).**

Las porciones obtenidas del estratificado SARA dentro de este análisis se estudiaron mediante espectroscopia infrarroja. Esta habilidad analítica se basa en el movimiento molecular de las sustancias. Esta habilidad del ámbito de la ciencia, que hace uso de la equation de Beer Lambert, tiene como objetivo conseguir información específica sobre la agrupación de clases de aceites y sustancias pesadas, como el betún. Los productos de gran peso se identifican por la oxidación, aromaticidad, alifáticos, ramificación, longitud, cambio de grupos alquilo y además por su peso (40). La espectroscopia infrarroja se basa en el concepto de que las partículas tienen intervalos de rotación y vibración, esto es, la totalidad de la rotación y del movimiento vibratorio están compuestos por grados de energía disímiles (los métodos de vibración habituales). La magnitud de resonancia, o grado de vibración, está determinada por la figura de la superficie de la potencialidad molecular, por el peso atómico y, en última instancia, por la manera en la que están vinculados los vibradores. Para que una manera vibratoria en un compuesto sea eficaz en el infrarrojo, debe estar relacionado a una alteración en el campo de fuerza permanente. El rango de vibración de un compuesto se considera una característica iónica única que pertenece a la clase de compuestos. En consecuencia, cuando se hace una comparación del espectro "amigable" con uno registrado previamente, es posible utilizar la energía infrarroja como si fuera una huella para distinguirmos. (39).

Sin embargo, la frecuencia de resonancia es posible que sea un primer criterio relacionado a la magnitud del lazo y al pesaje de los átomos de los dos lados del lazo. De esta manera, la magnitud de vibración puede estar asociada a una clase específica de vínculo. Los átomos del subsecuente CH<sub>2</sub>, que normalmente se hallan en los compuestos orgánicos, son capaces de vibrar en 6 formas distintas: por un lado, extensión simétrica y, por otro, extensión asimétrica, ambas, son capaces de generar vibración. Respectivamente agachado, compactado por un laser de rotación, y por último genera el espectro en respuesta a la corriente del laser que es incidente. En el momento en que no hay una base de datos de ayuda adecuada, es posible determinar la magnitud de los espectros de principios, y esto lleva a la identificación, inclusive de muestras que no se conocen. Este punto de vista inicial se fundamenta en la base de que las características de la estructura de la molecula, si están fundadas en el esqueleto de la molecula o en los grupos funcionales que están vinculados a la molecula, generan una característica y repetible absorción en el espectro. Esta información puede denotar la existencia de una columna vertebral en la estructura y, en caso de que sea así, la cadena principal se puede clasificar como de tipo linear o ramificado. De esta manera es posible determinar si el establecimiento o los anillos aromáticos se encuentran presentes en la estructura. Al fin y al cabo, es viable determinar la existencia de ciertas clases de functionality. Si se localiza, también se tiene la capacidad de delimitar la dirección general del grupo y su contexto general o/ donde están ubicados dentro del edificio. Las circunstancias de la muestra, su procedencia prehistórica, y la forma en la que se maneja la muestra tienen efecto sobre el producto final. Las normas fundamentales de la interpretation de reglas están presentes y, si se siguen, un simple primer paso de la interpretation que lleva a la identificación de sustancias es viable. El artículo en cuestión se encarga de estas dudas de una manera clara y sencilla. Ejemplos que tienen como objetivo ayudar al lector a comprender los principios fundamentales de la manera en que se interpretan los espectros de luz infrarroja.

#### **2.2.2.10 Tipos de envejecimiento**

A medida que el concreto se hace viejo, se torna más firme, y por lo tanto pierde parte de su habilidad de asimilar energía debido a la deformación y, además, su habilidad de cambiar de forma y asimilación. La acción de envejecer tiene su origen, particularmente en las alteraciones químicas que se producen en su constitución interna, a nivel molecular, además de que se notes cambios en su forma y tamaño de poros (41). En base a la conducta mencionada, se exponen a continuación los clases de envejecimiento que se presentan en los tintes.



#### **2.2.2.10.1 Envejecimiento físico**

Se comprende como las alteraciones en la constitución de los compuestos que genera una mayor fermetitud del asfáltico, haciendo que el mismo sea más elástico y disminuyendo su carácter viscoso (41). Los motivos de estas transformaciones en su estructura molecular es posible que se ordenen de la misma manera; Envejecimiento Térmico, los asfáltenos y resinas que conforman el asfalto toman una conformación similar a un cuerpo sólido a temperatura del ambiente. La phenomenon of thermal stasis in the asphalt has been linked to the temperature of the material's transition. (25), El que muestra una diferencia con respecto a los materiales cristalinos, tiene una franja de temperaturas de cambio. La temperatura de transformación se relaciona a una reorganización de la disposición de los estratos de la estructura de la cadena de 分子, esto genera una falta de movilidad de los componentes moleculares, y por lo tanto una permanente compactación del material. Envejecimiento Mechanizado, el esfuerzo de mecánica puede ocasionar la agrupación de moléculas que limitan la movilidad entre ellas a nivel macro.

#### **2.2.2.10.2 Envejecimiento Químico**

A causa de la complejidad de la composición de los químicos del asfáltico, existen diversas hipótesis respecto a las causas que modifican la manera en la que se forma el asfáltico, pese a que no existe consenso en cuanto a la procedencia de esta forma de entenderlo, esta hipótesis se acrecentaría a causa de las reacciones de oxidación y de polimerización..

### **2.2.3 El asfalto de penetración 85-100**

El cemento asfáltico de penetración 85-100 es primordialmente un material asfáltico cuyo uso es de destinación vial. Posee una combinación de compuestos orgánicos añadido con hidrocarburos que poseen un alto peso molecular ( $>C 25$ ), y además poseen contenido en menores cantidades de materiales como vanadio, hierro y níquel. Sin embargo, posee también cierta presencia de Nitrógeno, Azufre y Oxígeno.

El asfalto de penetración 85-100 es obtenido a partir del proceso de desasfaltización por propano a partir del destilado pesado de petróleo.

El modo de aplicación es por disolución al agregado para producir pavimentos asfálticos viales, pero también es de uso viable para aplicarlo en otros métodos como el emulsionado.

A nivel de penetración, adherencia y resistencia primordialmente en climas templados y fríos, el asfalto de penetración 85-100 es el más recomendado por la calidad de dichas características.

Tabla 3. *Calidad de asfaltos de acuerdo a características*

Tipo	Grado	Ensayo	Grado de Penetración									
			PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
			min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>												
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0.1mm		MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C		MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm		MTC E 306	100		100		100		100		100	
Índice de Penetración (Suceptibilidad Térmica)		MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3.2 mm, 5h</b>												
Pérdida de masa, %		ASTMD 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %		MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad de residuo a 25°C, 5cm/min, cm		MTC E 306		50		57		100		100		

*Nota:* Tomado de <<Manual de Carreteras>>, por Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013, pp. 569.

Como se observa en la Tabla N° 3, el asfalto de penetración 85-100 se ubica entre los tipos de asfalto de acuerdo al grado de penetración con niveles medios y altos de especificaciones de calidad (42).

Por ese motivo, hoy en día el asfalto de penetración 85-100 posee un uso casi generalizado para la pavimentación en gran parte del país y otros países en América Latina como en países de Europa y Norteamérica.

#### 2.2.4 La alcachofa y el zumo de alcachofa

La alcachofa se trata de una especie que pertenece a la clase *Cynara scolymus*, del género *Asteraceae* y que además comprende a la lechuga, el girasol, el marigold, la dalia, la manzanilla y diversas otras especies que tienen características alimenticias, medicinales y decorativas, siendo en genética una clase de treinta y cuatro cromosomas. Es junto con el espárrago una de las plantas de origen latino más valoradas por los especialistas en comida, y se le estima como una especialidad en los establecimientos más reconocidos, particularmente en los del hemisferio occidental donde la comida tiene una mayor complejidad que en América del Norte.

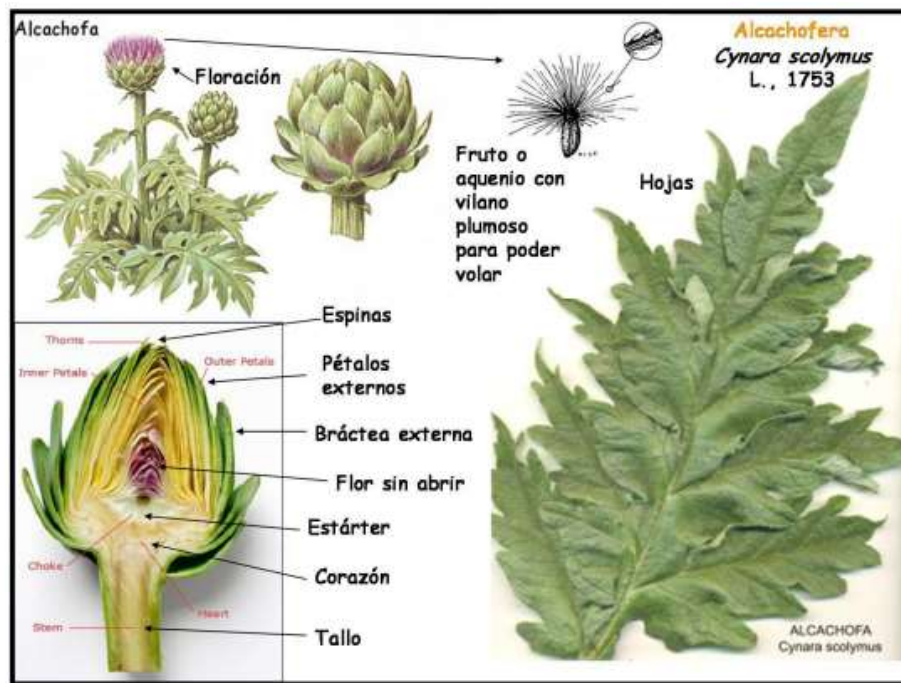


Figura 13: Partes de *Cynara scolymus* “Alcachofa”

#### 2.2.4.1 Composición Química

A la alcachofa se le ha atribuido desde tiempos muy antiguos, debido a su constitución, características beneficiosas para la salud, además de su contribución en la dieta de alguien que quiere bajar de peso, debido a que tiene un número bajo de calorías y una alta porción de fibra, se puede pensar que es una hortaliza "light". La alcachofa está muy popular entre las personas que siguen dietas debido a su elevado porcentaje de fibra y debido a su bajo número de calorías.

La composition of the alcachofa is characterized by a high concentration of minerals like potasio, fosforo, calcio, magnesium and iron, these components are significant in comparison to other plants and grains. Es fundamental para la correcta ejecución y desarrollo de varias labores que realiza el cuerpo.

El potasio se relaciona con la actividad intestinal, muscular y nerviosa, además forma parte de los huesos y de los dientes y tiene una influencia sobre el equilibrio de agua de los mismos.

#### 2.2.4.2 Zumo de Alcachofa

El zumo de alcachofa hace referencia al extracto líquido obtenido de la alcachofa. Este contiene las PODs conocidas como óxidoreductasas, ya que están distribuidas en diversas escalas filogenéticas y además catalizan la oxidación de diversos sustratos orgánicos e

inorgánicos debido a que contiene peróxido de hidrógeno donde se concentra su poder e importancia oxidativa, por tal motivo el zumo es ampliamente usado en los laboratorios clínicos y en diversos sectores de la industria, como bien puede ser el caso de la industria del cemento para los fines que la presente tesis viene estudiando (44).

De ahí su importancia para la presente investigación, ya que son dichas propiedades antioxidantes las que causan el interés como adherente a la mezcla asfáltica.

En la actualidad existen limitados recursos bibliográficos sobre las propiedades antioxidantes de la alcachofa para ser utilizada dentro de la mezcla asfáltica para pavimentaciones, sin embargo, se ha determinado que los extractos de alcachofa poseen propiedades fenólicas y antioxidantes, característica determinada en el considerado primer estudio de la actividad antioxidante de la alcachofa en Perú, elaborado como parte de un proyecto de la empresa Danper Perú.

En dicho estudio se concluyó que el extracto liofilizado de alcachofa posee una actividad antioxidante de 47 mg de ácido gálico, en un valor de CI50 a una concentración de 200 mg/mL, es decir, que el extracto de alcachofa posee una gran actividad antioxidante (45).

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Alcachofa**

El contenido nutricional de la alcachofa se caracteriza por un alto contenido de ciertos minerales, como fósforo, sodio, especialmente manganeso (20 mg / 100 g de producto comestible), que es superior a cualquier vegetal o legumbre. Su contenido de vitaminas no es particularmente alto; sin embargo, es un alimento relativamente valioso porque tiene un contenido de agua más bajo y un contenido de carbohidratos y proteínas más alto que la mayoría de las verduras.

### **2.3.2 Antioxidantes**

Son sustancias naturales o también fabricadas por el hombre que pueden prevenir o retrasar algunos daños a las células y los antioxidantes se encuentran en muchos alimentos como las frutas y verduras. Existe una amplia evidencia que el consumo de una dieta con muchas verduras y frutas es muy saludable y reduce los riesgos de sufrir enfermedades.

### **2.3.3 Asfalto**

El asfalto es un constituyente natural de la mayor parte de las mezclas de petróleo, también denominado ligante, este es un componente de la naturaleza que está compuesto por hidrocarburos alifáticos y aromáticos de peso, componentes orgánicos además de algunos metales, y se genera durante la extracción de petróleo o bien directamente, la proporción de sus componentes hace que sea una sustancia muy viscosa a temperatura ambiente, cuya característica principal es la de ser aglutinante o ligante.

### **3.3.4 Agregado**

El agregado de construcción o simplemente agregado es una clase vasta de partículas de tamaño medio que se emplean en la edificación, que incluye por ejemplo, arena, grava, piedra triturada, escoria, etc.

### **3.3.5 Agregado fino**

Agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm (# 4).

### **3.3.6 Agregado grueso**

Agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm (# 4).

### **3.3.7 Ahuellamiento**

Dichos que se forman en la superficie, dentro de las rutas que hace la rueda. Puede ser el producto de una compactación por movimiento en forma de lado de una o más clases de pavimento bajo la influencia del tráfico, o bien pueden ser originados por un desplazamiento de la superficie misma del pavimento.

### **3.3.8 Bitumen**

Sustancia cementante de color negro (sólida, semi- sólida o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas o alquitranes, los betunes y las asfálticas.

### **3.3.9 Cemento asfáltico**

Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en asfáltico cuanto a calidad y consistencia para ser usado directamente en la producción de pavimentos asfálticos.

### **3.3.10 Consistencia**

Describe el grado de fluidez o plasticidad de un cemento asfáltico a determinada temperatura. La consistencia de un cemento asfáltico varía con la temperatura: por lo tanto, es necesario usar una temperatura patrón cuando se está comparando la consistencia de un cemento asfáltico con la de otro. La temperatura utilizada para este propósito es 60°C (140°F).

### **3.3.11 Densidad**

Grado de solidez que puede alcanzarse en una mezcla dada. Está limitada por la eliminación total de los vacíos que se encuentran entre las partículas de la mezcla.

### **3.3.12 Desintegración**

Se produce la separación de los agregados del piso en forma de progresión desde el superior hasta el inferior, o desde los bordes hacia el centro. Es posible que se deba a la falta de compactación, al createo de una capa de rodadura de muy baja thickness en tiempos fríos, a la incorporación de suciedad, a la desintegración del agregado, a la falta de asfalto en la mezcla o a un sobre calentamiento de la misma..

### **3.3.13 Grietas**

Fracturas en la superficie del pavimento asfáltico.

#### **3.3.14 Impermeabilidad**

Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo

#### **3.3.15 Mezcla asfáltica en caliente**

Mezclas de planta que deben ser colocadas y compactadas a temperaturas elevadas

#### **3.3.16 Viscosidad**

Medida de la resistencia al flujo. Método usado para medir la consistencia del asfalto.

#### **3.3.17 Viscosidad absoluta**

Método utilizado para medir viscosidad usando el poise como la unidad de medida. Este método hace uso de un vacío parcial para inducir el flujo en el viscosímetro.

#### **3.3.18 Viscosidad cinemática**

Método utilizado para medir viscosidad usando el poise como la unidad de medida.

#### **3.3.19 Zumo**

Este es un término y realicé un largo recorrido etimológico hasta llegar a nuestro idioma, el jugo se llama jugo que se obtiene exprimiendo, machacando o picando frutas, flores u hojas similares. Por tanto, es un líquido. Normalmente, el jugo se obtiene mediante algún tipo de mecanismo de presión. En cualquier caso, se pueden realizar diferentes procesos previos, como la cocción.

#### **3.3.20 PEN 85 100**

Es un material altamente cementante, termoplástico, repelente al agua y es resistente al ataque de la mayoría de los ácidos, álcalis y sales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1 Método de investigación**

Esta investigación se basa en el **método científico**, que puede identificar y resolver problemas a través de la observación, contribuyendo así al progreso científico de la ingeniería en el sector del transporte, y utilizando inferencias en pruebas de laboratorio para controlar cambios en las variables. Razonable y riguroso, puede verificar los resultados esperados, el método científico incluye el proceso de explicar fenómenos a través de la observación y establecer relaciones entre hechos para adquirir nuevos conocimientos (46).

A nivel de enfoque, la presente tesis presenta un enfoque **cuantitativo**, ya que el proceso de investigación está conformado por las etapas de formulación de idea, planteamiento del problema, revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico, visualización del alcance de estudio, elaboración de las hipótesis y definición de las variables, desarrollo del diseño de la investigación, selección de la muestra, recolección de datos, análisis de los mismos y presentación de los resultados, las cuales son consideradas como las fases de investigaciones de dicho enfoque (47).

Consideramos que la presente tesis posee las siguientes características de una investigación con enfoque cuantitativo:



Figura 14. Enfoque de investigación cuantitativa. Elaboración propia en base a Hernández. R; Fernández. C; Baptista. M, 2016, Metodología de la Investigación.

### 3.1.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo **aplicativa**, que resuelve los problemas involucrados y define el comportamiento de las variables a través de aplicaciones prácticas y específicas, por lo que adopta un método cuantitativo porque recolecta información específica como datos estructurados mediante la manipulación de evidencia digital estructurada.

Realiza diferentes pruebas. “Representa una serie de procesos organizados para contrastar ciertas hipótesis cuando queremos estimar la intensidad de un fenómeno u ocurrir y probarlo, es apropiado” (48).



Así mismo, para la presente tesis, se realizó la aplicación de diversos instrumentos de medición de las variables, por lo tanto, se considera una investigación de tipo aplicativo.

### 3.1.3 Nivel de investigación

La presente tesis es de nivel **explicativo** porque tiene como propósito realizar la explicación de las causas de un fenómeno que se estudia (47). En ese sentido, se busca determinar las causas que determinan que el zumo de alcachofa si sea un agente antioxidante del cemento asfáltico. Es ello lo que se busca determinar y probar.

Consideramos que la importancia de esta investigación es su nivel de utilidad ya que se conocerá cómo se comporta la variable dependiente al ser modificada con la variable independiente para determinar los efectos que se producen en la primera, y para resolver la problemática del envejecimiento del asfalto a raíz de la añadidura del zumo de alcachofa como agente antioxidante que retrasa el proceso de envejecimiento del asfalto de PEN 85-100, y todo ello a través de la aplicación de un nuevo sistema de prolongación de vida útil, sistema basado en la adición del zumo de alcachofa, el cual debe analizarse para determinar si el retraso es eficaz o no tienen eficacia.

## 3.2 Diseño de la investigación

El diseño utilizado en la presente investigación es **experimental puro**, ya que se realiza tratamientos de laboratorio para obtener el comportamiento de las variables, se manipula la variable independiente mediante ensayos de laboratorio que es desarrollado a través de la observación sistemática para obtener resultados fidedignos que permitan contrastar y comprobar las hipótesis planteadas “Situación de control en la cual se manipula, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)” (48).

Este tipo de investigaciones son conocidas también como estudios de intervención ya que se requiere de la experimentación para el estudio de la problemática. Como se observa en la Figura N° 15, los principales componentes de la investigación experimental son la causa y el efecto proporcionales a la variable dependiente e independiente de la investigación:



Figura 15. Diseño de investigación experimental. Tomado de <<Metodología de la Investigación>> por Hernández. R; Fernández. C; Baptista. M, 2016, p. 129.

Entonces, en la presente investigación, dicha relación se figura de la siguiente manera:

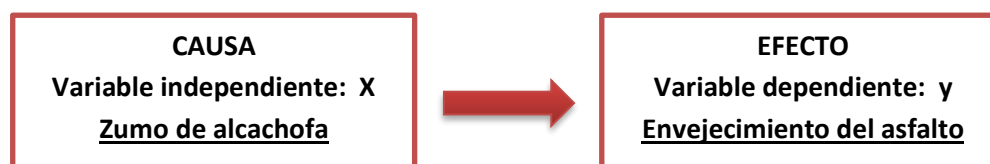


Figura 16. Diseño de investigación causa y efecto. Elaboración propia,

Por lo tanto, se entiende que la variable independiente “zumo de alcachofa” será una causa para aumentar o prevenir el “envejecimiento del asfalto” como variable dependiente, ya que ésta última depende del comportamiento de la primera.

### 3.2.1. Grupo de control

Con grupo de control, nos referimos al diseño del grupo que contiene la variable dependiente que va a ser sometida a análisis, sin modificaciones, es decir, en su estado inalterado (49). Por lo tanto, en esta investigación, el grupo de control hace referencia al Cemento asfáltico analizado sin adición del zumo de alcachofa, en su estado normal.

En el diseño experimental, la definición del grupo de control es imprescindible ya que para determinar la relación causa y efecto antes mencionado, se debe conocer el objeto de estudio sin alteración. El efecto causado en él será producto de su alteración y por ende de ese modo se determina la causa.

### 3.2.2. Grupo experimental

El grupo experimental hace referencia al diseño del grupo de población que si va a ser modificado por la variable independiente (49). Únicamente este grupo será alterado, al contrario del grupo de control, en este si se añadirá el zumo de alcachofa y se realizará el análisis del objeto ya alterado. De ese modo se podrá determinar una comparación entre el grupo de control con el grupo experimental para hallar el porcentaje de variación de sus indicadores.

Lo antes indicado se observa en las siguientes tablas:

Tabla 4. *Diseño de la Investigación*

<b>GRUPO DE CONTROL Y EXPERIMENTAL – VISCOSIDAD</b>			
<b>RG<sub>1</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>1</sub> : Prueba de Viscosidad	X <sub>1</sub> : adición del 2% al zumo de alcachofa	0 <sub>2</sub> : Prueba de Viscosidad
<b>RG<sub>2</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>3</sub> : Prueba de Viscosidad	X <sub>2</sub> : adición del 5% al zumo de alcachofa	0 <sub>4</sub> : Prueba de Viscosidad
<b>RG<sub>3</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>5</sub> : Prueba de Viscosidad	X <sub>3</sub> : adición del 7% al zumo de alcachofa	0 <sub>6</sub> : Prueba de Viscosidad
<b>RG<sub>4</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>7</sub> : Prueba de Viscosidad	X <sub>4</sub> : adición del 10% al zumo de alcachofa	0 <sub>8</sub> : Prueba de Viscosidad
<b>GRUPO DE CONTROL GRUPO DE CONTROL Y EXPERIMENTAL – SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA</b>			
<b>RG<sub>5</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>9</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica	X <sub>5</sub> : adición del 2% al zumo de alcachofa	0 <sub>10</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica
<b>RG<sub>6</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>11</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica	X <sub>6</sub> : adición del 5% al zumo de alcachofa	0 <sub>12</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica
<b>RG<sub>7</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>13</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica	X <sub>7</sub> : adición del 7% al zumo de alcachofa	0 <sub>14</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica
<b>RG<sub>8</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>15</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica	X <sub>8</sub> : adición del 10% al zumo de alcachofa	0 <sub>16</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica
<b>GRUPO CONTROL GRUPO DE CONTROL Y EXPERIMENTAL: ESTABILIDAD</b>			
<b>RG<sub>9</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>17</sub> : Prueba de Estabilidad	X <sub>9</sub> : adición del 2% al zumo de alcachofa	0 <sub>18</sub> : Prueba de Estabilidad
<b>RG<sub>10</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>19</sub> : Prueba de Estabilidad	X <sub>10</sub> : adición del 5% al zumo de alcachofa	0 <sub>20</sub> : Prueba de Estabilidad
<b>RG<sub>11</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>21</sub> : Prueba de Estabilidad	X <sub>11</sub> : adición del 7% al zumo de alcachofa	0 <sub>22</sub> : Prueba de Estabilidad
<b>RG<sub>12</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>23</sub> : Prueba de Estabilidad	X <sub>12</sub> : adición del 10% al zumo de alcachofa	0 <sub>24</sub> : Prueba de Estabilidad
<b>GRUPO CONTROL GRUPO DE CONTROL Y EXPERIMENTAL: FLUJO</b>			
<b>RG<sub>13</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>25</sub> : Prueba de Flujo	X <sub>13</sub> : adición del 2% al zumo de alcachofa	0 <sub>26</sub> : Prueba de Flujo
<b>RG<sub>14</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>27</sub> : Prueba de Flujo	X <sub>14</sub> : adición del 5% al zumo de alcachofa	0 <sub>28</sub> : Prueba de Flujo
<b>RG<sub>15</sub></b> : CA PEN 85-100	0 <sub>29</sub> : Prueba de Flujo	X <sub>15</sub> : adición del 7% al zumo de alcachofa	0 <sub>30</sub> : Prueba de Flujo

<b>RG<sub>16</sub></b> : CA PEN 85-100	O <sub>31</sub> : Prueba de Flujo	X <sub>16</sub> : adición del 10% al zumo de alcachofa	O <sub>32</sub> : Prueba de Flujo
--	-----------------------------------	--	-----------------------------------

*Nota:* Elaboración propia.

Tabla 5. *Grupos de Control*

<b>GRUPOS DE CONTROL</b>	
<b>RG<sub>1</sub></b> : CA PEN 85-100	O <sub>1</sub> : Prueba de Viscosidad
<b>RG<sub>2</sub></b> : CA PEN 85-100	O <sub>2</sub> : Prueba de Susceptibilidad térmica
<b>RG<sub>3</sub></b> : CA PEN 85-100	O <sub>3</sub> : Prueba de Estabilidad
<b>RG<sub>4</sub></b> : CA PEN 85-100	O <sub>4</sub> : Prueba de Flujo

*Nota:* Elaboración propia

### **GRUPOS DE CONTROL**

✓ Donde:

GR: Grupo de control de cemento asfáltico de PEN 85-100

X: Adición de zumo de alcachofa en porcentajes 2%, 5%, 7%, 10%

O<sub>1</sub>: Medición de los cambios de reología del cemento asfáltico de PEN 85-100 (Viscosidad y susceptibilidad térmica)

O<sub>2</sub>: Medición de los cambios de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de PEN 85-100 (Estabilidad y flujo)

## **3.3 Población y Muestra**

### **3.3.1 Población**

La población hace referencia en el ámbito metodológico, al conjunto de casos que cumplen con las especificaciones del análisis del estudio. Este grupo de casos puede estar conformado por las personas, o los objetos del estudio, que concuerdan con el planteamiento y los alcances de la investigación (47).

Para esta investigación la población será las mezclas asfálticas de la ciudad de Huancayo, que forma parte de la estructura de un pavimento.

### **3.3.2 Muestra**

La muestra hace referencia al sub grupo delimitado de la población en la que se recolectarán los datos. La delimitación de la muestra debe realizarse con especificaciones centradas, específicas y que vayan de acuerdo a los objetivos de la investigación, ya que la finalidad de seleccionar la muestra es que los datos o resultados obtenidos de la investigación, se puedan extrapolar hacia el resto de la población. Por lo tanto, la muestra debe cumplir con ser estadísticamente representativa de la población (47).

El tipo de muestra en la presente investigación es de tipo no probabilística, debido a que no existe una selección probabilística, sino se realiza la selección de la muestra de acuerdo a las características y propósitos de la investigación (47).

La muestra se compone de 120 especímenes en total, de los cuales el producto de 40 puntos de muestra requeridos y 3 puntos por muestra según la prueba estadística de validación de datos para evitar errores.

Tabla 6: *Cálculo del número de muestras*

**CÁLCULO DE MUESTRAS PARA ENSAYO DE VISCOCIDAD**

Dosificaciones	M01	M02	M03
0.00	1	1	1
2.00	1	1	1
5.00	1	1	1
7.00	1	1	1
10.00	1	1	1
			15

**CÁLCULO DE MUESTRAS SUSCEPTIBILIDAD TÉRMIC**

Dosificaciones	M01	M02	M03
0.00	1	1	1
2.00	1	1	1
5.00	1	1	1
7.00	1	1	1
10.00	1	1	1
			15

**CÁLCULO DE MUESTRAS ESTABILIDAD Y FLUJO**

Dosificaciones	M01	M02	M03
0.00	1	1	1
2.00	1	1	1
5.00	1	1	1
7.00	1	1	1
10.00	1	1	1
			15

Nota: Elaboración propia

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas e instrumentos de investigación

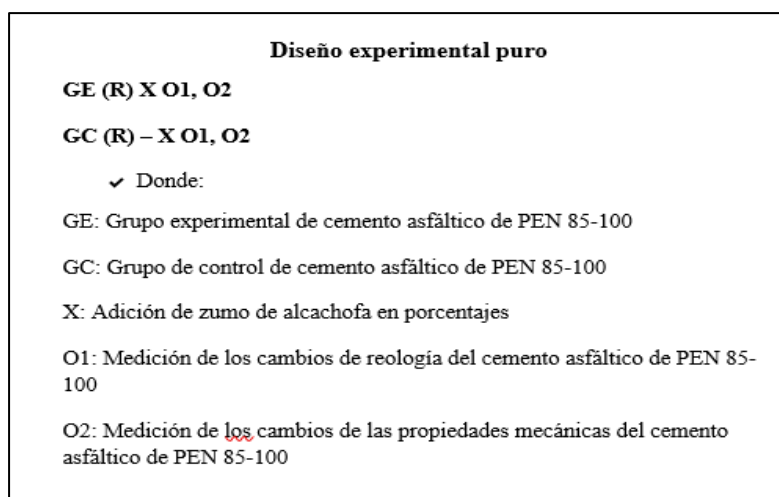
Una técnica de investigación hace referencia a los procesos empleados en el área científica que tiene por finalidad la recolección de datos. Éstas conforman un método en particular y son generalmente conocidas como técnicas de recolección de datos (50).

La **técnica** utilizada en esta tesis, fue la **observación experimental**, la cual es un tipo de técnica de recolección de datos ampliamente utilizada en diversos tipos de investigación. En principio, la técnica general fue la observación, entendiéndola como un proceso sistémico para la obtención, recopilación y registros de datos factibles y empíricos de un objeto, hecho, suceso o conducta con el fin de procesarlo y transformar aquello que se observa en

información. Esta técnica es sistémica, intencional, requiere del proceso sensorial, es instrumental, objetiva y diversificada, y sus elementos son el sujeto que observa (investigador), el objeto que se observa (cemento asfáltico) los medios e instrumentos (fichas de observación, laboratorio y materiales de laboratorio), unidades de análisis (dimensiones e indicadores), y el marco teórico (49).

Mientras que la técnica específica utilizada fue la observación experimental, ya que el nivel de manipulación de las variables, principalmente de la variable dependiente es alto ya que su comportamiento fue influenciado por la variable independiente (49). Estas variables, han sido intencionalmente manipuladas por el investigador quedando en control del mismo para crear el hecho que se pretendió investigar, que viene a ser el zumo de alcachofa como agente antioxidante del cemento asfáltico de PEN 85/100.

Los **instrumentos** de la investigación para la presente tesis fueron las Fichas de Recolección de datos para analizar las variables, las cuales fueron empleadas en los ensayos de laboratorio con la finalidad de recoger únicamente los datos pertinentes a la investigación y no otros. De ese modo, los instrumentos se construyeron de acuerdo al siguiente esquema del diseño de la investigación experimental:



*Figura 17.* Diseño de la investigación para la construcción de los instrumentos en base a “Metodología de la Investigación” por Carrasco, D, 2008.

#### **3.4.1.1. Fichas de recolección de datos**

Se creó un 1er instrumento previo denominado “INSTRUMENTO N°1: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 Y ZUMO DE ALCACHOFA”, que tiene por objetivo delimitar las características y parámetros básicos iniciales de la variable dependiente. Con este

instrumento no se pretende analizar los indicadores de la investigación, ya que únicamente corresponde a los estudios previos de la investigación, y se consideró la variable independiente para también obtener sus características básicas.

Tabla 7. *Instrumento N°1: Ficha de recolección de datos de Estudios Previos del Cemento Asfáltico Pen 85-100 y Zumo de Alcachofa*

INSTRUMENTO N°1	
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 Y DEL ZUMO DE ALCACHOFA</b>	
La presente ficha de recolección tiene como objetivo determinar los parámetros básicos del cemento asfáltico para el diseño de mezclas de cemento de PEN 85-100 y del zumo de alcachofa.	
<b>Instrucciones:</b> A continuación, se presenta un formato para completar los ensayos de caracterización del cemento asfáltico en cuatro muestras y del zumo de alcachofa en una muestra.	

ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 - MUESTRA 1					
PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO DE PIEDRA TRITURADA DE MATAHUASI DE 1/2"					
GRANULOMETRÍA					
MALLA		PESO (gr)	%Retención Parcial	%Retención Acumulada	%Pasante
Tamiz	mm				
Tm - 3"					
Tm - 2 1/2"					
Tm - 2"					
Tm - 1 1/2"					
Tm - 1"					
Tm - 3/4"					
Tm - 1/2"					
Tm - 3/8"					
Tm - N°4					
Tm - N°8					
Tm - N°10					
Tm - N°16					
Tm - N°30					
Tm - N°40					
Tm - N°50					
Tm - N°80					
Tm - N°100					
Tm - N°200					
<Tm -N°200					
<b>Total muestra =</b>					

**ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-  
100 - MUESTRA 2**

**PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO DE ARENA ZARANDEADA DE  
MATAHUASI - ARENA NATURAL**

**GRANULOMETRÍA**

MALLA		PESO (gr)	%Retención Parcial	%Retención Acumulada	%Pasante
Tamiz	mm				
Tm - 3"					
Tm - 2 1/2"					
Tm - 2"					
Tm - 1 1/2"					
Tm - 1"					
Tm - 3/4"					
Tm - 1/2"					
Tm - 3/8"					
Tm - N°4					
Tm - N°8					
Tm - N°10					
Tm - N°16					
Tm - N°30					
Tm - N°40					
Tm - N°50					
Tm - N°80					
Tm - N°100					
Tm - N°200					
<Tm -N°200					
<b>Total muestra =</b>					



**ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-  
100 - MUESTRA 4**

<b>PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL FILLER</b>					
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
<b>MALLA</b>		<b>PESO (gr)</b>	<b>%Retención Parcial</b>	<b>%Retención Acumulada</b>	<b>%Pasante</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>				
Tm - 3"					
Tm - 2 1/2"					
Tm - 2"					
Tm - 1 1/2"					
Tm - 1"					
Tm - 3/4"					
Tm - 1/2"					
Tm - 3/8"					
Tm - N°4					
Tm - N°8					
Tm - N°10					
Tm - N°16					
Tm - N°30					
Tm - N°40					
Tm - N°50					
Tm - N°80					
Tm - N°100					
Tm - N°200					
<Tm -N°200					
<b>Total muestra =</b>					

**ESTUDIOS PREVIOS ZUMO DE ALCACHOFA - MUESTRA 1**

<b>PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA POST MOLIDO Y SECADO</b>					
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
<b>MALLA</b>		<b>PESO (gr)</b>	<b>%Retención Parcial</b>	<b>%Retención Acumulada</b>	<b>%Pasante</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>				
Tm - 3"					
Tm - 2 1/2"					
Tm - 2"					
Tm - 1 1/2"					
Tm - 1"					
Tm - 3/4"					
Tm - 1/2"					
Tm - 3/8"					
Tm - N°4					
Tm - N°8					

Tm - N°10					
Tm - N°16					
Tm - N°30					
Tm - N°40					
Tm - N°50					
Tm - N°80					
Tm - N°100					
Tm - N°200					
<Tm -N°200					
<b>Total muestra =</b>					

*Nota:* Elaboración propia

Así mismo, se creó un 2do instrumento para el GC (Grupo de control del Cemento Asfáltico de PEN 85-100) denominado “INSTRUMENTO N°2: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL GRUPO DE CONTROL DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85-100 (SIN ADICIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA)”, en el que ya se planteó el estudio de la variable dependiente delimitado su análisis a sus indicadores “viscosidad”, “susceptibilidad térmica”, y “estabilidad, flujo y vacíos” de forma inalterada. Por lo mismo, de acuerdo al diseño experimental de la investigación, este instrumento corresponde al análisis de la variable dependiente sin sometimiento a modificaciones por parte del investigador, por lo tanto, es este instrumento no se coloca la variable independiente.

Tabla 8. *Instrumento N°2: Ficha de recolección de datos del Grupo de Control del Cemento Asfáltico de Pen 85-100 (sin adición del zumo de alcachofa).*

INTRUMENTO N° 2					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VISCOSIDAD, SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA, ESTABILIDAD Y FLUJO DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85-100 (SIN ADICIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA)					
El presente instrumento tiene como objetivo determinar las características de la reología y propiedades mecánicas del cemento asfáltico de PEN 85-100 previo a la adición del zumo de alcachofa.					
<b>Instrucciones:</b> A continuación, se presenta un formato para completar los datos de los ensayos del cemento asfáltico de PEN 85-100 en su estado sin alteraciones					
ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85 - 100			ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85-100		
TEMPERATURA (°C)*		VISCOSIDAD	TEMPERATURA	SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA	
°C	Tiempo de exposición térmica	Viscosímetro Rotacional de Brookfield**	°Rankine	Viscosidad	
		(mPa.s)	min - max	N° puntos de ensayo***	Log(LogViscosidad, cP)

60°	25 min	"_____ mPa.s"	2.7°R	1er punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
75°	25 min	"_____ mPa.s"	2.72°R	2do punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
90°	25 min	"_____ mPa.s"	2.75°R	3er punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
105°	25 min	"_____ mPa.s"	2.80°R	4to punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
120°	25 min	"_____ mPa.s"	2.82°R	5to punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
135°	25 min	"_____ mPa.s"	2.85°R	6to punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
150°	25 min	"_____ mPa.s"	2.87°R	7mo punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
165°	25 min	"_____ mPa.s"	2.90°R	8vo punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
180°	25 min	"_____ mPa.s"	2.92°R	9no punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____
195°	25 min	"_____ mPa.s"	1.95°R	10mo punto	"_____ "(____,____ E-01)=_____

\*Se varia la temperatura con la intención de ampliar el conocimiento del comportamiento de la viscosidad del cemento asfáltico de PEN 85-100 antes de llegar al punto de inflamación

\*\*La viscosidad se analiza en laboratorio mediante el viscosímetro rotacional de Brookfield

\*\*\*Los puntos de ensayo se adicionarán de acuerdo a la progresión sobre los puntos en análisis

<b>III. ESTABILIDAD Y FLUJO DEL CEMENTO ASFÁLTICO</b>		
<b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	<b>%</b>	
<b>Estabilidad</b>	<b>kg</b>	
<b>Flujo</b>	<b>mm</b>	

*Nota:* Elaboración propia

Finalmente, se creó el 3er instrumento para el GE (Grupo experimental del Cemento Asfáltico de PEN 85-100) denominado "INSTRUMENTO N°3: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 EN SUS CAMBIOS DE REOLOGÍA CON ADICIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA" cuyo objetivo fue analizar el comportamiento de la variable dependiente al ser modificado intencionalmente por el investigador con la variable independiente, mediante el análisis de los cambios en la reología del asfalto ya que esta dimensión está compuesta por los indicadores de la investigación en su estado de alteración por adición del zumo de alcachofa. Por lo tanto, este instrumento ya contempla la variable dependiente, la variable independiente, los indicadores y la modificación de los mismos.

Tabla 9. Instrumento N° 3: Ficha de recolección de datos del Grupo Experimental del Cemento Asfáltico Pen 85-100 en sus cambios de Reología con adición del Zumo de Alcachofa

**INTRUMENTO N° 3**

<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VISCOSIDAD, SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA, ESTABILIDAD Y FLUJO DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 EN SUS CAMBIOS DE REOLOGÍA CON ADICIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA</b>	
El presente instrumento tiene como objetivo determinar la influencia de la adición de zumo de alcachofa en el envejecimiento del cemento asfáltico de PEN 85-100 a través de los cambios en su reología y propiedades mecánicas.	
<b>Instrucciones:</b> A continuación, se presenta un formato para completar los datos de los ensayos de la mezcla utilizando los indicadores Viscosidad, Susceptibilidad térmica y Estabilidad y Flujo.	

ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85 - 100 CON ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA			ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85-100 CON ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA			
ZUMO	TEMPERATURA (°C) *		VISCOSIDAD	T°	SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA	
(%) de adición	°C	Tiempo de exposición térmica	Viscosímetro Rotacional de Brookfield**	°Rankine	Viscosidad	
			(mPa.s)	min - max	N° puntos de ensayo***	Log (Log Viscosidad, cP)
<b>2% de adición</b>	60°	25 min	"_____ mPa.s"		1er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	75°	25 min	"_____ mPa.s"		2do punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	90°	25 min	"_____ mPa.s"		3er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	105°	25 min	"_____ mPa.s"		4to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	120°	25 min	"_____ mPa.s"		5to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	135°	25 min	"_____ mPa.s"		6to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	150°	25 min	"_____ mPa.s"		7mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	165°	25 min	"_____ mPa.s"		8vo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	180°	25 min	"_____ mPa.s"		9no punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	195°	25 min	"_____ mPa.s"		10mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
<b>5% de adición</b>	60°	25 min	"_____ mPa.s"		1er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	75°	25 min	"_____ mPa.s"		2do punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	90°	25 min	"_____ mPa.s"		3er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	105°	25 min	"_____ mPa.s"		4to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	120°	25 min	"_____ mPa.s"		5to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	135°	25 min	"_____ mPa.s"		6to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____

	150°	25 min	"_____ mPa.s"		7mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	165°	25 min	"_____ mPa.s"		8vo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	180°	25 min	"_____ mPa.s"		9no punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	195°	25 min	"_____ mPa.s"		10mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
<b>7% de adición</b>	60°	25 min	"_____ mPa.s"		1er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	75°	25 min	"_____ mPa.s"		2do punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	90°	25 min	"_____ mPa.s"		3er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	105°	25 min	"_____ mPa.s"		4to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	120°	25 min	"_____ mPa.s"		5to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	135°	25 min	"_____ mPa.s"		6to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	150°	25 min	"_____ mPa.s"		7mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	165°	25 min	"_____ mPa.s"		8vo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	180°	25 min	"_____ mPa.s"		9no punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	195°	25 min	"_____ mPa.s"		10mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
<b>10% de adición</b>	60°	25 min	"_____ mPa.s"		1er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	75°	25 min	"_____ mPa.s"		2do punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	90°	25 min	"_____ mPa.s"		3er punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	105°	25 min	"_____ mPa.s"		4to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	120°	25 min	"_____ mPa.s"		5to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	135°	25 min	"_____ mPa.s"		6to punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	150°	25 min	"_____ mPa.s"		7mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	165°	25 min	"_____ mPa.s"		8vo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	180°	25 min	"_____ mPa.s"		9no punto	"_____"(____,____ E-01)=_____
	195°	25 min	"_____ mPa.s"		10mo punto	"_____"(____,____ E-01)=_____

<b>III. ESTABILIDAD Y FLUJO DEL CEMENTO ASFÁLTICO RESULTANTE DE LA MEZCLA DE PIEDRAS Y ZUMO DE ALCACHOFA</b>					
<b>CEMENTO ASFÁLTICO Y % ZUMO</b>	<b>%</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
<b>Estabilidad</b>	kg				
<b>Flujo</b>	mm				

*Nota:* Elaboración propia

Los instrumentos cumplieron con la característica principal considerada por autores reconocidos en el ámbito metodológico de investigaciones, que señalan que el instrumento de la investigación debe tener representados la mayor parte o en su totalidad, los componentes del dominio que están contenidos en las variables de la investigación, es decir, de los indicadores de cada variable (47).

Así mismo, es importante mencionar que los instrumentos antes señalados, fueron utilizados dentro de los ensayos de laboratorio, en los que se observó el comportamiento de la variable dependiente.

### **3.4.2. Validez de los instrumentos de investigación**

La validez del instrumento de investigación es un requisito indispensable que todo instrumento de investigación debe poseer ya que le otorga veracidad y credibilidad a los resultados que se obtengan al utilizar dicho instrumento, por lo mismo, la validez del instrumento indica que este mide realmente lo que pretende medir, y no otra cosa, hecho o variable (47).

Así mismo, la validez de un instrumento contempla ciertas características como la validez del contenido, del criterio empleado y del constructo. En la presente tesis hemos dado énfasis a las dos primeras características puesto que la investigación es cuantitativa. En el primer caso, es necesario que el instrumento contemple todos o la mayoría de los criterios que contiene una variable (47), ya que de ese modo el instrumento permitirá obtener resultados de acuerdo al tema propuesto, problema investigado, variables analizadas, es decir, únicamente lo relacionado al tema y no otros aspectos complementarios o cuya relación con el problema sea nula o casi nula.

El contenido de los instrumentos está referido únicamente a las dos variables de investigación “envejecimiento del asfalto” y “porcentaje de zumo de alcachofa”, y a la dimensión “viscosidad”, para la primera variable, y los indicadores de “2%”, “5%”, “7%” y “10%” para la segunda variable, no habiendo otros aspectos no relacionados con la temática abordada, por lo tanto, los instrumentos utilizados poseen validez de contenido.

Ahora bien, con respecto a la **validez de criterio**, se dice de este que la validez del instrumento es establecida cuando se comparan los resultados que se obtiene, con otros criterios externos que miden lo mismo (47), es decir, que el criterio puede ser comparado con instrumentos diferentes, o procesos de investigación diferentes al que se presenta en esta tesis, con aquellos empleados en otras investigaciones o por otros autores que hayan estudiado los mismo o con cierta semejanza de las variables y problema de investigación.

Valga la aclaración, que la validez del instrumento desde el aspecto del criterio es bastante amplio ya que no se remite únicamente a la comparación de investigaciones relativamente similares, sino que además permite acudir al Juicio de Expertos como mínimo de 3 expertos cuyo criterio aporte en la validez del instrumento puesto que los expertos serán conocedores de la temática abordada y deberán contar con la experiencia necesaria que les permita determinar el estado de validez del instrumento.

En ese sentido, para la presente tesis, se acudió al Criterio de Expertos para determinar la validez de criterio de los instrumentos. Para ello, se contó con el juicio de 3 expertos con amplia experiencia en el tema elegido quienes evaluaron los instrumentos de acuerdo a las escalas “Deficiente”, “Regular”, y “Buena” en relación de criterios de “Pertinencia”, “coherencia”, “suficiencia”, “subjetividad”, y otros como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 10. *Criterios de validación del instrumento mediante Criterio de Expertos*

0	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
1	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
2	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (0)	R (1)	B (2)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.				
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.				
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.				
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.				
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.				
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.				
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.				
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.				
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.				
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.				
<b>TOTAL</b>					

*Nota:* Formato de validación de expertos creado por la Universidad Continental

Como se aprecia en la Tabla 10, los expertos evaluaron el instrumento de acuerdo a dichas escalas y criterios, para de ese modo obtener un coeficiente de validez a partir de la siguiente fórmula:

$$\frac{D+R+B}{30} = \text{coeficiente de validez}$$

Figura 18. Fórmula para obtener el coeficiente de validez del instrumento. Universidad Continental.

Finalmente, con todo lo mencionado en el presente apartado, se ha determinado la validez de los instrumentos utilizados en la presente investigación. Valga aclarar que los instrumentos fueron presentados ante el criterio de expertos, de forma previa a su aplicación en el proceso aplicado investigativo dentro del laboratorio. A continuación, se presenta a los expertos.



Tabla 11. *Presentación de expertos*

Ítem	Nombre y apellidos	Profesión	Colegiatura	Cargo	Experiencia laboral
1	Kenneth León Fierro	Ingeniero civil	195709	Director de Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LAJAS</b> <b>Residente</b> (PERÚ -CHACHAPOYAS – AMAZONAS) Gestioné 1 Proyecto de Ejecución 466 Km Gestioné equipos de 284 trabajadores Participé en la preparación del PGV Logré ahorro en el presupuesto meta</li> <li>• <b>CREC10</b> <b>Jefe de proyectos</b> (PERÚ QUEROBAMBA – AYACUCHO – SAN LUIS – ANCASH) Fidelicé proveedores y subcontratistas Se logró ahorros de 20% de PPTO meta Gestioné el PGV del corredor de 132 km Gestioné el PGV del corredor de 354 km Gestioné equipos de 25 y 40 trabajadores Fidelicé los STAKEHOLDERS de supervisión, PVD Y PVN</li> <li>• <b>PROESTECH PERU SAC</b> <b>Jefe de Proyectos</b> (PERÚ – POYENI, SATIPO) Participé en el desarrollo del PGV, 545 km Comparativo de ensayos con diferentes aditivos de estabilización</li> </ul> <p>Gestioné con habilidades blandas los STAKEHOLDERS de supervisión y PVN</p>
2	Adolfo Eulogio Camayo Ginche	Ingeniero civil	153550	Director de Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ABENGOA PERU S.A.</b> Jefe de laboratorio de mecánica de suelos “Construcción talleres mina fase IV y plataforma DME – 5”</li> <li>• <b>APPLUS NORCONTROL SAC</b> Jefe de laboratorio CQA – ANTAMINA</li> </ul>

				<p>Jefe de laboratorio – PROY. HIDROMANTA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>GICA PERU EIRL</b></li> </ul> <p>Jefe de mecánica de suelos y geotecnia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CONSORCIO C&amp;N ASOCIADOS</b></li> </ul> <p>Responsable de laboratorio de suelos y pavimentos; mejoramiento y rehabilitación de la carretera de acceso: Puente collpa - San Juan de Jarpa - Yanacancha, Provincia de Chupaca – Junín</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>GOBIERNO REGIONAL JUNÍN</b></li> </ul> <p>Servicio de estudio de suelos para el expediente técnico del proyecto: creación de los servicios especializados de medicina física y rehabilitación, distrito de chongos bajo, provincia de Chupaca, departamento de Junín. – abril 2020</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ERIGE SAC</b></li> </ul> <p>Servicio de estudio de suelos con fines de pavimentación y cimentación en un proyecto de habilitación urbana con un área bruta aproximada de 2ha en Oxapampa – pasco. – abril 2019</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>GOBIERNO REGIONAL DE HUANCVELICA</b></li> </ul> <p>“Mejoramiento del servicio de transitabilidad de la carretera interdepartamental Huaroccopata – Cotay Tipicocha- Emp. PE 24 (Yauyos – Cañete), departamento de Huancavelica y Lima”</p> <p>“Mejoramiento del servicio de transitabilidad de la carretera interdepartamental Huaroccopata - Cotaytipicocha- Emp. pe 24 (Yauyos – Cañete), Departamento de Huancavelica y Lima”</p>
3		Ingeniero civil	NO APLICA	<p>Ingeniero de Control de Calidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>SOLUCIONES VIALES S.A:</b></li> </ul> <p>Ingeniero de Control de Calidad durante la colocación de capa bituminosa de refuerzo en el tramo I (Emp. Izapa – León, Longitud 24.79 km) del proyecto: “Segunda convocatoria mantenimiento por niveles de servicio en empalme - izapa - chinandega – corinto, Longitud total: 85.34 km</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CACISA:</b></li> </ul> <p>Ingeniero de Control de Calidad de Supervisión del Proyecto “Supervisión del Mejoramiento de los Tramos de la Carretera Nejapa - El Crucero - Diriamba – Jinotepe – Nandaime (58.123 km). Tramo II: Est. 42+140 a Est. 66+950 (24.81 Km).”</p>

	Oscar Noel Cerde Hernández				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero de Control de Calidad de Supervisión en el Laboratorio Central del Proyecto Supervisión del Mejoramiento de los Tramos de la Carretera Nejapa - El Crucero - Diriamba – Jinotepe – Nandaime (58.123 km). Tramo I: Est. 8+820 a Est. 42+140 (33.32 Km).</li> <li>• <b>CONSORCIO ICC S.A. – CACISA;</b> Ingeniero de Control de Calidad de Supervisión en el Laboratorio Central del Proyecto Supervisión de la Rehabilitación del Tramo de Carretera Boaco – Muy Muy (24.79 Km)</li> <li>• Jefe Control de Calidad, Planta de distribución de combustibles “MIRAMAR”.</li> <li>• Jefe de Control de Calidad de los materiales empleados en el Proyecto Servicio de Supervisión Mantenimiento Periódico Rutinario Red Vial Mantenible 2012, Lote 1, Grupo No.20, Tramo: Rivas (Empalme Veracruz)– Tola, Long 12.38 Km.</li> <li>• Jefe de Control de Calidad de los Servicios de Supervisión del Proyecto Mantenimiento Periódico Rutinario Red Vial Mantenible 2012, Lote 1, Grupo 26, Tramo: Empalme San Francisco – Camoapa – Rancho Rojo, Long. 25.03 Km</li> </ul>
--	----------------------------------	--	--	--	--

A continuación, se plasman las fichas de validación de los expertos presentados:

## FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTO 1

### I. Datos Generales

Fecha	20/05/2023
Validador	Kenneth León Fierro
Cargo e institución donde labora	Director de Proyectos / Hytsa Estudios y Proyectos
Instrumento a validar	Varios
Objetivo del instrumento	
Autor(es) del instrumento	

### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Crterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
<b>TOTAL</b>			<b>4</b>	<b>24</b>	

### III. Coeficiente de validez

$$\frac{D+R+B}{30} = 0.93$$

## FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTO 2

### I. Datos Generales

Fecha	24/05/2023
Validador	Adolfo Eulogio Camayo Ginche
Cargo e institución donde labora	Director de laboratorio/ Majes – Caylloma - Arequipa
Instrumento a validar	Varios
Objetivo del instrumento	
Autor(es) del instrumento	

### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Crterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>			<b>6</b>	<b>21</b>	

### III. Coeficiente de validez

$$\frac{D+R+B}{30} = 0.90$$

## FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTO 3

### I. Datos Generales

Fecha	22/05/2023
Validador	Oscar Noel Cerda Hernández
Cargo e institución donde labora	Ingeniero de Control de Calidad /Soluciones Viales S.A.
Instrumento a validar	varios
Objetivo del instrumento	
Autor(es) del instrumento	

### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Crterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
<b>TOTAL</b>			<b>4</b>	<b>24</b>	

### III. Coeficiente de validez

$$\frac{D+R+B}{30} = 0.93$$

### 3.4.2.1. Análisis según V de Aiken

Este es un coeficiente que cuantifica la relevancia de los criterio o ítems del contenido tomando como base las valoraciones de los expertos. La fórmula empleada es:

$$v = \frac{S}{n(c - 1)}$$

La cual, una vez aplicada, arroja los siguientes resultados, con respecto a la validación del instrumento realizada mediante el criterio de los expertos, en total 3, como se mostró antes.

Tabla 12. *V de Aiken de Validación de Instrumentos por Criterio de Expertos*

Ítems	Expertos			Suma de acuerdos Total (S)	V Aiken	Descripción
	1	2	3			
1	2	2	2	6	6/3x2=1	Fuerte
2	2	2	2	6	6/3x2=1	Fuerte
3	2	1	2	5	5/3x2=0,83	Aceptable
4	2	2	2	6	6/3x2=1	Fuerte
5	2	1	1	4	4/3x2=0,66	Débil
6	1	1	2	4	4/3x2=0,66	Débil
7	2	2	2	6	6/3x2=1	Fuerte
8	2	2	2	6	6/3x2=1	Fuerte
9	2	2	2	6	6/3x2=1	Fuerte
10	1	2	1	4	4/3x2=0,66	Débil
<b>n=3 expertos</b>				<b>Media</b>	<b>8,81/10=0,88</b>	<b>Aceptable</b>

*Nota:* Elaboración propia

Interpretación de la tabla 12:

- Los instrumentos contienen 6 ítems (ítem 1, ítem 2, ítem 4, ítem 7, ítem 8 e ítem 9) con una validez de contenido fuerte, debido a que el coeficiente se ubica en el intervalo de 0,90 a 1,00 (ya que obtuvieron 1,00), lo cual indica que los 3 expertos estuvieron totalmente de acuerdo con el contenido.
- Los instrumentos contienen 1 ítem (ítem 3) con una validez de contenido aceptable, ya que el coeficiente se ubica en el intervalo de 0,80 a 0,89 (ya que obtuvo 0,83).
- Los instrumentos contienen 3 ítems (ítem 5, ítem 6 e ítem 10) con una validez de contenido débil, debido a que el coeficiente se ubica en el intervalo de 0,00 a 0,79 (ya que obtuvieron 0,66), lo que indica que estos ítems se corrigieron, a partir de las observaciones y recomendaciones que realicen los expertos.

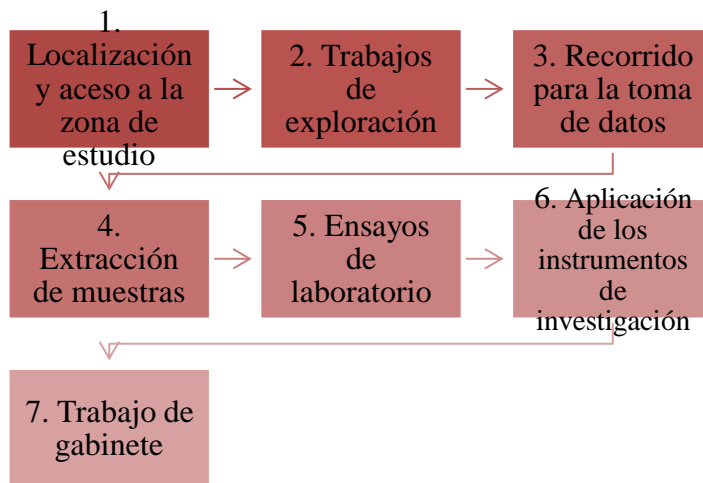
- Finalmente, los instrumentos de investigación obtuvieron un coeficiente de validez de contenido de (0,88), que es aceptable debido a que el coeficiente de V de Aiken promedio se encuentra en el intervalo de 0,80 a 0,89. Sin embargo, se realizó la corrección de los 3 ítems de contenido débil para que el instrumento sea más óptimo y la investigación válida.

### 3.4.3. Procedimiento de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos implica la elaboración de un plan de actividades que conduzcan al investigador a reunir los datos que busca con el propósito específico de la investigación (47).

Para la presente tesis, el procedimiento de recolección de datos, consistió en los pasos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13. *Procedimiento de recolección de datos*



*Nota:* Elaboración propia

Los pasos seguidos para el procedimiento de recolección de datos que se muestran en la tabla anterior, se planificaron en base a las interrogantes metodológicas propuestas por Hernández, Sampieri y Baptista, en las que cada paso respondió a las siguientes interrogantes:

#### 3.4.3.1. Localización y acceso a la zona de estudio

Huancayo, pertenece al valle del Mantaro perteneciendo al departamento de Junín ubicado en la serranía de este departamento, también está localizado en el centro el Perú, el estudio de la siguiente investigación se dará para la ciudad de Huancayo, esta provincia consta aproximadamente de 43mil km<sup>2</sup>, y localizado geográficamente 12°03'00" sur y 75°13'00" Oeste, con una media de altitud de 3248 m.s.n.m. debido a esto el clima de la provincia de Huancayo en media y variando entre temperaturas de



-5°C y 9°C en climas fríos y alcanzando una temperatura en tiempos calurosos de 19°C.

#### a. Características de la zona de estudio

Huancayo es una provincia ubicada al centro del país en la región Junín, por lo tanto, tiene una demanda de tránsito vehicular masiva debido a que está conectada a ciudades importantes como Huancavelica, Tarma, Concepción, Jauja, Yauli, La Oroya y Satipo; en consecuencia, existe dinamismo en tránsito vehicular.



Figura 19. Localización de la zona de estudio de Huancayo.

#### b. Ubicación de planta chancadora

El asfalto se obtuvo en la Refinería la Pampilla S.A.A. ubicado en Casilla postal 10245Km. 25 carretera a ventanilla, Lima – 1 Perú. El análisis de la investigación se realizó según al manual de transporte y comunicaciones del 2013, toda vez que el estudio se realizará para la incontestable ciudad de Huancayo, lugar donde sabemos que la temperatura media anual esta entre 5°C y 15°C, además con una temperatura media siendo así ni demasiado fría o calurosa, por esto se optó la utilización del asfalto PEN 85-100.

El material pétreo utilizada en este estudio fue seleccionada de la planta chancadora en el distrito de Matahuasi, provincia de Concepción, departamento de Junín, y la piedra provino del río Seco, esta planta de agregados es una de las fábricas más importantes del Valle del Mantaro. Porque abastece de agregados a la ciudad de Huancayo.

La alcachofa natural será obtenida de la chacra que se encuentran alrededor de la ciudad de Huancayo.

Donde consistió en realizar la localización de la zona de estudios, para acceder a ella de la manera más eficaz en donde se encuentren las muestras de cemento asfálticos requeridas para la investigación, los agregados y la alcachofa natural.



Figura 20. Localización de la zona de estudios: Planta Chancadora de Matahuasi

#### 3.4.3.2. Trabajos de exploración

Los trabajos de exploración se desarrollarán considerando las siguientes etapas:

- a. Identificación de materiales y lugares de la zona para el estudio**
  - Identificación de lugar para obtener el cemento asfáltico PEN-85100.
  - Identificación y selección de la planta chancadora de materiales pétreo de diversos tamaños.
  - Identificación de lugar de para la obtención de la alcachofa natural.
- b. Inspección de los materiales y las zonas de estudio.**
  - Se realizó las coordinaciones con los encargados de la Refinería la Pampilla S.A.A., para la obtención del asfalto PEN 85-100
  - Se realizó la inspección ocular de la zona de estudio para conocer las características de los materiales pétreos y recursos naturales y accesos.
- c. Recolección de materiales**
  - Se obtendrá el asfalto en la Refinería la Pampilla S.A.A. para ser llevado al laboratorio y realizar las pruebas respectivas.
  - Se extraerán los agregados de diversos tamaños de la planta chancadora y luego ser llevado a laboratorio
  - Se obtendrá la alcachofa natural de la chacra, luego esperar el secado natural y luego será desintegrados y molido en el laboratorio.

Por lo general, la exploración consistió en realizar la identificación inspección y recolección en las zonas localizadas para el estudio con la finalidad de encontrar zonas que proporcionen los materiales y condiciones buscadas para la toma de datos y extracción de muestras.



Figura 21. Exploración de la zona de estudios para recolección de muestras de alcachofa, agregados y de cemento asfáltico de PEN 85-100

#### 3.4.3.3. Recorrido para la toma de datos

El recorrido para la toma de datos consiste en ingresar a la zona localizada, una vez hecho el trabajo de exploración, se dirigen a la zona en la que se tomaran las muestras y se registraran los datos de la zona, las condiciones que tiene y la cantidad de material que ofrecen para ser recolectados.

- Se obtuvo el asfalto en la Refinería la Pampilla S.A.A. para ser llevado al laboratorio y realizar las pruebas respectivas.
- Se extrajeron los agregados de diversos tamaños de la planta chancadora y luego ser llevado a laboratorio
- Se obtuvo la alcachofa natural de la chacra, luego esperar el secado natural y ser desintegrados y molido en el laboratorio.
- En el laboratorio se realizarán las pruebas de control el cemento asfalto envejecido, viscosidad, susceptibilidad térmica, estabilidad y flujo.
- También se realizarán las pruebas de experimento con la con la adición del zumo (en polvo) de alcachofa al 2%, 5%, 7% y 10 %.
- Se determinar los resultados en comparación el grupo de control y experimental

#### a. Estudios de campo del cemento asfáltico

El asfalto se obtuvo en la Refinería la Pampilla S.A.A. ubicado en Casilla postal 10245Km. 25 carretera a ventanilla, Lima – 1 Perú. El análisis de la investigación se realizó según al manual de transporte y comunicaciones del 2013, toda vez que el estudio se realizará para la incontrastable ciudad de Huancayo, lugar donde sabemos que la temperatura media anual esta entre 5°C y 15°C, además con una temperatura media siendo así ni demasiada fría o calurosa, por esto se optó la utilización del asfalto PEN 85-100, según tabla 17.

Tabla 14. Tipo de cemento asfaltico según temperatura ambiente.

Temperatura Media Anual			
24°C o mas	24°C-15°C	15°C-5°C	Menos de 5°C
40-50		85-100	
60-70	60-70	120-150	asfalto modificado
o modificado			

Nota: información tomada de MTC 2013

### Estudios de campo de los agregados

El material pétreo utilizada en este estudio fue seleccionada de la planta de trituración en el distrito de Matahuasi de Concepción, provincia de Junín, y la piedra provino del río seco, esta planta de agregados es una de las fábricas más importantes del Valle del Mantaro. Porque abastece de piedra a la ciudad de Huancayo.



Figura 22. Estudios de campo de los agregados



#### **b. Estudios de campo de la alcachofa**

La alcachofa es una planta producida en Huancayo para el consumo humano con propiedades curativas y de alimentación, contiene hierro, fósforo, magnesio, calcio y potasio, así como otras vitaminas que benefician al cuerpo humano con sus propiedades diuréticas curativas para el exceso de líquidos dentro del organismo lo que ayuda a mejorar la tensión arterial.



*Figura 23.* Alcachofa en condiciones naturales.

#### **3.4.3.4. Extracción de muestras**

Consistió en tomar los agregados y recogerlos en un recipiente, bolsa, u otro para ser trasladados al laboratorio en el cual serán analizados. En este proceso se clasifican las muestras de acuerdo a sus características para ser guardados de forma separada y no se dañen en el transcurso al laboratorio.



*Figura 24.* Extracción de piedra natural zarandeada



Figura 25. Extracción de piedra 3/4



Figura 26. Extracción de piedra 1/2



Figura 27. Extracción de Filler



Figura 28. Extracción de las muestras de Alcachofa

- Identificación y selección de alcachofa para el secado natural por lo menos de 3 a 10 días, luego ser desintegrado en partículas menor a ½” para luego colocar sobre la tolva del molino y empezar el proceso de moler la alcachofa con un poco de agua, posteriormente obtener el zumo de alcachofa que nos servirá como aditivo antioxidante en la mezcla asfáltica.
- Luego de obtener el zumo de alcachofa esperaremos el secado del zumo aproximadamente un 1 a 3 días.
- Una vez obtenido el zumo de alcachofa se procede al tamizado del zumo pasantes a la malla #100.
- Identificación del asfalto de grado de penetración 85-100, toda vez que la temperatura de la ciudad de Huancayo es de clima intermedio según el manual de transportes y carreteras del 2013. Las propiedades de del asfalto PEN 85-100 se observan en la tabla 15, los datos mostrados son especificados por el certificado de calidad de los proveedores

Tabla 15. Especificaciones básicas del asfalto

<b>CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 PEN</b>		
RJSVNT02 ENSAYOS REPORTADOS RJSVNT02	ESPECIFICACIONES	
	RJSVNT02 MÍNIMO RJSVNT02	RJSVNT02 MÁXIMO RJSVNT02
Ensayo de penetración a 25°C, 100g, 5s	85	100
Punto de Inflamación Cleveland °C	232	-
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	100	
Solubilidad porcentaje de masa	99	
Perdida por calentamiento, %masa		1
Penetración retenida, % del original	50+	

Nota: Especificación del asfalto por Pepsol

- Luego de obtener el cemento asfaltico se llevará al laboratorio para los ensayos de viscosidad, susceptibilidad térmica. Para el ensayo de control y experimental.
- Luego de identificar los agregados de diversos tamaños para la utilización en esta investigación, se consideran los diferentes agregados como piedra de ½”, Arena zarandeada (natural), Arena Chancada, Filler.
- Para probar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas realizamos pruebas de tamaño de partícula de cada agregado y zumo de alcachofa seco a utilizar en la mezcla asfáltica MAC 2.
- Luego se definirán la estabilidad y flujo de grupo de control y experimental.

### 3.4.3.5. Ensayos de laboratorio

Los ensayos que se realizaran son:

- Análisis granulométrico del agregado y la zona de alcachofa seca y cemento asfáltico.
- Análisis granulométrico por tamizado: El análisis granulométrico se utilizó para identificar ciertas características del asfalto una vez añadido el porcentaje de zumo de alcachofa. Este tipo de análisis se utiliza para obtener las características del suelo a través del análisis de sus partículas. Existen varios tipos de análisis granulométricos, como el que se realiza mediante tamizado y por sedimentación. Para la presente tesis, se empleó el análisis granulométrico por tamizado.
- Para ello, es necesario pasar una muestra seca, pesada y disgregada sobre diversos tipos de tamices. En esta tesis se determina los valores de tamizado de alcachofa de 500 gr por el tamiz #100 con un retenido de 190g, en el tamiz #200 con un retenido de 295g y menor al tamiz #200 con 15g.
- Con dicho proceso, se logró determinar el porcentaje de material que está retenido en cada tamiz para de ese modo confeccionar una curva granulométrica como se evidenciará más adelante en los resultados.

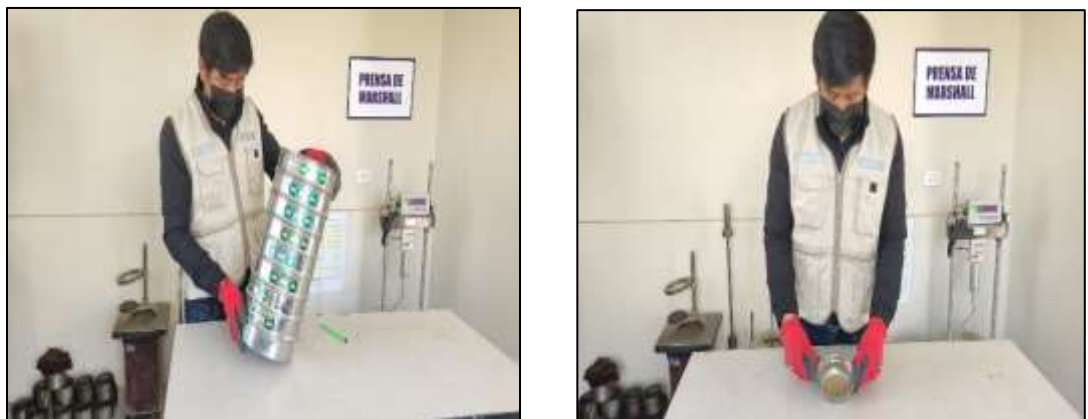


Figura 29. Ensayo granulométrico y tamizado de zumo de alcachofa y cemento asfáltico

#### a. Estudios de laboratorio del cemento asfáltico

Para los ensayos de esta investigación se utilizó el ligante asfáltico de grado de penetración 85-100, toda vez que la temperatura de la ciudad de Huancayo es de clima intermedio según el manual de transportes y carreteras del 2013. Las propiedades de del asfalto PEN 85-100 se observan en la tabla 16, los datos mostrados son especificados por el certificado de calidad de los proveedores.



Tabla 16. *Especificaciones básicas del bitumen*

<b>CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 PEN</b>		
RJSVNT02 ENSAYOS REPORTADOS RJSVNT02	ESPECIFICACIONES	
	RJSVNT02 MÍNIMO RJSVNT02	RJSVNT02 MÁXIMO RJSVNT02
Ensayo de penetración a 25°C, 100g, 5s	85	100
Punto de Inflamación Cleveland °C	232	-
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	100	
Solubilidad porcentaje de masa	99	
Perdida por calentamiento, % masa		1
Penetración retenida, % del original	50+	

*Nota:* Especificación del asfalto por Pep sol

### **b. Estudios de laboratorio de los agregados**

Son los materiales pétreos con diversos tamaños para la utilización en la construcción que va desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedras y otras medidas un poco pronunciadas, se considera para su uso, las diferentes propiedades como dureza, textura, adherencia y es trabajable. Están clasificados entre finos y grueso.

### **c. Ensayo de granulometría de los agregados**

Para probar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes estimados de adición de jugo de alcachofa, realizamos pruebas de tamaño de partícula de cada agregado utilizado en la mezcla asfáltica MAC 2.

- Agregado de 1/2”.
- Material pétreo de arena triturada de tamaño máximo nominal N°4.
- Material pétreo zarandeado de tamaño máximo nominal N°4.
- Filler de cemento.

Tabla 17. Granulometría de piedra triturada de Matahuasi de ½”

GRAVA CHANCADA TM 1/2"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulad	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	896.30	29.88	29.88	70.12
tm - 3/8"	9.525	812.20	27.07	56.95	43.05
tm - N°4	4.750	1158.70	38.62	95.57	4.43
tm - N°8	2.550	49.10	1.64	97.21	2.79
tm - N°10	2.000	32.60	1.09	98.30	1.70
tm - N°16	1.185	9.40	0.31	98.61	1.39
tm - N°30	0.600	6.40	0.21	98.82	1.18
tm - N°40	0.425	5.30	0.18	99.00	1.00
tm - N°50	0.295	7.10	0.24	99.24	0.76
tm - N°80	0.175	2.30	0.08	99.31	0.69
tm - N°100	0.148	6.20	0.21	99.52	0.48
tm - N°200	0.072	5.10	0.17	99.69	0.31
< tm - N°200		9.30	0.31	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		<b>3000.00</b>	<b>gr</b>		

Nota: Elaboración propia

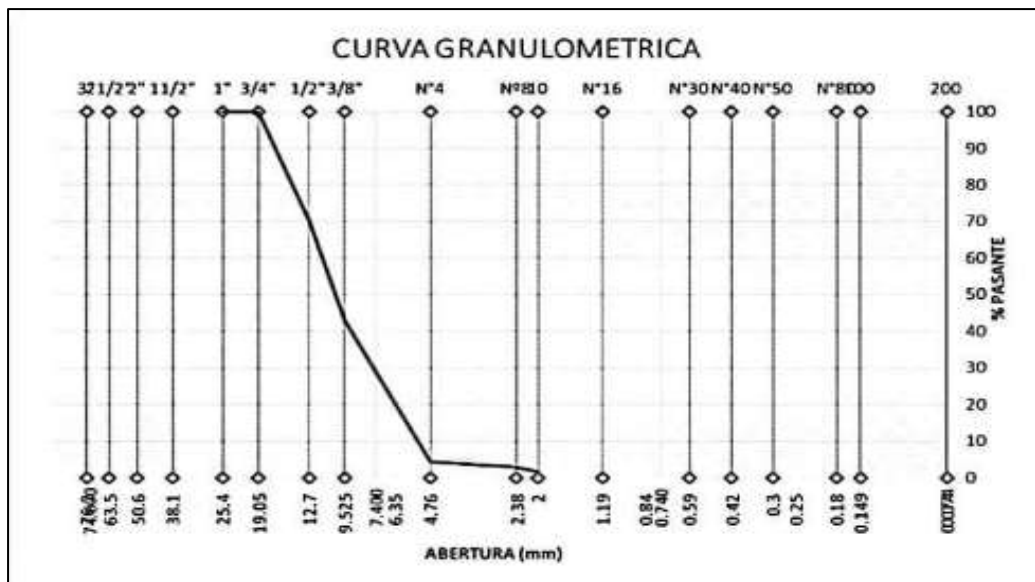


Figura 30. Curva granulométrica de la piedra de ½” – Matahuasi - Elaboración propia

Tabla 18. Granulometría de la arena zarandeada de Matahuasi

ARENA NATURAL					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	297.54	19.84	19.84	80.16
tm - N°8	2.550	196.70	13.11	32.95	67.05
tm - N°10	2.000	127.11	8.47	41.42	58.58
tm - N°16	1.185	125.34	8.36	49.78	50.22
tm - N°30	0.600	241.06	16.07	65.85	34.15
tm - N°40	0.425	72.27	4.82	70.67	29.33
tm - N°50	0.295	188.54	12.57	83.24	16.76
tm - N°80	0.175	38.18	2.55	85.78	14.22
tm - N°100	0.148	47.25	3.15	88.93	11.07
tm - N°200	0.072	49.75	3.32	92.25	7.75
< tm - N°200		116.26	7.75	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		

Nota: Elaboración propia

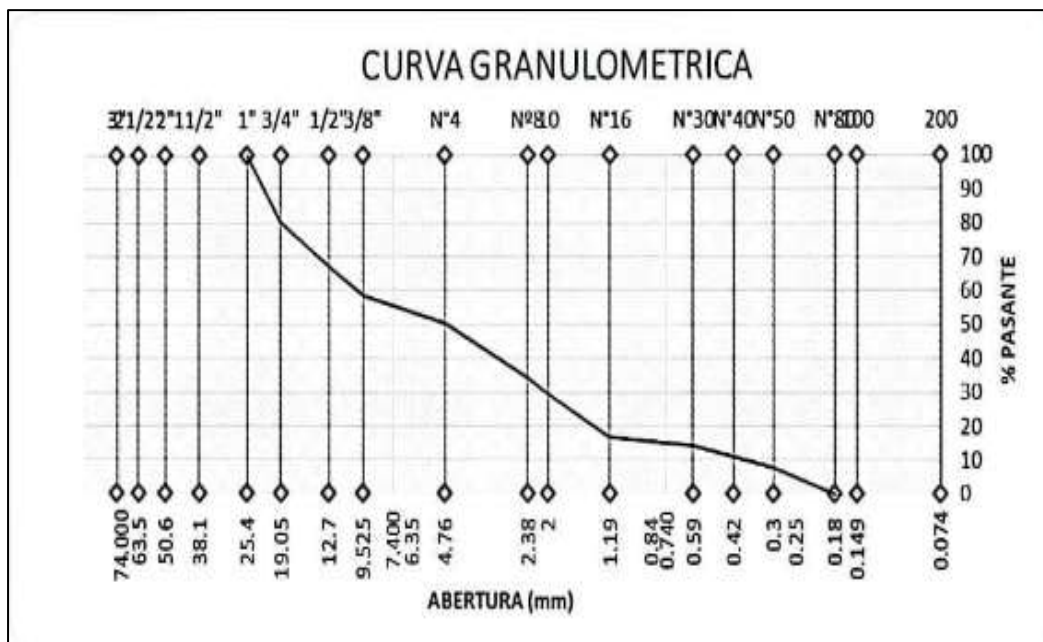


Figura 31. Curva granulométrica de la arena zarandeada – Matahuasi. Elaboración propia

Tabla 19. Granulometría de la arena chancada de Matahuasi

ARENA CHANCADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	122.76	8.18	8.18	91.82
tm - N°8	2.550	191.32	12.75	20.94	79.06
tm - N°10	2.000	31.19	2.08	23.02	76.98
tm - N°16	1.185	384.89	25.66	48.68	51.32
tm - N°30	0.600	117.45	7.83	56.51	43.49
tm - N°40	0.425	58.78	3.92	60.43	39.57
tm - N°50	0.295	144.47	9.63	70.06	29.94
tm - N°80	0.175	78.05	5.20	75.26	24.74
tm - N°100	0.148	97.21	6.48	81.74	18.26
tm - N°200	0.072	88.35	5.89	87.63	12.37
< tm - N°200		185.53	12.37	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		<b>1500.00</b>	<b>gr</b>		

Nota: Elaboración propia

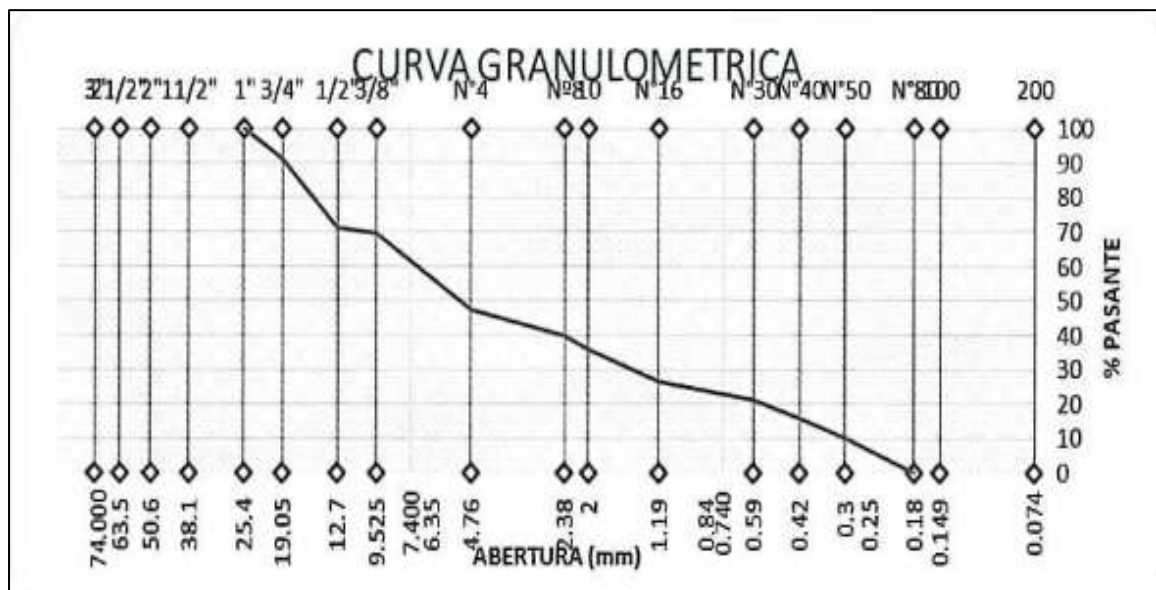


Figura 32. Curva granulométrica de la arena chancada – Matahuasi. Elaboración propia

Tabla 20. Granulometría de filler

FILLER					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°100	0.148	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°200	0.072	10.00	2.00	2.00	98.00
< tm - N°200		490.00	98.00	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		<b>500.00</b>	<b>gr</b>		

Nota: Elaboración propia

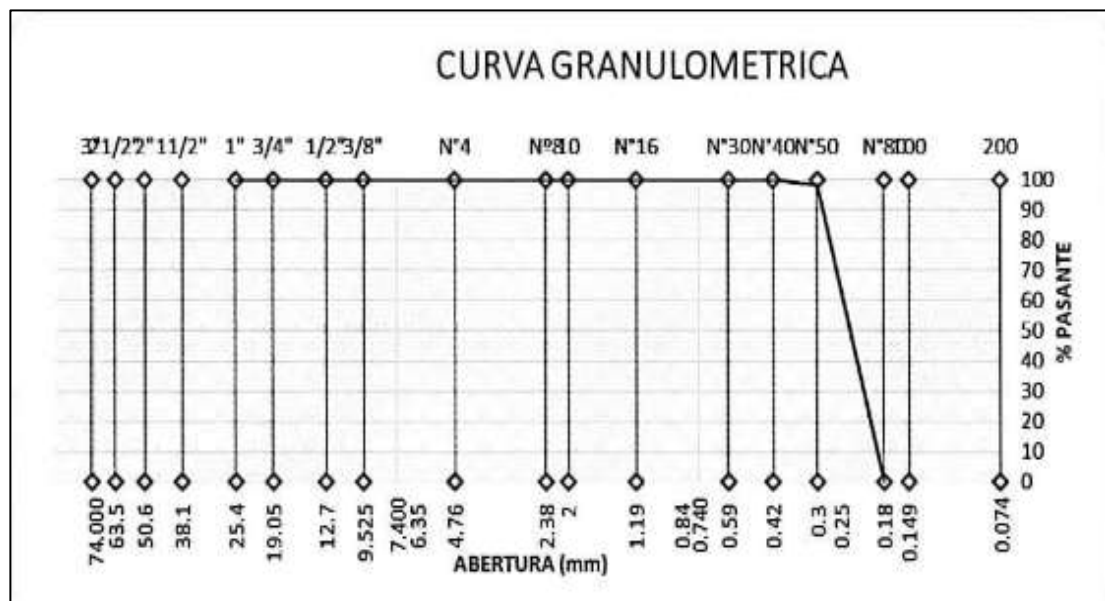


Figura 33. Curva granulométrica de filler. Elaboración propia



#### **d. Estudios de laboratorio del zumo de alcachofa**

##### **Proceso de molienda**

El zumo de la alcachofa fue elaborado a partir de obtener la alcachofa natural de la chacra, lo desintegramos en partículas menor de ½” para luego colocar sobre la tolva del molino y se empieza el proceso de moler la alcachofa con un poco de agua, para posteriormente obtener el zumo de la alcachofa que nos servirá como aditivo antioxidante en la mezcla asfáltica y así mejorar las propiedades del cemento asfáltico, para después secarla y continuar con su granulometría.



*Figura 34.* Zumo alcachofa



*Figura 35.* Zumo de alcachofa en seco

#### **e. Ensayo de Granulometría del zumo de alcachofa**

Después del molido y secado se tamizo el zumo de alcachofa de 500 g, por el tamiz #100 con un retenido de 190g, en el tamiz #200 con un retenido de 295g y menor al tamiz #200 con 15g, con lo obtenido se pueda agregar al cemento asfáltico, tabla siguiente para los ensayos requeridos.

Tabla 21. Granulometría del zumo de alcachofa

GRANULOMETRIA DEL ZUMO DE L. A. ALCACHOFA					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°100	0.148	190.00	38.00	38.00	62.00
tm - N°200	0.072	295.00	59.00	97.00	3.00
< tm - N°200		15.00	3.00	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		500.00	gr		

Nota: Elaboración propia

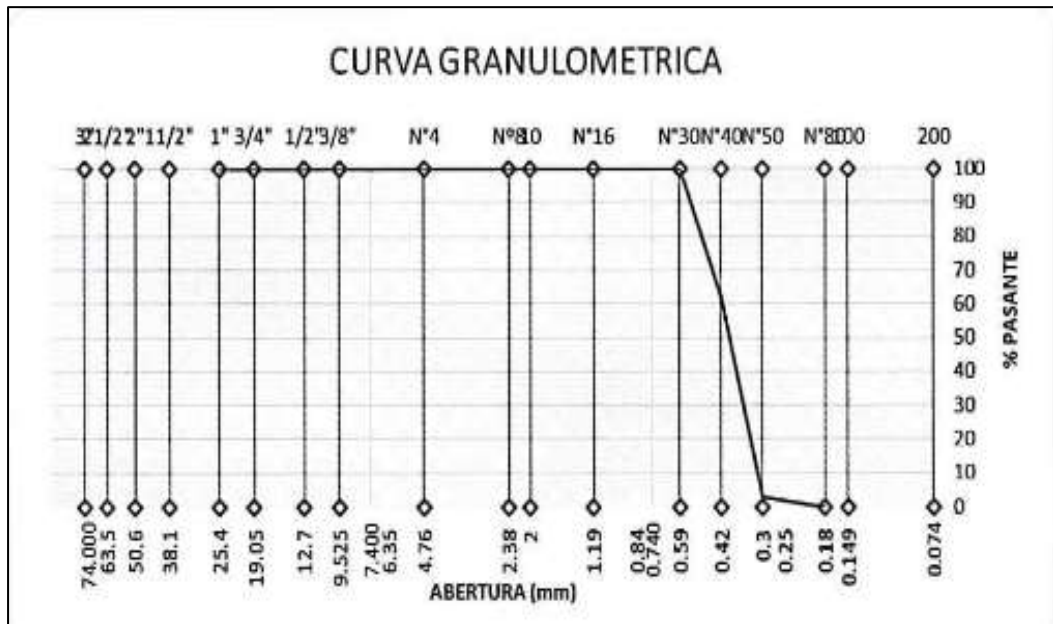


Figura 36. Curva granulométrica del zumo de alcachofa. Elaboración propia

**f. Ensayo de Viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100**

- Para realizar los análisis de viscosidad, se utilizó el Viscosímetro rotacional de Brookfield: El viscosímetro de Brookfield es un instrumento que estudia la viscosidad como parte de las características reológicas de los fluidos. Los estudios sobre la viscosidad tienen origen en los experimentos de Isaac Newton quien, además, propuso la fórmula: producto del área superficial del líquido por el gradiente de velocidad.
- Este instrumento es un elemento de medición regido por un principio “principio de la viscosidad rotacional”, por lo que arroja resultados en el momento de aplicación de una velocidad de giro constante sobre varias temperaturas. Los resultados se obtienen debido a la resistencia del elemento inmerso, que viene a ser una guja, al giro aplicado.
- Para su correcta función, el viscosímetro de Brookfield debes estar correctamente instalado ya que una falla en la cantidad o colocación de los elementos es perjudicial a los resultados. Los pasos seguidos para la utilización del viscosímetro para la presente tesis, se realizaron de acuerdo a la normativa y seguridad del laboratorio en el que se realizó la prueba.



Figura 37. Ensayos de viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100

### Procedimiento

Para el ensayo en cuestión, lo que se ejecutó la extracción del cemento asfáltico con la debida protección de que no se mezclara con algún otra cosa que pudiese cambiar sus propiedades, una vez separado el fragmento, se hizo la temperatura del mismo 135 grados Celsius en el horno. Hasta el momento en que llegó a estar fluido como un aceite de motor, luego se le vertió en una capsula del viscosímetro, se encendió el viscosímetro rotacional de Brookfield hasta que llegó a una temperatura deseada, se llevó la muestra con la pinza al viscosímetro, una vez que se posicionó la muestra



en el centro, se acopló la capsula al mismo tiempo al contenedor térmico y luego se procedió a la recolección de los datos por temperatura.

En estos estudios de fluidez se ejecutaron con 3 muestras por cada porcentaje de agregación del asfalto modificado con zumo de Alcachofa al 2%, 5%, 7%, 10%, sin embargo se percebeu que en la medida en la que el porcentaje de agregado del zumo de Alcachofa crece llega a una temperatura como se muestra en la figura 38..

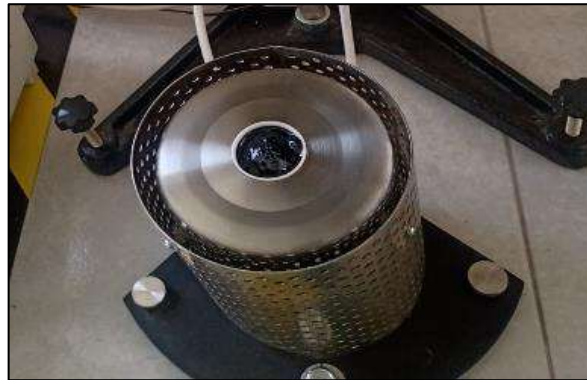


Figura 38. Cemento asfaltico modificado al 2%, 5%, 7% y 10% de zumo de alcachofa ebullicionando

- Viscosidad del cemento asfaltico PEN 85-100 + adición del zumo de alcachofa en porcentaje de 2%, 5%, 7% y 10 %.



Categorización de la alcachofa según el peso del porcentaje de adición (2%, 5%, 7% y 10 %), sobre el peso del ligante asfaltico para el ensayo de viscosidad



Pesado de la alcachofa según el porcentaje de adición del aditivo natural de 2%, 5%, 7% y 10 % sobre el peso del ligante asfaltico para el ensayo de viscosidad

Figura 39. Caracterización y pesado de alcachofa en porcentajes de adición para ensayo de viscosidad

### g. Ensayos de susceptibilidad térmica

#### Procedimiento

Para este ensayo importante de la susceptibilidad térmica se calcula utilizando los datos que fueron obtenidos en la viscosidad, así mismo en primer en primer lugar la temperatura se transformó de °C a °Rankine, así mismo también la viscosidad de mPa.s a cP, obtenido esto se calculó log de la viscosidad, este proceso es repetitivo para las 7 muestras al azar del ensayo de viscosidad. Finalmente, se entre relacionan los resultados calculados y con ello se podemos tener una tendencia lineal y la inclinación, de acuerdo al comportamiento viscoso de la muestra.

El ensayo de la penetración del asfalto modificado con el 2%, 5% 7% y 10% de adición de la zumo de alcachofa con respecto del peso del asfalto, se extrajo la muestra de cemento asfáltico 85-100 llevándolo en un recipiente para, posteriormente llevarlo al horno para ser calentado para que presente una consistencia fluida, después de calentado se trasladó al recipiente y se dejó enfriar en un tiempo adecuado posterior sumergir en el baño de agua, una vez llegado a una temperatura moderada se lleva a un recipiente de transferencia, después es colocado y se ensaya la muestra penetrado tres veces a una distancia no menor a un centímetro

- Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico PEN 85-100
- Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico PEN 85-100 + adición del zumo de alcachofa en porcentaje de 2%, 5%, 7% y 10 %.
- Ensayo de Marshall de acuerdo su normativa, para elaborar las briquetas lo el cual servirá para obtener la estabilidad y el flujo.



Acondicionamiento de los accesorios (molde base y cabezal) para la compactación de briqueta

Figura 40. Acondicionamiento de los accesorios

#### **h. Ensayos Marshall**

Se utilizó en Método/Ensayo de la prensa de Marshall para obtener datos del flujo mediante el dial de deformación.

- Método/ Ensayos Marshall: En el método Marshall, se conocen hoy en día al menos tres tipos de pruebas para determinar las características volumétricas y mecánicas de los asfaltos, motivo por el cual se empleó este método como instrumento de investigación para el análisis de las propiedades mecánicas del asfalto. Este método fue creado por Bruce Marshall, quien fue ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El método original es aplicable a las mezclas asfálticas en caliente para la pavimentación, pensado para ensayos en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa (51).
- Para las mezclas asfálticas, el método Marshall está compuesto por la prueba de la gravedad específica, la prueba de estabilidad y flujo, y el análisis de densidad y vacío. En el primer caso, esta prueba se desarrolla cuando el espécimen esté frío y se realiza de acuerdo a la norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas utilizando parafina. Para el segundo caso, se sumerge el espécimen a baño maría a 60°C de 30 a 40 minutos antes de la prueba, para posteriormente aplicar una carga de prueba a una deformación constante de 51 mm por minuto hasta la falla. Y en el tercer caso, una vez realizadas las dos primeras pruebas, se analiza la densidad y vacío para cada serie de especímenes de prueba (51).
- Cabe resaltar que los ensayos Marshall difieren de acuerdo a la problemática analizada, motivo por el cual, en la presente tesis, este método se utilizó como instrumento de investigación y se adecuó a los objetivos buscados.



Colocado de la muestra compactada a temperatura ambiente para su enfriamiento

Figura 41. Secado de muestra a temperatura ambiente



Acondicionamiento de las muestras en baño maría a 60°C por 30 min para el ensayo con la prensa Marshall



Toma de datos y resultado del ensayo con la prensa de Marshall



Colocando la briqueta para el ensayo Marshall



Colocado del dial a la prensa de Marshall

Figura 42. Ensayos en la prensa de Marshall

### **i. Ensayos de las propiedades mecánicas del Asfalto**

#### *Procedimiento*

Se empieza en primer lugar con la selección y nuestros materiales pétreos; piedra de ½", arena zarandeada(natural), arena chancada, filler, el zumo de la alcachofa secado y el asfalto PEN 85 100 son los materiales que nos permitirá lograr realizar el ensayo Marshall.

Continuaremos granulando cada una de nuestras piedras, rellenos y jugo de alcachofa seco para la combinación de agregados para determinar el porcentaje y peso del material utilizado en la prueba Marshall, se elaboró briquetas de 64 mm de diámetro, altura de 104 mm y un peso de 1250 g para determinar las propiedades mecánicas de su diseño de betún caliente.

Siguiendo el ensayo pasamos a la fabricación de las briquetas pesando los materiales mencionados con los porcentajes definidos en una balanza de precisión, para luego llevar al horno y calentarla a una temperatura de 160 °C como máximo para mezclar los agregados con el ligante asfáltico mismo añadimos el zumo de la alcachofa con los distintos porcentajes y mezclamos hasta obtener una mezcla homogénea.

Para concluir con la fabricación de la briketa llevamos la mezcla asfáltica al pedestal con la base metálica, el molde, el collarín, papel filtro, y achurar con 25 golpes la mezcla asfáltica, y se empieza a compactar a 75 golpes por ambas caras de la briketa empleando el martillo de compactación, posteriormente retiramos el molde del pedestal para enfriarlo a temperatura de ambiente para después desencofrarlo del molde con la ayuda de la gata hidráulica y enumerar cada briketa con los porcentajes del zumo de alcachofa del ensayo.

Para las propiedades mecánicas de las briquetas ensayadas, desencofradas y codificadas llevamos a las briquetas a baño a maría a 60°C por un tiempo 30 minutos, retiramos la briketa del recipiente de baño a maría la secamos para llevarla a la mordaza de la prensa Marshall para determinar su máxima estabilidad y su fluencia.

#### *Ensayo de peso específico de la mezcla asfáltica*

El peso específico se determina a partir de tres pesos realizados a las briquetas, el primero es el peso seco, el segundo peso es sumergido en agua durante un tiempo de 10 minutos sobre una casilla metálica, el tercer peso se realiza al retirar la briketa del agua sumergido y secado superficialmente.

#### *Porcentaje de combinación para mezcla de agregados por MAC 2*

El ensayo de análisis granulométrico nos permite realizar la combinación la piedra de ½”, la arena zarandeada, la arena chancada y el filler observando el resultado en la tabla 24 donde se observa las especificaciones MAC 2., obteniendo 30% de piedra de ½, 36% de arena natural, 33% de arena chancada y el 1% del filler.

El material filler para este ensayo será el cemento portland ya que este cumple con las especificaciones técnicas requeridos para la combinación de la mezcla asfáltica. Los materiales finos en estos materiales utilizados son mínimos por lo cual se adicionará un porcentaje de filler.

Tabla 22. Porcentaje de combinación para mezcla de agregado por MAC 2

Malla	C	Porcentajes pasantes (%)				
Tamiz	mm.	PIEDRAS		ARENAS		MEZCLA
Agregados		piedra 1/2"	Arena Peseada	Arena Chancada	filler	
Proporciones		1/2"	NATURAL	CHANCADA	filler	100.0%
		30.0%	36.0%	33.0%	1.0%	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	70.1	100.0	100.0	100.0	91.0
3/8"	9.525	43.1	100.0	100.0	100.0	82.9
Nº 4	4.760	4.4	80.2	91.8	100.0	61.5
Nº 8	2.360	2.8	67.1	79.1	100.0	52.1
Nº 10	2.000	1.7	58.6	77.0	100.0	48.0
Nº 16	1.180	1.4	50.2	51.3	100.0	36.4
Nº 30	0.600	1.2	34.2	43.5	100.0	28.0
Nº 40	0.420	1.0	29.3	39.6	100.0	24.9
Nº 50	0.300	0.8	16.8	29.9	100.0	17.1
Nº 80	0.180	0.7	14.2	24.7	100.0	14.5
Nº 100	0.150	0.5	11.1	18.3	100.0	11.2
Nº 200	0.074	0.3	7.8	12.4	100.0	8.0
pass		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota: Elaboración propia

Dentro de los materiales utilizados contamos con un agregado de tamaño máximo nominal de ½” por lo cual nos permite obtener una mezcla de los agregados mencionados obteniendo los parámetros de las especificaciones por la gradación MAC 2 presentándose materiales finos con porcentajes bajos en la, pero cumpliendo con las especificaciones. Tabla 25

Tabla 23. Puntos crítico en los tamices de clasificación más fina

Malla Tamiz	C mm.	ajes pasan	Especificaciones	Observaciones	
Agregados	MEZCLA	MAC - 2	Tamaño máximo	1/2"	
Proporciones	100.0%	MTC	Curva Ideal	diferencia	
1"	25.400				
3/4"	19.050	<b>100.0</b>	<b>100</b> - <b>100</b>	100.0	100.0
1/2"	12.700	<b>91.0</b>	<b>80</b> - <b>100</b>	90.0	91.0
3/8"	9.525	<b>82.9</b>	<b>70</b> - <b>88</b>	79.0	82.9
Nº 4	4.760	<b>61.5</b>	<b>51</b> - <b>68</b>	58.0	61.5
Nº 8	2.360	52.1			52.1
Nº 10	2.000	<b>48.0</b>	<b>38</b> - <b>52</b>	45.0	48.0
Nº 16	1.180	36.4			
Nº 30	0.600	28.0			28.0
Nº 40	0.420	<b>24.9</b>	<b>17</b> - <b>28</b>	22.5	24.9
Nº 50	0.300	17.1			17.1
Nº 80	0.180	<b>14.5</b>	<b>8</b> - <b>17</b>	12.5	14.5
Nº 100	0.150	11.2			11.2
Nº 200	0.074	<b>8.0</b>	<b>4</b> - <b>8</b>	6.0	8.0
pasa		0.0			0.0

Nota: Elaboración propia

- En la roturación de las briquetas se obtendrán la estabilidad a través de los diales

### 3.4.3.6. Aplicación de los instrumentos de investigación

La aplicación de los instrumentos de la investigación son las fichas de recolección de datos mostradas anteriormente. Estas se van rellenando de acuerdo a los resultados que se obtienen en el laboratorio.



Figura 43. Aplicación de los instrumentos de investigación

### 3.4.3.7. Trabajo de gabinete

Consiste en analizar los datos obtenidos en el paso anterior, recogidos en los instrumentos de investigación para ser sometidos al análisis estadístico y obtener los resultados que nos permitieron absolver la problemática de la investigación.

#### **3.4.4. Confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La confiabilidad es una característica o propiedad de los instrumentos de investigación de medición, que los dota de la capacidad de obtener los mismos resultados cuando son aplicados más de una vez o solo una vez a la misma persona o a la misma población e la investigación durante distintos periodos de tiempo (49).

Por ese motivo, en la presente tesis no se requiere de establecer un análisis de confiabilidad ya que el instrumento utilizado no es un instrumento de medición, más si de recolección de datos, así mismo, no fue aplicado a personas o poblaciones conformadas por grupos humanos, sino que fueron a las mismas variables en laboratorio, en el que las pruebas son estandarizadas de acuerdo a normativas. En ese sentido, no se requiere de la confiabilidad.

La fuente primaria de información se obtendrá de forma directa ya que se realizará de centros de extracción de materiales reconocidos en la región, para luego ser ensayadas en laboratorios, de este modo toda la información obtenida sea procesada en hojas de cálculo para su posterior interpretación, extracción de resultados y finalmente comprobar las hipótesis planteadas.

Sin embargo, basándonos en las estipulaciones metodológicas de la Universidad Continental, procedimos a realizar al Alfa de Cronbach en el estadígrafo SPSS, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

##### **3.4.4.1. Alfa de Cronbach de la variable Zumo de alcachofa**

El estadístico Alfa de Cronbach permite medir la confiabilidad del instrumento de acuerdo a los ítems y resultados que este nos pueda proporcionar. Para ello, se utilizó el estadístico SPSS. Los resultados que nos arroja el estadístico están medidos de acuerdo a la siguiente tabla de proporciones del Alfa de Cronbach.

*Tabla 24.* Intervalo de proporciones del Alfa de Cronbach



Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
[0 ; 0,5[	Inaceptable
[0,5 ; 0,6[	Pobre
[0,6 ; 0,7[	Débil
[0,7 ; 0,8[	Aceptable
[0,8 ; 0,9[	Bueno
[0,9 ; 1]	Excelente

*Nota:* Vista de Análisis de confiabilidad y validez de un cuestionario sobre entornos personales de aprendizaje (PLE) | Revista Ensayos Pedagógicos (una.ac.cr).

Teniendo en cuenta dichos intervalos se procedió a analizar el coeficiente de Alfa de Cronbach de las dos variables de la investigación.

Tabla 25. Alfa de Cronbach de la Variable Zumo de Alcachofa

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	8	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	8	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,899	6

*Nota:* Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el instrumento diseñado para la variable zumo de alcachofa está en el rango 0.8 a 0.9, por lo tanto, en la categoría de “bueno”, ya que el valor obtenido está 0,899; lo cual indica que el instrumento posee un nivel alto de confiabilidad y puede procederse con su aplicación.

#### 3.4.4.2. Alfa de Cronbach de la variable envejecimiento del asfalto

El mismo procedimiento fue realizado para medir la confiabilidad de la variable envejecimiento del asfalto, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 26. Alfa de Cronbach de la variable Envejecimiento del Asfalto

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>			
		N	%
Casos	Válido	8	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	8	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,748	4

Nota: elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el instrumento para la variable envejecimiento del asfalto está en el rango de 0.70 a 0.80, por lo tanto, dentro de la categoría “aceptable”, ya que el valor obtenido es 0.748; y por lo tanto indica que el instrumento sí posee confiabilidad y se procede a su aplicación.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1. Análisis de la información del ensayo de Viscosidad para la dimensión “Cambios en la Reología del Asfalto”

###### 4.1.1.1. Cemento asfáltico de PEN 85-100

La Figura 44 corresponde a betún crudo PEN 85-100 sin aditivos, donde el ensayo de viscosidad rotacional tiene una temperatura mínima de trabajabilidad de 60°C, hasta una temperatura máxima de 200°C, alcanzada a 195°C, teniendo en cuenta la necesidad de gestionar una amplia gama de El comportamiento de la viscosidad está por debajo del punto de inflamación. A una temperatura de evaluación de 60°C se obtuvo una viscosidad relativa de 64100 mPa.s, con un valor progresivo a medida que aumentó la temperatura de prueba, llegando así a una temperatura de 195°C, se obtuvo una viscosidad de 542 mPa.s, un aumento en viscosidad a temperatura se observó.

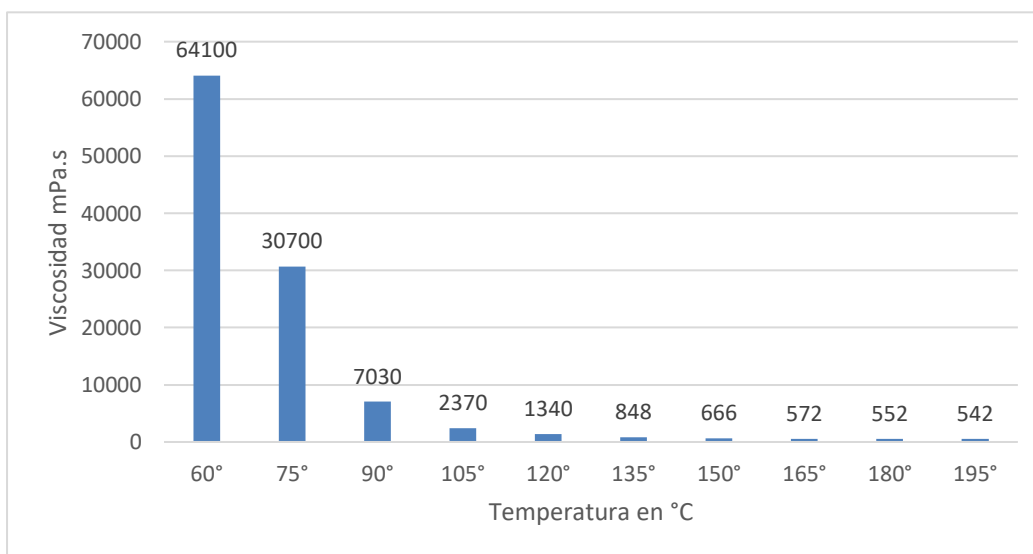


Figura 44. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 sin adición de zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.1.2. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 2% de zumo de alcachofa

La Figura 45 muestra el comportamiento del cemento asfáltico PEN 85-100 con la adición de 2% de jugo de alcachofa en peso de cemento asfáltico, partiendo de la temperatura fácil más baja de la muestra, 60°C, hasta alcanzar la temperatura más alta, 165°C. Los datos obtenidos para la viscosidad relativa son 64000 mPa.s a la temperatura de evaluación de 66°C, la cual desarrolla valores progresivos a medida que aumenta la temperatura de prueba, de modo que se obtiene una viscosidad de 550 mPa.s a una temperatura de 165°C. C. Observando este comportamiento se puede decir que la viscosidad disminuye a medida que aumenta. También se observó que el betún crudo puede alcanzar los 200°C sin dificultad, pero con la adición de jugo de alcachofa se deteriora a una temperatura de 170°C ya que el betún se vuelve abrasivo y aparecen burbujas de aire, perdiendo así su calidad. Comience a observar la superficie de la muestra.

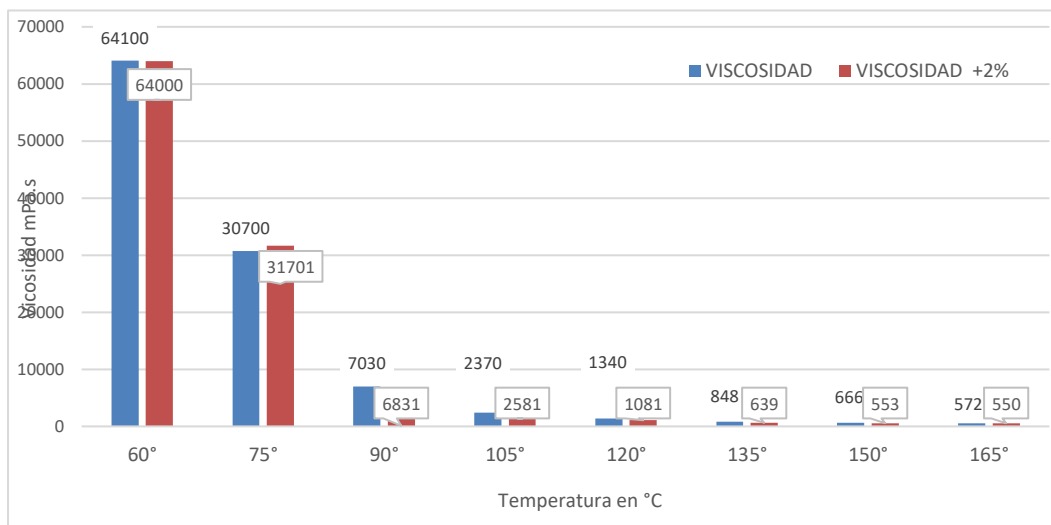


Figura 45. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 2% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.1.3. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 5% de zumo de alcachofa

La Figura 46 muestra el comportamiento del cemento asfáltico PEN 85-100 con la adición de 5% de jugo de alcachofa en peso de cemento asfáltico, partiendo de la temperatura más baja y fácil de la muestra, 63°C, hasta alcanzar la temperatura más alta, 165°C. Los datos obtenidos para la viscosidad relativa son 64000 mPa.s a la temperatura de evaluación de 63°C, lo que produce valores progresivos a medida que aumenta la temperatura de prueba, de modo que se obtiene una viscosidad de 602 mPa.s a una temperatura de 165°C. C. Es posible observar este comportamiento. Se puede decir que la viscosidad disminuye a medida que aumenta. Se observó que el betún crudo puede alcanzar los 200°C sin dificultad, pero con la adición de jugo de

alcachofa se deteriora a una temperatura de 165°C ya que el betún pierde sus propiedades originales.

Debido a su comportamiento crítico de molienda, comenzaron a observarse burbujas en la superficie de la muestra..

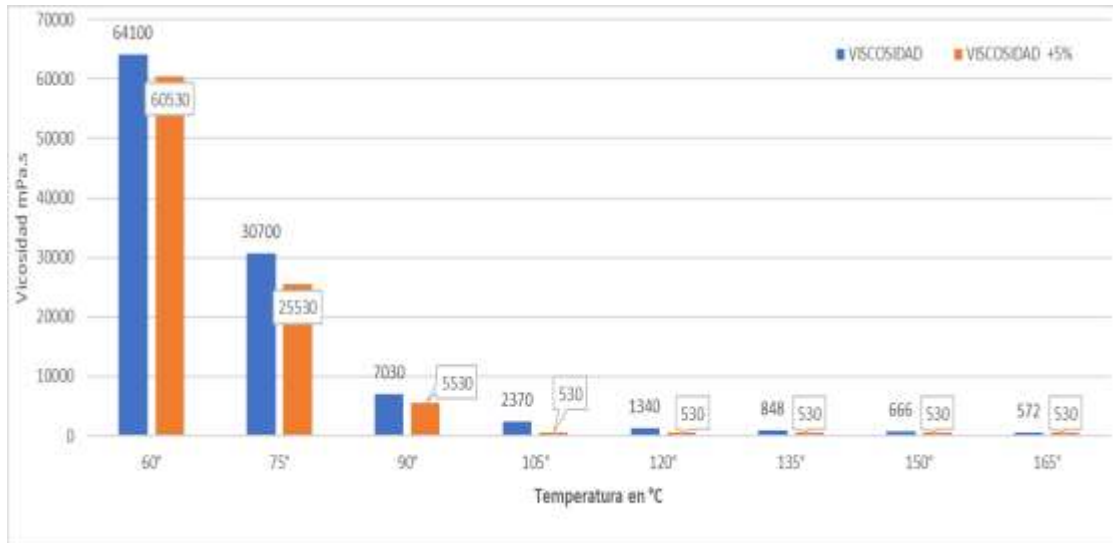


Figura 46. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 5% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.1.4. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 7% de zumo de alcachofa

La Figura 47 muestra el comportamiento del cemento asfáltico PEN 85-100 con la adición de 7% de jugo de alcachofa en peso de cemento asfáltico, partiendo de la temperatura más baja y fácil de la muestra, 63°C, hasta alcanzar la temperatura más alta, 163°C. . Los datos obtenidos para la viscosidad relativa son 64100 mPa.s a la temperatura de evaluación de 63°C, la cual desarrolla valores progresivos a medida que aumenta la temperatura de prueba, de modo que se obtiene una viscosidad de 548 mPa.s a una temperatura de 163°C. C. Observando este comportamiento se puede decir que la viscosidad disminuye a medida que aumenta. También se observó que el betún crudo puede alcanzar los 200°C sin dificultad, pero con la adición de jugo de alcachofa se deteriora a una temperatura de 163°C, ya que el betún se vuelve abrasivo y por lo tanto aparecen burbujas de aire, perdiendo así su calidad. Comience a observar la superficie de la muestra.

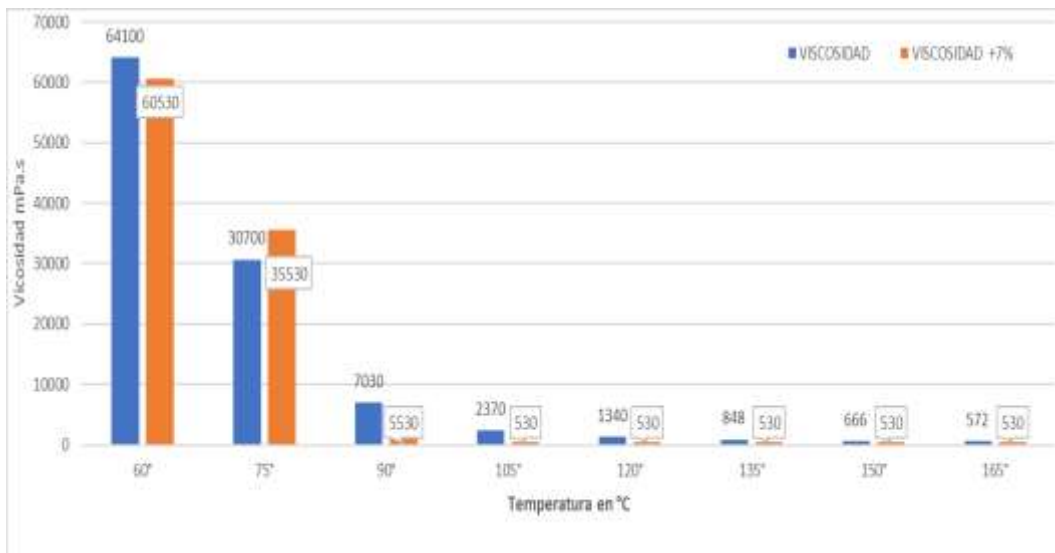


Figura 47. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 7% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.1.5. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 10% de zumo de alcachofa

La Figura 48 muestra el comportamiento del cemento asfáltico PEN 85-100 con la adición de un 10% de jugo de alcachofa en peso de cemento asfáltico, partiendo de la temperatura de fusión más baja de la muestra, 68°C, hasta alcanzar la temperatura más alta, 160°C. Los datos de viscosidad relativa obtenidos fueron de 64000 mPa.s a la temperatura de evaluación de 68°C, arrojando valores progresivos a medida que aumentó la temperatura de prueba, dando como resultado una viscosidad C de 749 mPa.s a una temperatura de 160°C. Este comportamiento se puede observar. Se puede decir que la viscosidad disminuye a medida que aumenta. También se observó que el betún crudo puede alcanzar los 200°C sin dificultad, pero con la adición de jugo de alcachofa se deteriora a una temperatura de 160°C ya que el betún se vuelve abrasivo y desarrolla burbujas, perdiendo así su calidad. Comience a observar la superficie de la muestra.

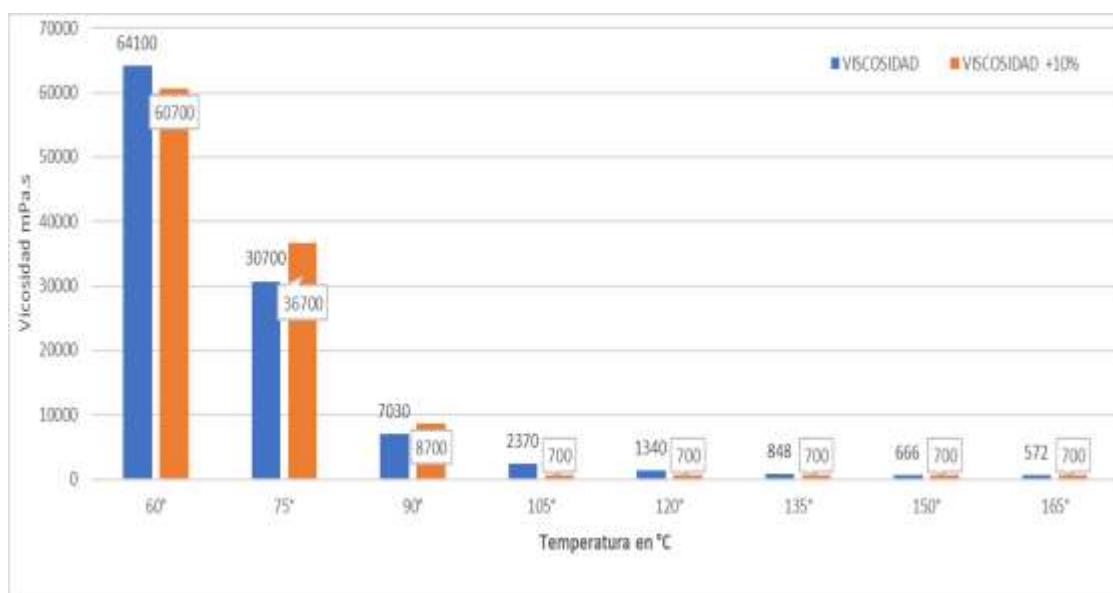


Figura 48. Viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.2. Análisis de la información del ensayo de Susceptibilidad térmica para la dimensión “Cambios en la Reología del Asfalto”

##### 4.1.2.1. Cemento asfáltico de PEN 85-100

Primero, para calcular la sensibilidad térmica del cemento asfáltico PEN 85-100, se seleccionaron 7 datos analíticos de temperatura ( $^{\circ}$ Rankine), previamente calculados para los ensayos de viscosidad, en los cuales se trabajó a partir del dato de temperatura más baja  $^{\circ}$ Rankine. Temperatura mínima soportada por viscosímetro rotacional Brookfield. También se da la temperatura máxima evaluada resultante de la temperatura máxima de 2,93  $^{\circ}$ Rankine. Se tomaron cinco puntos de prueba adicionales en estos parámetros de temperatura mínima y máxima para analizar la sensibilidad térmica del cemento asfáltico con el objetivo de determinar la progresión de los puntos analizados. Para cada temperatura especificada, la viscosidad correspondiente se analiza mediante cálculos VTS.

La Figura 49 muestra la dependencia de la temperatura para las pruebas realizadas con ligante asfáltico en condiciones naturales sin la adición de jugo de alcachofa. La relación de temperatura muestra una línea de tendencia negativa donde a medida que aumenta la temperatura de prueba ( $^{\circ}$ Rankine), la viscosidad logSTlog (cP) disminuye.

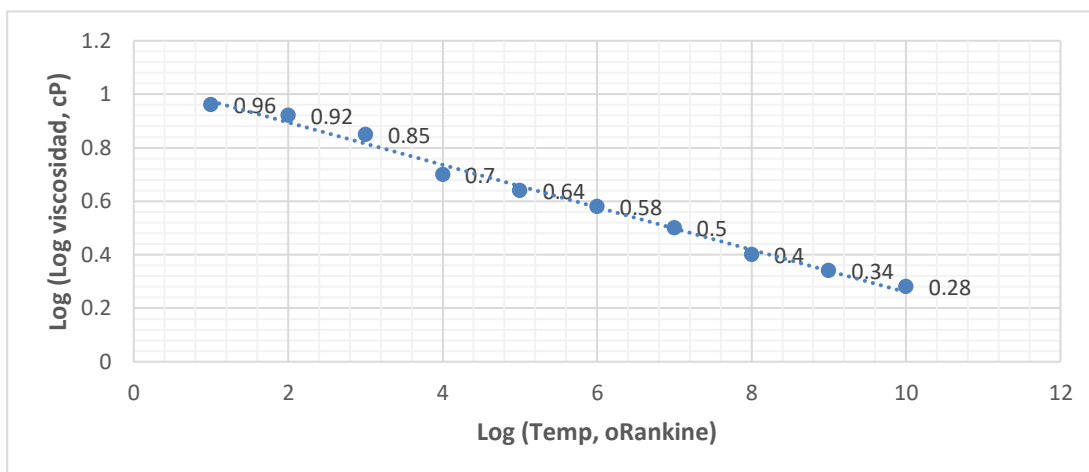


Figura 49. Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100. *Elaboración propia*

#### 4.1.2.2. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 2% de zumo de alcachofa

Continuando con el estudio de la sensibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 modificado con 2% de jugo de alcachofa en función del peso del ligante asfáltico, se asignaron 7 datos analíticos de temperatura ( $^{\circ}$ Rankine), iniciando con la temperatura más baja de  $2.78^{\circ}$ Rankine. Bruker Temperatura mínima soportada por viscosímetro rotacional Field. Asimismo, la temperatura máxima evaluada de  $2.89^{\circ}$ Rankine es resultado de la temperatura máxima de ensayo antes de alcanzar el punto de descomposición abrasiva del ligante asfáltico, ya que se observó que la temperatura máxima del asfalto sin modificar era inferior a la temperatura máxima del ensayo. A estos parámetros de temperatura mínima y máxima para analizar la sensibilidad térmica del cemento asfáltico, se tomaron 5 puntos adicionales con el objetivo de trazar la progresión de los puntos analizados. Para cada temperatura especificada, la viscosidad correspondiente se analiza mediante cálculos VTS.

En la Figura 50 se puede observar la relación de temperatura correspondiente a las pruebas realizadas con cemento asfáltico PENST85-100 modificado con jugo de alcachofa ST2%. La relación de temperatura muestra una línea de tendencia negativa, donde la temperatura de prueba ( $^{\circ}$ Rankine) aumenta y la viscosidad (log log) disminuye, se determinó un cambio respecto al betún no modificado, obteniéndose un ligero aumento en la viscosidad a medida que aumenta la temperatura de prueba.



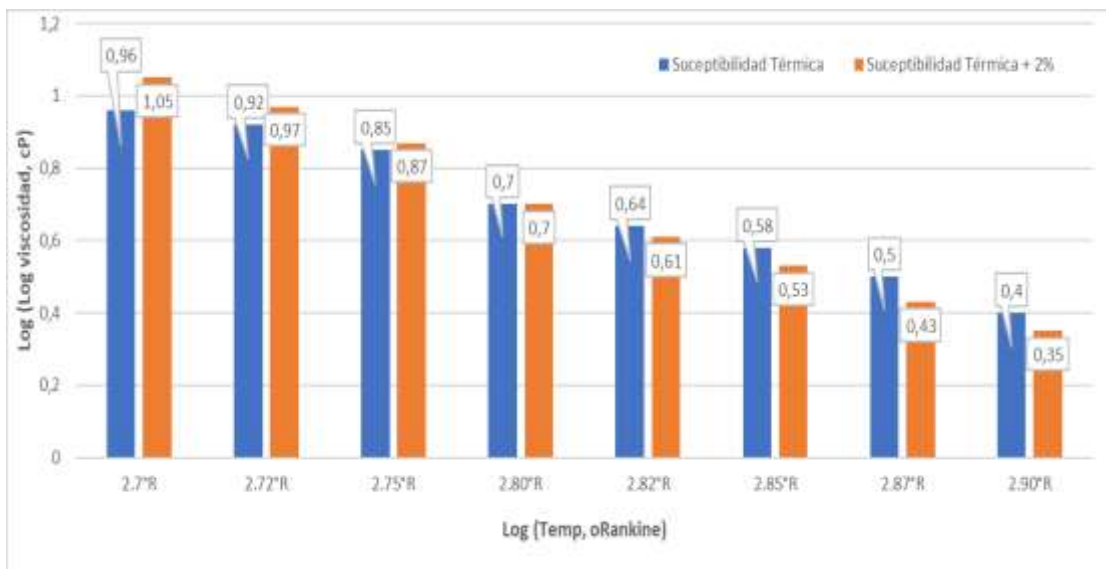


Figura 50. Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100 s con adición de 2% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.2.3. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 5% de zumo de alcachofa

Continuando con el estudio de la sensibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 modificado con 5% de jugo de alcachofa en función del peso del ligante asfáltico, se asignaron 7 datos de temperatura analítica ( $^{\circ}$ Rankine), partiendo de la temperatura más baja de  $2,78^{\circ}$ Rankine. . Temperatura mínima soportada por viscosímetro rotacional Brookfield. Asimismo, la temperatura máxima evaluada de  $2.89^{\circ}$  C también es resultado de la temperatura máxima de ensayo antes de alcanzar el punto de descomposición abrasiva del conglomerante bituminoso, ya que se observó una disminución en la temperatura máxima del betún no modificado respecto a esta temperatura máxima de ensayo. A estos parámetros de temperatura mínima y máxima para analizar la sensibilidad térmica del cemento asfáltico, se tomaron 5 puntos adicionales con el objetivo de trazar la progresión de los puntos analizados. Para cada temperatura especificada, la viscosidad correspondiente se analiza mediante cálculos VTS.

En la Figura 51 se puede observar la relación de temperatura correspondiente a las pruebas realizadas con cemento asfáltico PENST85-100 modificado con jugo de alcachofa ST5%. La relación de temperatura muestra una línea de tendencia negativa, donde la temperatura de prueba ( $^{\circ}$ Rankine) aumenta y la viscosidad (log log) disminuye, se determinó un cambio respecto al betún no modificado, obteniéndose un ligero aumento en la viscosidad a medida que aumenta la temperatura de prueba.

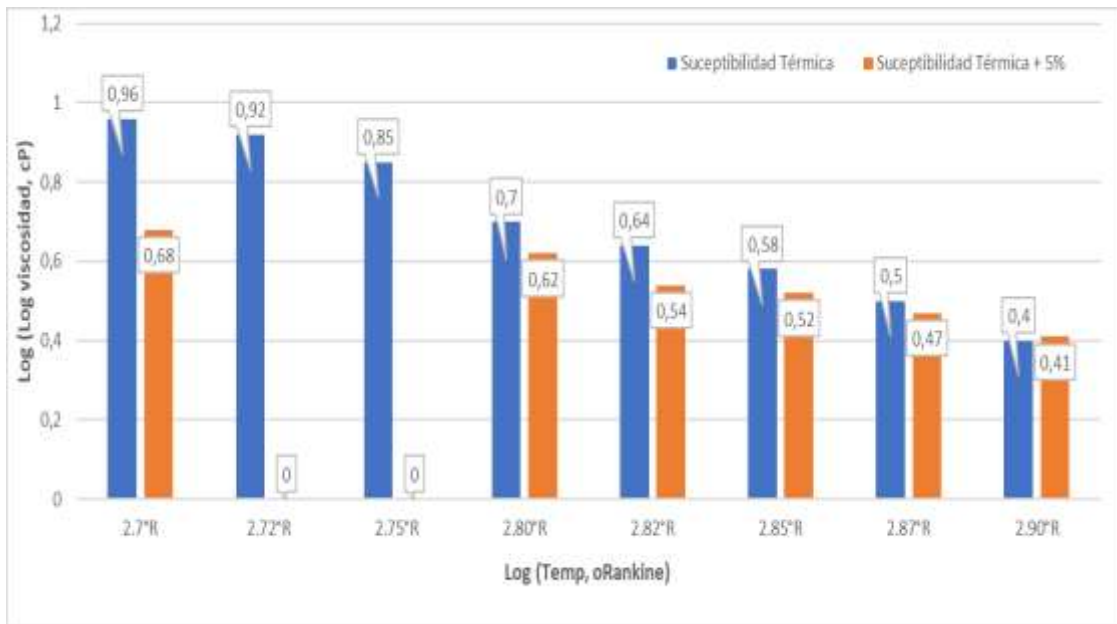


Figura 51. Susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100 con adición de 5% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.2.4. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 7% de zumo de alcachofa

Continuando con el estudio de la sensibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 modificado con 7% de jugo de alcachofa en función del peso del ligante asfáltico, se asignaron 7 datos analíticos de temperatura ( $^{\circ}$ Rankine), iniciando con la temperatura más baja de  $2.78^{\circ}$ Rankine. Bruker Temperatura mínima soportada por viscosímetro rotacional Field. Asimismo, la temperatura máxima evaluada de  $2.89^{\circ}$ C también es resultado de la temperatura máxima de ensayo antes de alcanzar el punto de descomposición abrasiva del conglomerante bituminoso, ya que se observó una disminución en la temperatura máxima del betún no modificado respecto a esta temperatura máxima de ensayo. A estos parámetros de temperatura mínima y máxima para analizar la sensibilidad térmica del cemento asfáltico, se tomaron 5 puntos adicionales con el objetivo de trazar la progresión de los puntos analizados. Para cada temperatura especificada, la viscosidad correspondiente se analiza mediante cálculos VTS.

En la Figura 52 se puede observar la relación de temperatura correspondiente a las pruebas realizadas con cemento asfáltico PENST85-100 modificado con jugo de alcachofa ST7%. La relación de temperatura muestra una línea de tendencia negativa, donde la temperatura de prueba ( $^{\circ}$ Rankine) aumenta y la viscosidad (log log) disminuye, se determinó un cambio respecto al betún no modificado,

obteniéndose un ligero aumento en la viscosidad a medida que aumenta la temperatura de prueba. ..

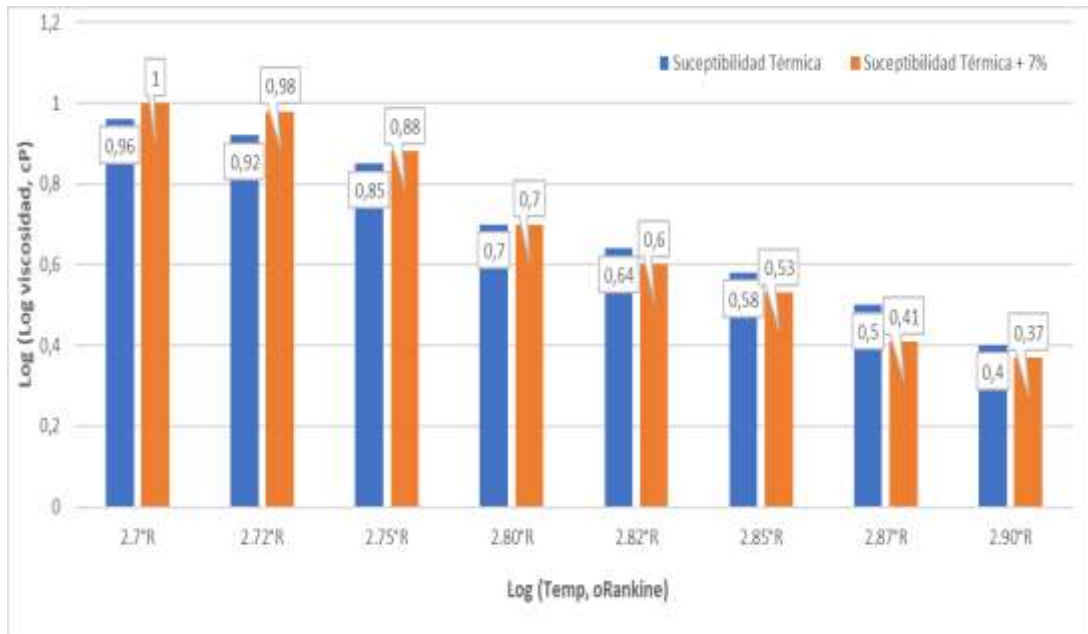


Figura 52. Susceptibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 con adición de 7% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.2.5. Cemento asfáltico de PEN 85-100 con 10% de zumo de alcachofa

Continuando con el estudio de la sensibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 modificado con 2% de jugo de alcachofa en función del peso del ligante asfáltico, se asignaron 7 datos analíticos de temperatura ( $^{\circ}$ Rankine), iniciando con la temperatura más baja de  $2.78^{\circ}$ Rankine. Bruker Temperatura mínima soportada por viscosímetro rotacional Field. Asimismo, la temperatura máxima evaluada de  $2.89^{\circ}$ Rankine es resultado de la temperatura máxima de ensayo antes de alcanzar el punto de descomposición abrasiva del ligante asfáltico, ya que se observó que la temperatura máxima del asfalto sin modificar era inferior a la temperatura máxima del ensayo. A estos parámetros de temperatura mínima y máxima para analizar la sensibilidad térmica del cemento asfáltico, se tomaron 5 puntos adicionales con el objetivo de trazar la progresión de los puntos analizados. Para cada temperatura especificada, la viscosidad correspondiente se analiza mediante cálculos VTS.

En la Figura 53 se puede observar la relación de temperatura correspondiente a las pruebas realizadas con cemento asfáltico PENST85-100 modificado con jugo de alcachofa ST10%. La relación de temperatura muestra una línea de tendencia negativa, donde la temperatura de prueba ( $^{\circ}$ Rankine) aumenta y la viscosidad (log

log) disminuye, se determinó un cambio respecto al betún no modificado, obteniéndose un ligero aumento en la viscosidad a medida que aumenta la temperatura de prueba.

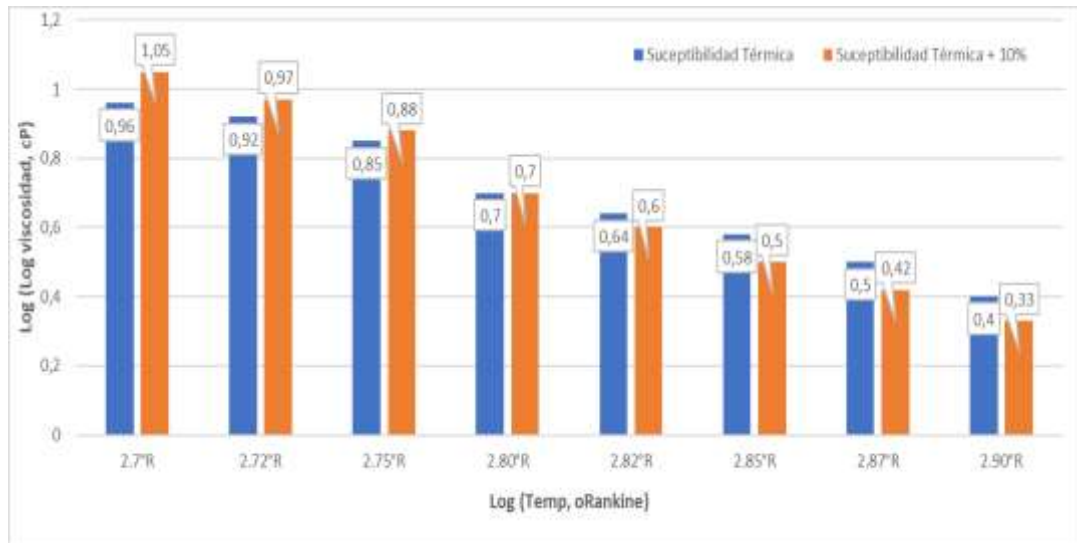


Figura 53. Susceptibilidad térmica del asfalto PEN 85-100 con adición de 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.3. Análisis de la información del ensayo de la dimensión “Propiedades mecánicas del asfalto”.

A partir de los ensayos granulométricos realizados y mostrados en la Tabla 252, junto con las combinaciones de materiales de prueba, se procede a trazar curvas granulométricas para combinaciones de agregados que cumplan con los parámetros establecidos por MAC 2. La Figura 54 muestra la línea negra y los parámetros que deben cumplir los requisitos de la curva de tamaño de partícula. Además, la línea roja representa la curva perfecta considerando los materiales que mencionamos, y la curva azul representa los materiales utilizados en la combinación de mezclas a utilizar. , de conformidad con el Reglamento MAC 2.

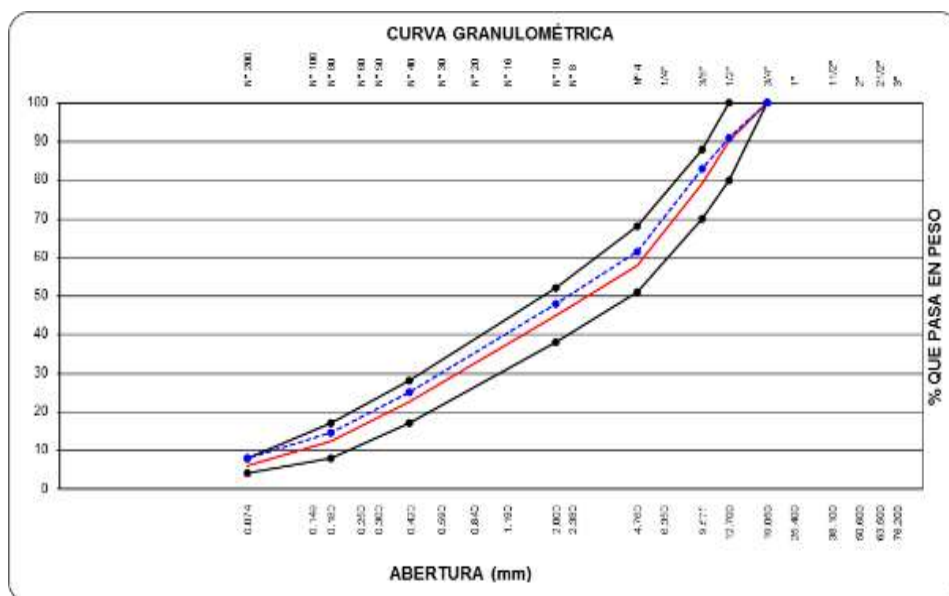


Figura 54. Curva granulométrica. Elaboración propia

Posteriormente a los datos obtenidos de la combinación de cada uno de los materiales de piedra de 1/2", arena chancada, arena zarandeada, y filler cemento Portland se muestra la tabla 27 que presenta los pesos de los materiales utilizados por cada malla en cumplimiento de la normativa Marshall, la vez también se tiene en cuenta el peso del cemento asfáltico PEN85 100, para formar una briqueta al 100% de su peso de 1250 gr. Para los diferentes porcentajes utilizados desde 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6.0%, 6.5%.

Tabla 27. Pesos por malla – ensayo Marshall

Mat	% Asfalto	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
filler	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	< #10	12.0	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7
	SUB TOTAL	12.0	11.9	11.88	11.8	11.8	11.7
Arena Chancada Crushing	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	32.4	32.2	32.1	31.9	31.7	31.6
	# 10	58.7	58.4	58.1	57.8	57.5	57.2
	< #10	304.8	303.3	301.7	300.1	298.5	296.9
	SUB TOTAL	396.0	393.9	391.9	389.8	387.8	385.7

Arenas Procesada	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	85.7	85.2	84.8	84.4	83.9	83.5
	# 10	93.3	92.8	92.3	91.8	91.3	90.8
	< #10	253.1	251.7	250.4	249.1	247.8	246.5
	<b>SUB TOTAL</b>	<b>432.0</b>	<b>429.8</b>	<b>427.5</b>	<b>425.3</b>	<b>423.0</b>	<b>420.8</b>
Piedra 1/2" CRUSHING	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	107.6	107.0	106.4	105.9	105.3	104.8
	3/8"	97.5	97.0	96.4	95.9	95.4	94.9
	# 4	139.0	138.3	137.6	136.9	136.1	135.4
	# 10	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7
	< #10	10.0	10.0	9.9	9.9	9.8	9.8
	<b>SUB TOTAL</b>	<b>360.0</b>	<b>358.1</b>	<b>356.3</b>	<b>354.4</b>	<b>352.5</b>	<b>350.6</b>
Piedra 3/4" CRUSHING	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 10	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	< #10	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>SUB TOTAL</b>	<b>1200.0</b>	<b>1193.8</b>	<b>1187.5</b>	<b>1181.3</b>	<b>1175.0</b>	<b>1168.8</b>
PEN 85 - 100	50.0	56.3	62.5	68.8	75.0	81.3	
<b>TOTAL MUESTRA</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 28. Estabilidad, flujo y vacíos – Ensayo Marshall

CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
VACÍOS	%	6.91	5.53	5.02	4.21	1.35	2.58
FLUJO	mm	1.57	2.07	2.18	2.75	3.42	4.75
ESTABILIDAD	kg	951.10	1123.90	1270.37	1362.60	1152.77	744.40

Nota: Elaboración propia

El ensayo de vacíos de las briquetas elaboradas en laboratorio se muestra en la tabla 28, los porcentajes establecido por la normativa Marshall desde los 4% hasta 6% con 0.5% de diferencia obteniendo los pesos, los cuales vienen a ser, peso seco, peso sumergido y pero parcialmente seco, los datos muestran que el porcentaje de asfalto de 4% y 4.5% , están fuera del rango ubicándose por encima del límite permitido y el 5% y 5.5% están dentro del rango establecido por la normatividad Marshall, y 6% y 6.5% también están por debajo del límite mínimo, donde 3% es el límite inferior y 5% es el límite superior lo que indica la normatividad.

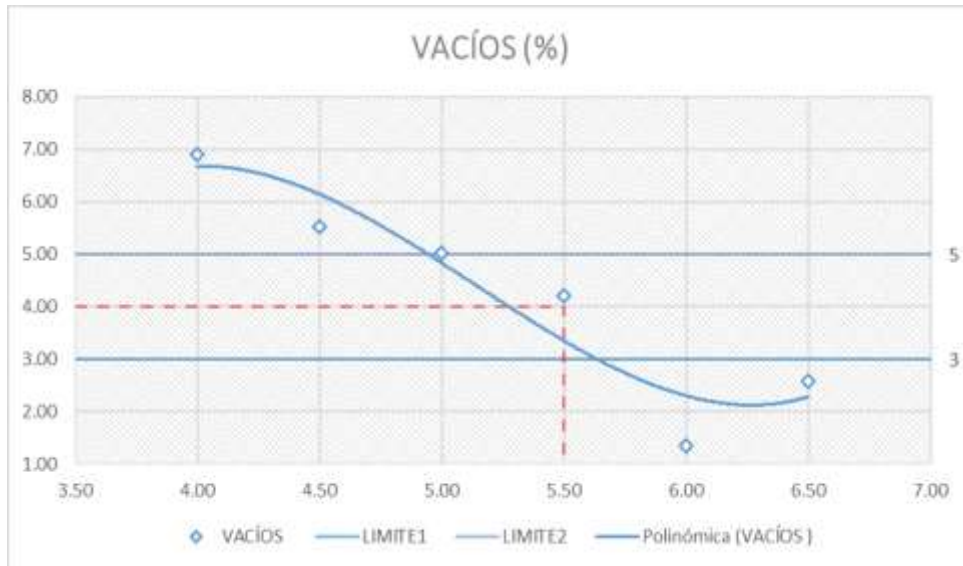


Figura 55. Vacíos (%) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de cemento asfáltico. Elaboración propia

La tabla 28 muestra el gráfico del flujo de cada todas las briquetas ensayadas en su unidad de medida es el (mm) que se obtiene a partir del ensayo de la prensa Marshall mediante el dial de flujo, los datos graficados presentan que a 4% el flujo se encuentra por debajo del límite, el 4.5% se encuentra casi por encima del límite inferior del flujo, el 5.0% y 5.5% se encuentran dentro de lo permitido por la normativa, el 6.0% se encuentra por debajo del límite superior del flujo y 6.5% supera el límite superior del flujo dado por la normativa Marshall, donde el flujo tiene que estar dentro de entre 2mm y 3.5mm.

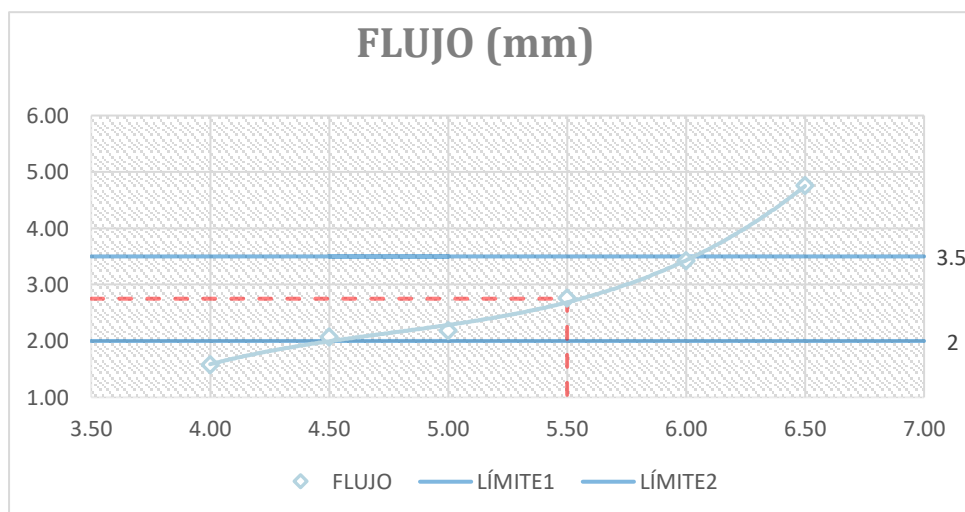


Figura 56. Flujo (mm) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de cemento asfáltico. Elaboración propia



En la roturación de todas las briquetas ensayadas con la prensa Marshall se muestra en la figura 57 la estabilidad o resistencia en kilogramos de cada porcentaje de ligante asfáltico ensayado, además nos permite presentar, la resistencia más alta de 5.5% de asfalto, así mismo 4%, 4.5%, 6%, y 6.5% tienen bajas resistencias, pero cumplen con la normativa Marshall, por lo tanto, los porcentajes de 4% hasta 6% están por encima del límite requerido por la normativa Marshall de 830 kg. Como estabilidad mínima para alto tráfico, por otro lado, el 6.5% se encuentra por debajo de la normativa.

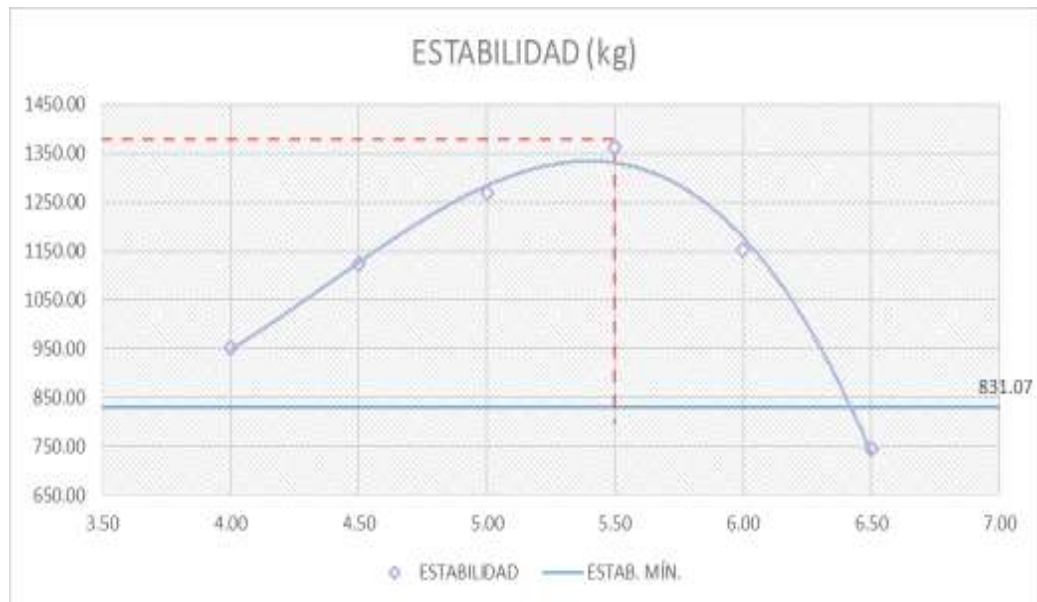


Figura 57. Estabilidad (kg) del PEN 85-100 a distintos porcentajes del cemento asfáltico. Elaboración propia

#### 4.1.4. Resultados estadísticos de la información

##### 4.1.4.1. Resumen del ensayo de viscosidad

En la figura siguiente, se muestra las tendencias de las curvas de cada ensayo de viscosidad encontrando a distintos porcentajes de adición zumo de alcachofa con respecto del peso del cemento asfáltico, observando que con las adiciones 2%, 5% y 7% la viscosidad, se muestra en la figura. Disminuye a comparación de la viscosidad con el cemento asfáltico sin modificación con el zumo de alcachofa, por otro lado en estas proporciones el efecto antioxidante del zumo de la alcachofa mejoran el cemento asfáltico con su efecto antioxidante. Por otro lado con la adición del 10% del zumo de alcachofa la viscosidad aumenta, por lo que podemos decir que se hace más rígido, esto es gracias a que la conformación de la mezcla con el modificante no se llega a completar, la cohesión del asfalto aumenta producto de un contenido muy elevado de



zumo de alcachofa. Así mismo se observa que a temperaturas altas todos los porcentajes de adición de zumo de alcachofa llegan a temperatura de mezcla.

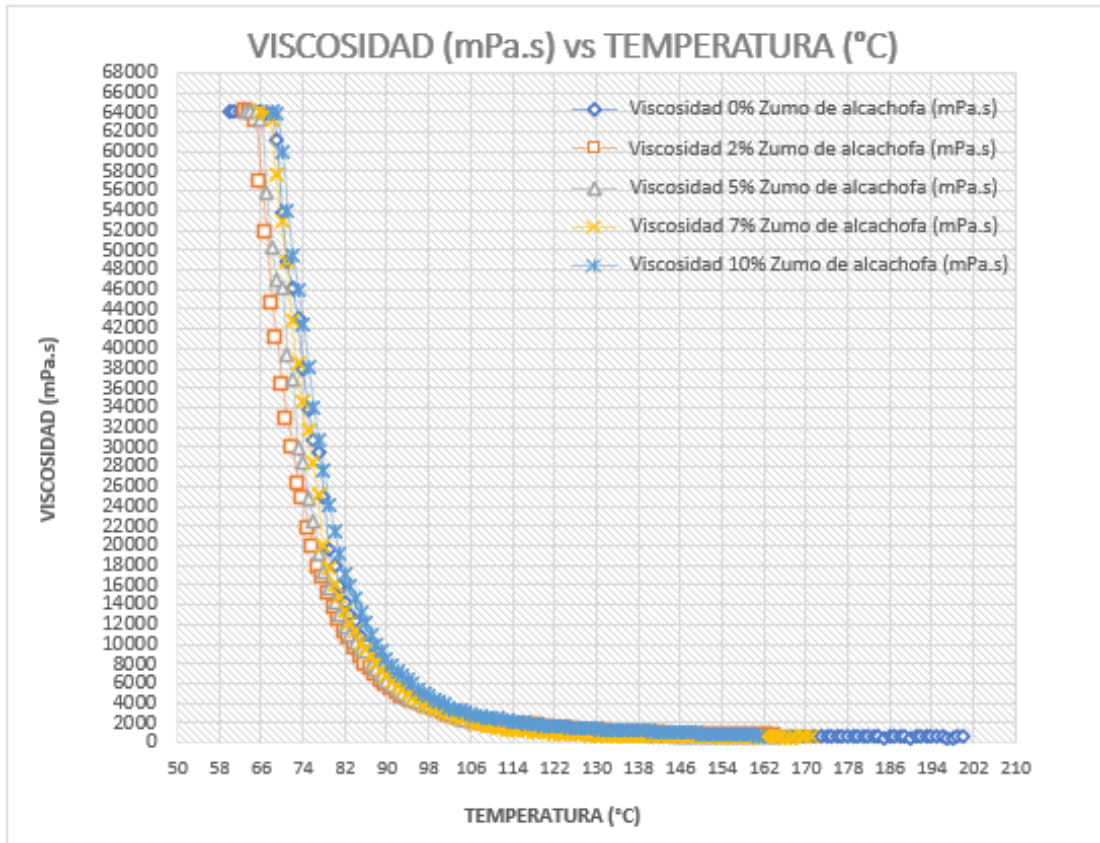


Figura 58. Resumen de ensayo viscosidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de 2%, 5%, 7% y 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.4.2. Resumen del ensayo de la susceptibilidad térmica

La Figura 59 muestra que las adiciones de 2%, 5% y 10% de jugo de alcachofa con respecto al peso del cemento asfáltico mantienen la sensibilidad térmica con respecto a los otros porcentajes en estos tres porcentajes, y lo mismo ocurre con la adición de 15% de jugo térmico. La sensibilidad del polvo de jugo de alcachofa aumenta dramáticamente, lo que crea inestabilidad para el cemento asfáltico modificado. Se agrega jugo de alcachofa en polvo para un óptimo desempeño en un porcentaje del 2 al 5% del peso total del betún PEN 85-100, dando como resultado propiedades similares al betún original.

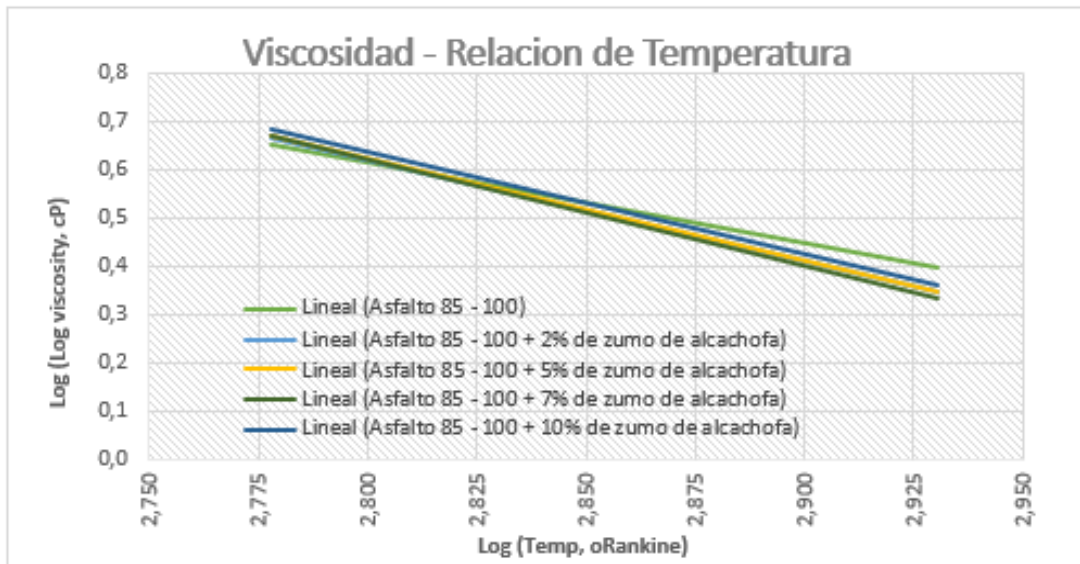


Figura 59. Resumen de susceptibilidad térmica del cemento asfáltico 85-100 con adición de 2%, 5%, 7% y 10% zumo de alcachofa. Elaboración propia

#### 4.1.4.3. Resumen del ensayo de las propiedades mecánicas

En la Figura 60 se observa que la estabilidad de las mezclas asfálticas con la adición de jugo de alcachofa como antioxidante alcanza una tendencia en forma de campana, mostrándose mayor estabilidad en cemento asfáltico al 5% modificado con jugo de alcachofa 1595 kg. La estabilidad promedio y la estabilidad mínima se obtuvieron al 0%, 2%, 7% y 10%, pero todas cumplieron con la estabilidad mínima de Marshall de 830 kg. como límite inferior.

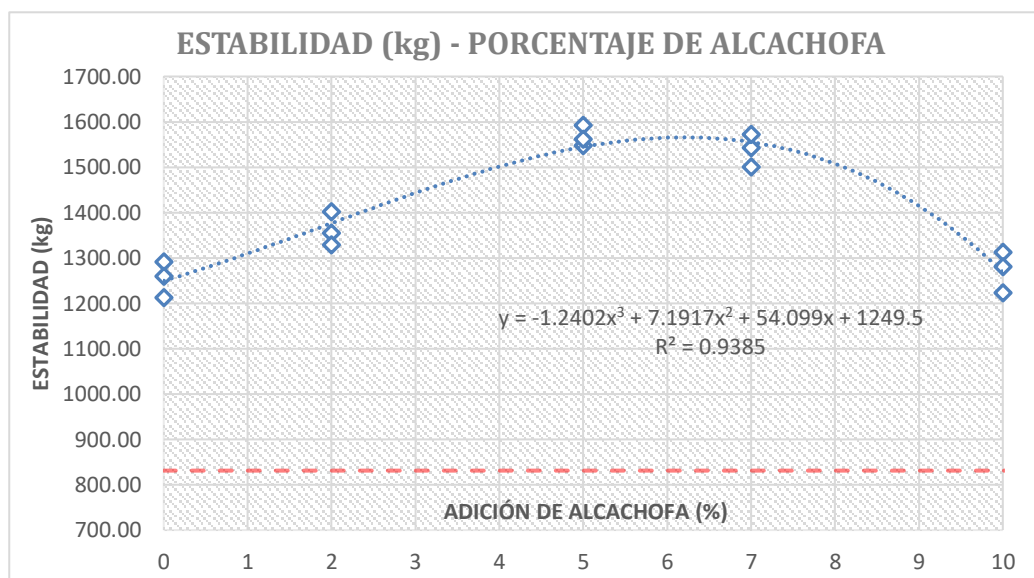


Figura 60. Estabilidad (kg) por porcentaje de zumo de alcachofa adicionado. Elaboración propia

La Figura 61 muestra el comportamiento positivo de los puntos que representan las pruebas realizadas sobre betún modificado con jugo de alcachofa (porcentajes 0%, 2%, 5%, 7% y 10%). Este diagrama nos permite describir el más grande. Después de agregar jugo de alcachofa, la fluencia de la mezcla asfáltica aumenta hasta alcanzar el 10%, lo que excede el límite de fluencia permitido. También se demostró que se añadió jugo de alcachofa en diferentes porcentajes de 0%, 2%, 5% y 7%. están dentro de los límites máximo y mínimo de la norma.

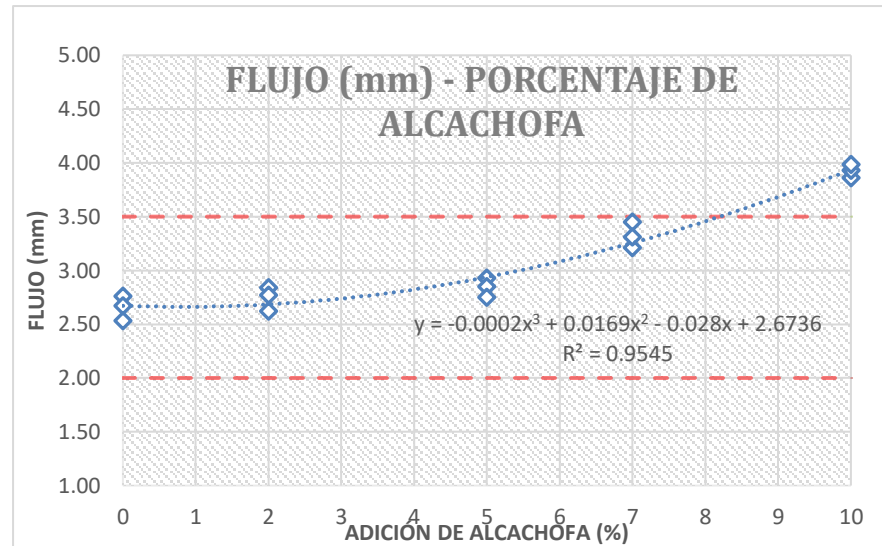


Figura 61. Flujo (mm) por porcentaje de zumo de alcachofa adicionado. Elaboración propia

La mezcla asfáltica betuminosa con zumo de alcachofa muestra los pesos de todas las briquetas ensayada, presentando el comportamiento de los vacíos con pendiente negativa con la adición del zumo de alcachofa de 0%, 2%, 5%, 7% y 10%. Cumpliendo cada uno de los porcentajes utilizados dentro de la normatividad del ensayo Marshall dentro de los rangos de 3% como mínimo y 5 % como máximo.

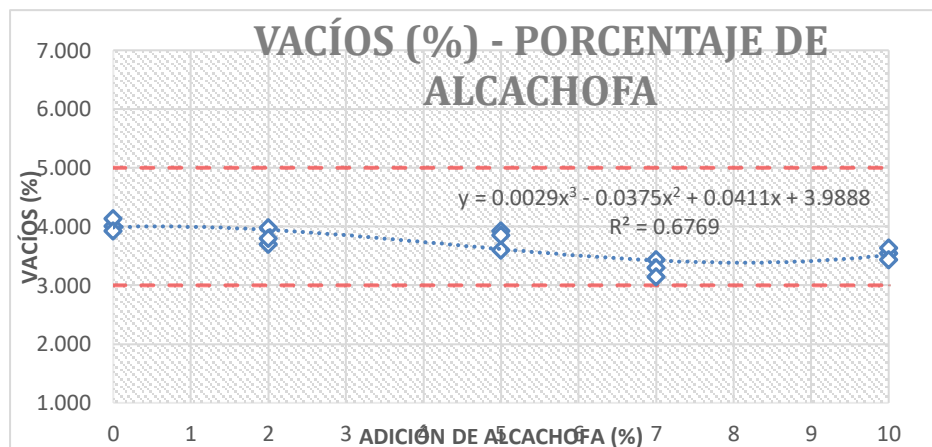


Figura 62. Flujo (%) por porcentaje de zumo de alcachofa adicionado. Elaboración propia

## 4.2. Prueba de hipótesis

### 4.2.1. Prueba de normalidad de las variables

A continuación, se presenta la prueba de hipótesis de acuerdo al análisis estadístico obtenido.

Tabla 29. *Análisis de la prueba de normalidad de la Viscosidad del 100% asfalto 85-100*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VISCOSIDAD	,361	8	,003	,658	8	,001
VISCOSIDAD +2% de zumo de alcachofa.	,364	8	,002	,660	8	,001
VISCOSIDAD +5% de zumo de alcachofa.	,364	8	,002	,628	8	,000
VISCOSIDAD +7% de zumo de alcachofa.	,380	8	,001	,647	8	,001
VISCOSIDAD +10% de zumo de alcachofa.	,342	8	,007	,668	8	,001
a. Corrección de significación de Lilliefors						

*Nota:* Elaboración propia

La Tabla 29 proporciona la prueba de normalidad para las viscosidades de 98% de asfalto 85-100 más 2%, 5%, 7% y 10% de sumo de alcachofa agregado. Para seleccionar la prueba de normalidad se aplicará el estadístico Shapiro-Wilk ya que los valores procesados son menores a 50. Además, la variable de viscosidad se derivó de datos no paramétricos ya que el valor de significancia fue inferior a 0,05. Por lo tanto, se utilizará la estadística U de Mann-Whitney para medir la mitigación del envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico con una penetración de 85-100 en la ciudad de Huancayo en el año 2023 mediante la prueba de medios.

### 4.2.2. Prueba de hipótesis

#### 4.2.2.1. Hipótesis general de la investigación

- **Formulación de la hipótesis:** el estadígrafo a utilizar para la prueba de la hipótesis es U de Mann-Whitney puesto que los datos provienen de datos no paramétricos.
  - Ho: La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante no mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.
  - Hi: La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

Tabla 30. Zumo de alcachofa como agente antioxidante que mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100

Rangos				
	Grup	N	Rango promedio	Suma de rangos
Dis_Biof	Zumo de Alcachofa	8	9,53	143,00
	Proc_Env	8	21,47	322,00
	Total	16		

#### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	Dis_Biof
U de Mann-Whitney	23,000
W de Wilcoxon	143,000
Z	-3,735
Sig. asintótica(bilateral)	,000
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Grup

b. No corregido para empates.

Nota: Elaboración propia

- **Nivel de confianza:** El nivel de confianza para la investigación es de 95% por lo tanto, el margen de error es de 5% es decir 0.05.
- **Regla de decisión:** Cuando el valor de significancia es  $\geq 0.05$  aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ), y si el valor de significancia es  $< 0.05$ ; Se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).
- **Decisión Estadística:** El valor del sig. Bi lateral = 0.000 es menor que el valor alfa 0.05; entonces afirmamos que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis formulada.
- **Conclusión Estadística;** La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

#### 4.2.2.2. Primera hipótesis específica de la investigación

- **Formulación de la hipótesis:** el estadígrafo a utilizar para la prueba de la hipótesis es U de Mann-Whitney puesto que los datos provienen de datos no paramétricos.

- Ho: La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante no mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.
- Hi: La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de la reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

Tabla 31. *Zumo de alcachofa como agentes antioxidantes en la mitigación del envejecimiento a corto plazo de la reología del cemento asfáltico de penetración 85-100*

Rangos				
	Grup	N	Rango promedio	Suma de rangos
Dis_Biof	Zumo de Alcachofa	8	9,73	146,00
	Proc_Env	8	21,27	319,00
	Total	16		

#### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	Dis_Biof
U de Mann-Whitney	26,000
W de Wilcoxon	146,000
Z	-3,612
Sig. asintótica(bilateral)	,000
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000b

a. Variable de agrupación: Grup

b. No corregido para empates.

Nota: Elaboración propia

- **Nivel de confianza:** El nivel de confianza para la investigación es de 95% por lo tanto, el margen de error es de 5% es decir 0.05.
- **Regla de decisión:** Cuando el valor de significancia es  $\geq 0.05$  aceptamos la hipótesis nula (Ho), y si el valor de significancia es  $< 0.05$ ; Se acepta la hipótesis alterna (Hi).
- **Decisión Estadística;** El valor del sig. Bi lateral = 0.000 es menor que el valor alfa 0.05; entonces afirmamos que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis formulada.

- **Conclusión Estadística;** La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de la reología del cemento asfáltico de penetración 85-100.

#### 4.2.2.3. Segunda hipótesis específica de la investigación

- **Formulación de la hipótesis:** el estadígrafo a utilizar para la prueba de la hipótesis es U de Mann-Whitney puesto que los datos provienen de datos no paramétricos según la tabla 32.
- **Ho:** La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante no mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.
- **Hi:** La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.

Tabla 32. Zumo de alcachofa como agentes antioxidantes en la mitigación el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100.

<b>Rangos</b>				
	Grup	N	Rango promedio	Suma de rangos
Dis_Biof	Zumo de Alcachofa	8	10,37	155,50
	Proc_Env	8	20,63	309,50
	Total	16		

#### **Estadísticos de prueba<sup>a</sup>**

	Dis_Biof
U de Mann-Whitney	35,500
W de Wilcoxon	155,500
Z	-3,316
Sig. asintótica(bilateral)	,001
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,001b

a. Variable de agrupación: Grup

b. No corregido para empates.

Nota: Elaboración propia

- **Nivel de confianza:** El nivel de confianza para la investigación es de 95% por lo tanto, el margen de error es de 5% es decir 0.05.

- **Regla de decisión:** Cuando el valor de significancia es  $\geq 0.05$  aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ), y si el valor de significancia es  $< 0.05$ ; Se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).
- **Decisión Estadística;** El valor del sig. Bi lateral = 0.001 es menor que el valor alfa 0.05; entonces afirmamos que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis formulada.
- **Conclusión Estadística;** La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100.

### 4.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en la presente investigación serán comparados con los resultados obtenidos en las investigaciones revisadas y que contribuyeron a esta como antecedentes de la investigación. La discusión se realizará en tres niveles: comparación de los resultados, discusión sobre las limitaciones y debilidades del estudio, y la discusión sobre la importancia de los resultados.

#### 4.3.1. Interpretación comparativa

Con respecto a la investigación de **Rojas. G; Arias. E; Aguiar. J; Baldi. A.** (2021), sobre la “Modificación del asfalto con orujo de uva roja como material antioxidante” fue una investigación internacional con mucho aporte científico para la realización de esta investigación. A nivel de los resultados encontrados en dicha investigación, afirmamos que ambas investigaciones poseen similitudes ya que ambas investigaciones son experimentales y aplicadas ya que para hacer las modificaciones del asfalto, fue necesaria la prueba en laboratorio y la creación de instrumentos para la recolección de los datos, así mismo, son experimentales ya que se busca indagar las posibilidades de la creación de un mecanismo que ayude a retener el proceso de envejecimiento y demostrar que eso es posible con los materiales orgánicos seleccionados. Así mismo, los resultados difieren en que la investigación citada presenta la adición del material orgánico en solo tres porcentajes de adición, que son el 1%, 2% y 3%, mientras que en la presente investigación son 4 porcentajes de adición del 2%, 5%, 7% y 10%.

También, la investigación citada contribuye a esta con sus resultados y ambas investigaciones pueden complementarse, ya que la investigación citada recomienda realizar una investigación con porcentajes mayores al 3% ya que el uso de ese porcentaje retarda la presencia de enlaces dobles y de sulfóxidos en el transcurso de las semanas iniciales a exposición sin embargo ese resultado podría ser mucho mejor con otros porcentajes superiores. Mientras que, la investigación realizada llega a usar el 10% de material orgánico obteniéndose como resultados que, si existe una mitigación significativa del proceso de envejecimiento del asfalto, por lo tanto,



se refuerza la recomendación de los investigadores citados para que se realice una investigación experimental con mayores porcentajes del material orgánico utilizado.

Con respecto a la investigación de **Guerrero, E. (2019)**, sobre la “Influencia de la temperatura y el tiempo de mezclado en la modificación de un cemento asfáltico” se pudo determinar que los resultados expuestos en dicha investigación se diferencian de los que se presentaron en esta ya que en primer lugar mientras que la investigación citada utilizó la dimensión de análisis “propiedades físicas del asfalto”, la presente utilizó la dimensión “propiedades mecánicas del asfalto”. Así mismo, dicha investigación realizó el análisis de influencia de la temperatura y los tiempos de exposición de asfaltos que son modificados en vía húmeda, sobre las propiedades físicas del cemento asfáltico e identificar cuál es su respuesta a las cargas monolíticas, cargas máximas de soporte y desgaste a través del ensayo Cantabro de la mezcla en caliente MDC-19. Mientras que, en la presente investigación, se buscó además de ello, investigar con cambios en la reología del asfalto teniendo en cuenta indicadores como la viscosidad, la susceptibilidad térmica, la estabilidad y flujo. Una diferencia más es que el tipo de cemento varía en ambas investigaciones ya que en ella se utiliza el cemento asfáltico tipo CA 60-70, y en la presente investigación se utiliza el cemento asfáltico de PEN 85-100 por lo tanto, los resultados tienen un nivel de diferencia en tanto el asfalto utilizado es de distintos tipos.

Así mismo, consideramos que la investigación citada posee similitudes con los resultados en el sentido que ambas investigaciones someten las muestras a caracterización en laboratorio para establecer su viscosidad, punto de ablandamiento, índice de penetración, penetración. También, ambas investigaciones utilizaron el grupo de control y experimental de acuerdo al diseño de investigación experimental. Del mismo modo, el ensayo Marshall fue el principal método dentro del laboratorio utilizado en ambas investigaciones. Y otra similitud es que el investigador de la citada investigación obtuvo que en cada ensayo realizado existe un porcentaje de varianza en cada aspecto del cemento asfáltico analizados como en la estabilidad, viscosidad, penetrabilidad, y otros. Del mismo modo en la presente investigación se obtiene que cada porcentaje de adición de zumo de alcachofa ocasiona modificaciones en la viscosidad y demás indicadores con una incidencia leve en el comportamiento positivos de los indicadores, lo cual permite concluir que del zumo de alcachofa si actúa como agente antioxidante del cemento asfáltico de PEN 85-100.

Finalmente, con respecto a la investigación citada, consideramos que ambas investigaciones se complementan, ya que los autores afirman que la exposición del cemento a temperaturas elevadas posee un impacto positivo en la pérdida de vulnerabilidad que hace que la mezcla sea más rígida, por lo tanto, se deben de utilizar temperaturas elevadas para realizar la mezcla del asfalto porque ello aumenta su consistencia y disminuye la penetración. Frente a ello se

considera que en esta investigación y futuras también se debe buscar conocer cuál sería el nivel de temperatura en el que debe mezclarse el asfalto como factor a tomar en cuenta en el proceso de determinación del envejecimiento asfáltico (13).

Por otro lado, realizando la discusión con la investigación que presenta **Fuente, L.; Peñaranda, J.; Patiño, M. (2022)**, sobre la “Comparación del comportamiento de un cemento asfáltico modificado con desecho de PEBD y otro modificado con desechos de PVC”, se han podido identificar ciertas diferencias en los resultados de la investigación con los presentes en esta investigación. Y es que la investigación citada es de tipo cualitativo ya que consistió en realizar la comparación de los aspectos positivos y negativos resultantes de la modificación de cementos con argumentos documentados de ensayos de laboratorio en Bogotá y Medellín. Mientras que la presente investigación es de tipo experimental puesto que los resultados se obtuvieron directamente del laboratorio.

A nivel de similitudes entre los resultados de ambas investigaciones, se considera que, a pesar de la diferencia del diseño de investigaciones, la primera realiza un aporte al considerar aspectos como las propiedades químicas, físicas o mecánicas y reológicas de los distintos materiales que mejoran las características del asfalto y analizan el comportamiento que tienen para aumentar la durabilidad del asfalto cuando son utilizados como modificadores del cemento. Y, como se vio, en la presente investigación se consideraron las propiedades mecánicas y reológicas del asfalto para determinar que el zumo de alcachofa las modifica y aplaca el envejecimiento del asfalto.

En base al análisis de los resultados de dicha investigación, consideramos que, a nivel de complemento, con esta investigación, ambas investigaciones generan un aporte para las investigaciones sobre el envejecimiento del asfalto ya que consideran materiales orgánicos e inorgánicos. Mientras que la primera realiza el análisis con restos de PVC y PEBD y determina que sí existe una reducción en el envejecimiento del asfalto, la segunda también determina que el zumo de alcachofa reduce tal envejecimiento, y siendo ambos materiales que contribuyen a la disipación de la contaminación ambiental, se debería de complementar el uso de estos materiales como parte de la mezcla de asfaltos reforzados.

Por otro lado, realizando la discusión con la investigación de **Peña. J, (2019)**, denominada “Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica de Ilo”, se encontró que los resultado presentados tienen un nivel de diferencia con los resultados de esta investigación ya que la tesis citada, determinó el porcentaje de incorporación de cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica para incrementar el desempeño mecánico de la Mezcla Asfáltica en Caliente, mientras que la presente investigación utilizó material orgánico como zumo de alcachofa. Así mismo, los

porcentajes de adición de cenizas volantes fueron de (0.25%, 0.35%, 0.50%, 0.75%, 0.85% y 1.0%) ya que de acuerdo a la teoría determinaron que las cenizas volantes generan gran actividad puzolana, con lo cual se plantearon resolver el problema del desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente para obtener propiedades que estabilicen e incrementen la resistencia de la unión del asfalto con el agregado. Y, en esta investigación los porcentajes difieren (2%, 5%, 7% y 10%) con la intención de determinar no la resistencia, sino el envejecimiento del asfalto.

Así mismo, los resultados encontrados en dicha investigación poseen un nivel de similitud con los resultados encontrados e en esta tesis ya que al igual que en la presente investigación, la citada caracteriza la granulometría tipo MAC-2 y PEN 85/100, e incorpora las cenizas volantes a la llenante para explicar los valores obtenidos en los ensayos Marshall (Estabilidad – Flujo), resistencia a la tracción indirecta (TSR) y Rueda de Hamburgo. Se observa de ello que el procedimiento de análisis de datos es similar ya que también se utilizaron los ensayos de Marshall para la presente investigación. Mientras que, a nivel de complemento, las investigaciones se complementan en el análisis de los indicadores, ya que los propuesto en la presente tesis pueden ser utilizados en la anterior, y viceversa para obtener resultados más completos sobre la durabilidad, resistencia y envejecimiento del asfalto.

Con respecto a la investigación de Arévalo, M. & Figueroa, C. (2022), sobre el “Uso de residuos de poda de arándanos para mitigar la oxidación del cemento asfáltico en climas fríos de la Libertad”, se pudieron encontrar ciertas similitudes a nivel de resultados. La investigación mencionada plantea demostrar que la añadidura de residuos de arándanos disminuye la oxidación del cemento asfáltico para proponer dicho residuo como alternativa ecológica para diversos problemas dentro de la industria de la construcción. Mientras que, de igual modo, en esta investigación se propone el uso del zumo de alcachofa como agente antioxidante del asfalto. También, la metodología utilizada fue de investigación experimental que requirió ensayos en laboratorio físicos y reológicos, para ello se recolectaron los materiales como el cemento asfáltico de PEN 85-100, los residuos de poda de arándanos, se realizó la preparación de muestras constituidas por el polvo de residuos de poda de arándanos, la modificación del cemento asfáltico, y se aplicaron métodos para el envejecimiento del asfalto a corto plazo y las pruebas de caracterización física que contemplan los estudios de penetración, punto de ablandamiento, ductibilidad, viscosidad rotacional, y las pruebas de caracterización reológicas que contempla el análisis de reómetro de corte dinámico. Dicho proceso es similar al propuesto en esta investigación ya que también es una investigación experimental donde se requirió la recolección de las alcachofas y asfalto para los exámenes de laboratorio y otros. Así mismo, sus resultados indican que, si existen porcentajes de adición de los residuos de arándanos que modifican la reología y las propiedades físicas del cemento asfáltico, como la viscosidad, índice

de oxidación, índice de penetración, punto de ablandamiento y otros. De igual modo sucede en esa tesis ya que se demostró que la adición del zumo de alcachofa mejora y retiene el proceso de envejecimiento del asfalto.

Consideramos que los resultados de ambas investigaciones se complementan en la utilización de diversas materias orgánicas contribuye a las alternativas de tratamiento del asfalto para su uso en pavimentos en ciudades como Huancayo y otras en Perú, mejorando la calidad de transporte y eficacia del mismo.

Finalmente, con respecto a la investigación presentada por **Sosa, E. (2018)**, sobre las “Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica tibia aplicando aditivo orgánico, Lima – Perú 2018”, sus resultados coinciden con los aquí presentes en el sentido de que los objetivos planteados son similares ya que la investigación citada se plantea realizar la evaluación de cómo interviene un aditivo orgánico en las propiedades mecánicas del asfalto en tibio, y en presente tesis se evalúa como interviene el zumo de alcachofa en la mezcla asfáltica. Otra similitud es que ambas investigaciones poseen un diseño experimental, en la que su variable dependiente es modificada por a independiente. Así mismo, la técnica de recolección de datos fue la observación directa mediante el instrumento denominado ficha de recopilación de datos. Y como método de análisis de datos se utilizó la estadística.

Sin embargo, también los resultados encontrados por el autor citado, también presenta diferencias con los resultados encontrados en esta investigación ya que en la investigación citada se concluye que cuando se considera una dosificación de agregado orgánico fuera del rango, disminuyen los valores de las propiedades reológicas, físicas y mecánicas del asfalto lo cual produce consecuencias desfavorables en el cemento. Por el contrario, en la presente investigación, la adición del zumo en porcentajes de 5% y 7% si producen consecuencias favorables y los objetivos planteados responden a la investigación planteada.

#### **4.3.2 Limitaciones del estudio**

Se considera que los datos obtenidos y plasmados en los resultados son confiables ya que las pruebas en el laboratorio fueron supervisadas por especialistas de laboratorio, así mismo, los instrumentos de la investigación fueron evaluados previamente a su aplicación en laboratorio por profesionales del área. Del mismo modo, para el procesamiento de los datos estadísticos, este proceso se realizó de la mano con guías metodológicas y estadísticas que fueron proporcionados por la Universidad Continental como parte del curso de Investigación. En ese sentido, la validez interna del estudio tiene un alto nivel de confianza.

Sin embargo, existe un sesgo en la investigación, ya que no se analizaron todas las características del asfalto. Como se mencionó, solo se analizaron los cambios en la reología y

en las propiedades mecánicas, mientras que las propiedades físicas y otras quedaron fuera de la ecuación por cuestiones metodológicas.

Los resultados aquí plasmados no pueden ser generalizables ya que estuvo referido principalmente a un solo tipo específico de material orgánico: el zumo de alcachofa. Si bien la metodología si se puede generalizar o utilizar en otras investigaciones, ya que se pueden estudiar otros materiales orgánicos como cascara de naranjas u otros, los resultados de variación de la viscosidad y susceptibilidad térmica, así como de estabilidad y flujo del cemento asfáltico de PEN 85-100 solo varían en los porcentajes indicados con el 2%, 5%, 7% y 10% de zumo de alcachofa. Dicha variación puede diferir de cualquier otro tipo de material orgánico, por lo tanto, estos resultados son aplicables únicamente a este tipo de material orgánico.

#### **4.3.3. Importancia de los resultados**

La importancia de la presente investigación radica en la posibilidad de solución de la problemática principal planteada que dio origen a la investigación. Como se mencionó, en la provincia de Huancayo existe una gran debilidad constructiva de las pistas y carreteras, problemática que afecta a cada conductor y peatón debido a la inestabilidad del trayecto vehicular. Esta problemática ha sido ampliamente criticada por las autoridades locales y regionales, que año tras año invierten presupuesto en la reparación con materiales que remedian el problema durante uno o dos meses, dando nuevamente lugar al ahucamiento de las pistas, lo cual perjudica a cada persona a nivel económico puesto que todos los ciudadanos que aportan con impuestos pagan de manera indirecta estas malas inversiones.

Por lo tanto, plantear una solución a dicha problemática mediante el estudio de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante del cemento asfáltico de PEN 85-100, tipo de cemento utilizado principalmente para la construcción de pistas, es de gran pertinencia en la actualidad regional y local.

Al haber realizado el estudio, se determinó que el cemento asfáltico es degradado por diversos factores como la temperatura, la carga pesada, factores climáticos y otros, principalmente su reología y propiedades mecánicas se ven afectadas por el envejecimiento, motivo por el cual el estudio estuvo basado en el análisis de la adición del zumo de alcachofa en porcentajes de 2%, 5%, 7%, y 10% para determinar si existe o no una varianza positiva o negativa en la reología principalmente en la viscosidad y en la susceptibilidad térmica, y en las propiedades mecánicas del asfalto, principalmente en la estabilidad y flujo.

De dicho análisis se obtuvo una alternativa de solución a la problemática planteada ya que se concluyó que sí existe una variación significativa positiva en el comportamiento de cada indicador. A nivel de viscosidad y susceptibilidad térmica, mientras más alto es el nivel de

adición de zumo de alcachofa, el cemento asfáltico es menos susceptible por lo tanto más resistente a los cambios climáticos que como se conoce, en la región central del Perú, son bastante variados en climas fríos, secos, calientes y húmedos. Mientras que, a nivel de las propiedades mecánicas, también existe una varianza positiva en el comportamiento de la estabilidad y flujo del cemento asfáltico, lo cual hace que el cemento sea más duradero y resistente frente a las cargas pesadas de distintos tipos de vehículos de transporte.

En ese sentido, esta investigación significa un gran aporte y alternativa de solución para la problemática inicialmente planteada.

En la investigación no se tomaron en cuenta las propiedades físicas del cemento asfáltico por motivos metodológicos, por lo tanto, el análisis de los cambios positivos o negativos en las propiedades físicas del cemento asfáltico queda pendiente para futuras investigaciones derivadas de la aquí presentada.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

##### **5.1.1. Conclusión general de la investigación**

Se concluye que la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100.

- La influencia de la incorporación de zumo de alcachofa como antioxidante en el asunto de envejecimiento a corto plazo del bitumen PEN 85-100 consigue mejorar el endurecimiento en los porcentajes de 2%, y 5% cumpliendo con la trabajabilidad de la mezcla asfáltica y endureciendo en los porcentajes de los 7% y 10% donde los materiales se vuelven más rígidos.

##### **5.1.2. Primera conclusión específica de la investigación**

Se concluye que la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de la reología del cemento asfáltico de penetración 85-100. Ya que los indicadores de la dimensión “reología del cemento asfáltico”, que vienen a ser la viscosidad y la susceptibilidad térmica sufrieron modificaciones favorables con el aditivo del zumo de alcachofa, lo cual contribuye a la durabilidad reológica del asfalto.

- Con respecto de los ensayos de la viscosidad realizados se concluye que la viscosidad del cemento asfáltico del cual la temperatura de ensayo va en incremento y el porcentaje (2%, 5% 7% y 10%) de adición de zumo de alcachofa, lo que resulto es que aumenta la viscosidad con relación al incremento del porcentaje de adición del zumo de alcachofa. Los efectos antioxidantes dentro del ensayo de viscosidad que mejoran el asfalto son los porcentajes de 5% y 7% de adición sobre el peso del ligante asfáltico. Por lo tanto volviendo más rígido al cemento asfáltico a mayor proporción usada el zumo de alcachofa de 10% de adición del peso del ligante asfáltico por lo tanto el porcentaje a utilizar recomendado es a los 5% y 7%.de adicción.
- Con base en las pruebas de sensibilidad térmica realizadas a asfaltos modificados, a la adición de jugo de alcachofa como porcentaje en peso de asfalto PEN 85-100, se concluyó que la adición de 2% y 5% de jugo de alcachofa con respecto al peso de PEN 85- 100 asfalto El peso del ligante asfáltico, en relación con el peso del ligante asfáltico, mantiene la sensibilidad térmica en relación con otros aglutinantes, mientras que la sensibilidad térmica aumenta bruscamente al agregar un 7% y un 10% de jugo de alcachofa, lo que hace que el asfalto modificado sea pegajoso. mezcla desestabiliza la mezcla y la endurece. Se añade jugo de alcachofa con óptimo comportamiento

termosensible en un porcentaje del 5 al 10% en peso del betún PEN 85-100. Se obtienen mejoras significativas respecto al betún inicial.

### **5.1.3. Segunda conclusión específica de la investigación**

Se concluye que la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100. Puesto que los indicadores de la variable de investigación “propiedades mecánicas del asfalto” que son la estabilidad y el flujo, sufrieron modificaciones favorables que contribuyen a la estabilidad y flujo del cemento asfáltico como parte de sus propiedades mecánicas, lo cual mitiga el envejecimiento del mismo.

- Para las pruebas de briquetas MAC en diferentes porcentajes de jugo de alcachofa, se concluyó que la estabilidad de diseño aumentó significativamente con la adición del modificador de jugo de alcachofa, obteniéndose valores máximos de estabilidad al 5%. Se añadió jugo de alcachofa con un requisito mínimo de estabilidad de 830 kg en relación con el peso del aglomerante asfáltico para cumplir con los requisitos de la Especificación Marshall. Asimismo, la reducción porcentual de la estabilidad es del 7% y del 10%. Se encontró la cantidad agregada de aditivo de jugo de alcachofa, de la misma manera que el flujo, se encontró que el porcentaje de adición de jugo de alcachofa estaba entre 2%, 5% y 7% para ajustarse al rango establecido entre 2 mm y 3,5 mm. La adición de jugo de alcachofa al 10% excede el límite máximo permitido según las regulaciones Marshall y puede hacer que la muestra sea susceptible a la formación de celo.
- También se podría decir que probablemente el porcentaje óptimo de adición del zumo de alcachofa con respecto del peso del cemento asfáltico es de 5 %.

## **5.2. Recomendaciones**

### **5.2.1. Recomendación general de la investigación**

- Sugerimos utilizar el zumo de alcachofa en el asfalto para utilizar en las mezclas asfálticas porque tiene características particulares como agente antioxidante, en el proceso de envejecimiento del asfalto por temperatura, tiempo de mezclado o almacenamiento, así mismo se recomienda aplicar por vía húmeda para modificar el ligante por que la modificación por vía seca las propiedades antioxidantes de la alcachofa no se consiguen en su totalidad en las mezclas asfálticas según los ensayos realizados del laboratorio.



### **5.2.2. Primera recomendación específica de la investigación**

- A razón de obtener los ensayos de susceptibilidad térmica realizados al ligante asfáltico PEN85-100 ya modificado con el zumo de alcachofa a diversos porcentajes, sugerimos realizar un estudio más detallado al zumo de la alcachofa como aditivo para la mezcla asfáltica ya que su viscosidad es menor en adición del zumo de 10% por ciento para estimar la temperatura de mezcla que se conseguirá sin disminuir las propiedades mecánicas y volumétricas de la mezcla asfáltica.

### **5.2.3. Segunda recomendación específica de la investigación**

- Los datos obtenidos de las propiedades físicas en el laboratorio del zumo de alcachofa sugerimos realizar estudio de las propiedades geológicas del ligante asfáltico con el único propósito de encontrar una clasificación PG (performance grade) permitiendo conocer detalladamente las propiedades antioxidantes del zumo de alcachofa en adición del ligante asfáltico como un aditivo. Esta metodología forma parte de la metodología SUPERPAVE sería recomendable contar con dicha tecnología para efectivizar los ensayos en la mezcla asfáltica.

### **5.2.4. Recomendaciones personales**

- A razón de los estudios realizados dentro del laboratorio con el ligante asfáltico condición del zumo de la alcachofa entre los porcentajes de 5 % y 7 % de zumo de alcachofa, se sugiere realizar un ensayo de horno giratorio de envejecimiento a largo y corto plazo que nos permitan conocer el comportamiento de la mezcla asfáltica en condiciones de mezclado y colocado de la mezcla asfáltica.
- Se recomienda que, en investigaciones similares, se opte por realizar el aditivo de otras materias orgánicas disponibles en la zona cuyo uso esté siendo desperdiciado o sea perjudicial para el medio ambiente, como por ejemplo la maleza del campo. De modo que en base a investigaciones similares se determine si su uso como aditivo antioxidante funciona o no y se proponga su uso en futuras construcciones de pavimentos en la región y el país.
- Se recomienda a la Institución educativa propiciar la divulgación de la presente investigación con fines académicos ilustrativos en favor de la comunidad de ingeniería civil en el país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Laboratory evaluation of antioxidants for asphalt binders.* **APEAGYEI, A.** 1, 2011, Construction and Building Materials, Vol. 25, pp. 47-53.
2. *Effects of pore structure on oxidative aging and related mechanical properties of asphalt concrete.* **FAISAL, H, et al.** 151, Construction and Building Materials : s.n., 2017, Vol. 1, pp. 636-641.
3. **PETERSEN, J. Claine.** *A review of the fundamentals of asphalt oxidation.* [ed.] Transportation Research Board. Washington DC : s.n., 2009.
4. *Asphalt oxidation mechanisms and the role of oxidation products on age hardening revisited.* **PETERSEN, J and GLASER, R.** 12, 2011, Road Materials and Pavement Design, Vol. 4.
5. *Modelación del envejecimiento de los pavimentos asfálticos con la metodología de de la superficie de respuesta.* **CHÁVEZ, L, HERNÁNDEZ, C and MANZANO, A.** 4, Ciudad de México : s.n., 2011, Ingeniería, Investigación y Tecnología, Vol. 12.
6. *Anti-Aging potential of sulphur in terminal blend rubberized asphalt binder.* **TANG, N and DONG, R.** 2020, Construction and Building Materials, Vol. 250.
7. *Field aging effect on chemistry and rheology of asphalt binders and rheological predictions for field aging.* **QUIAN, Q, et al.** 1, 2014, FUEL, Vol. 121, pp. 86-94.
8. *LA DEFORMACION PERMANENTE EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS Y EL CONSECUENTE DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN EL PERÚ.* **HUAMÁN, N and CHANG, C.** 11, 2016, Perfiles de Ingeniería , Vol. 11.

9. **APAZA, C.** *Deformación en las mezclas asfálticas y su consecuente deterioro en los pavimentos asfálticos en la ciudad de Julica - 2016.* JULIACA : UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ, 2017.
10. **CORREO, DIARIO.** Huancayo: La ciudad de los huecos. *DIARIO CORREO.* 2016.
11. **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANCAYO.** *Plan Vial Provincial participativo de Huancayo.* Huancayo : s.n., 2021.
12. *Modificación del asfalto con orujo de uva roja como material antioxidante.* **ROJAS, G, et al.** 41, 2021, Infraestructura Vial, Vol. 23.
13. **GUERRERO, E.** *Influencia de la Temperatura y el tiempo de mezclado en la modificación de un cemento asfáltico.* Bogotá : Universidad Santo Tomás, 2019.
14. *Comparación del comportamiento de un cemento asfáltico modificado con desecho de pebd y otro modificado con desechos de pvc.* **FUENTES, L, PEÑARANDA, J and PATIÑO, M.** Cúcuta, Norte de Dantander : s.n., 2022, Revista Formación Estratégica.
15. **W. D. Fernández-Gómez<sup>1</sup>, H. Rondón Quintana<sup>2</sup> and F. Reyes Lizcano<sup>3</sup>.** *El fenómeno de envejecimiento en asfaltos y mezclas asfálticas.* colombia : INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 33 No. 1, APRIL 2013 (5-12), 2013.
16. **ALEJANDRA TATIANA, CABALY FLOODY.** *CONTROL DEL ENVEJECIMIENTO DEL ASFALTO A TRAVÉS DE LA ADICIÓN POLVO DESHIDRATADO DE ORUJO BIOPRODUCTO DE LA INDUSTRIA ENOLÓGICA .* SANTIAGO DE CHILE : PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE, 2012.

17. **PEÑA, J.** *Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica de Ilo.* Lima : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, 2019.
18. **ARÉVALO, M and FIGUEROA, C.** *Uso de residuos de poda de arándanos para mitigar la oxidación del cemento asfáltico en climas fríos de La Libertad.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2022.
19. **SOSA, R.** *Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica tibia aplicando aditivo orgánico, Lima - Perú 2018.* Lima : Universidad César Vallejo, 2018.
20. **Barrantes Tiella Helen Lisbeth, Acuña Cerna, Nylda Haydee.** *Evaluar el envejecimiento de mezclas asfálticas con inclusión de residuos de ceniza agroindustriales en la zona urbana de Vegueta, Huaura, Lima, Perú.* lima : UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, 2023.
21. **ALCALÁ PASCUAL RENATO FÉLIX, DELGADO RAMIREZ CARLOS JOSHEF NICOLAS.** *MAPA DE GRADO DE DESEMPEÑO (PG) PARA LIGANTES ASFÁLTICOS SEGÚN CLASIFICACIÓN SUPERPAVE APLICADO EN LAS REGIONES LIMA, ANCASH E ICA.* lima : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA - FACULTAD DE INGENIERÍA, 2020.
22. **TORIBIO, Karen Regina CÁRDENAS.** *Estudio químico - bromatológico, compuestos bioactivos, y evaluación de la capacidad antioxidante bioactivos, de Cynara scolymus "alcachofa" procedente de Huaral .* lima : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU, 2016.
23. **CORBETT, L.** *Asphalt binder hardening in the michingan test road 554.* s.l. : Transportation Research Board, 1975.

24. *The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification.* **LESUEUR, D.** 1-2, 2009, Advances in colloid and interface science, Vol. 145, pp. 42-82.
25. **THENOUX, G.** *Aplicaciones del ensayo de punto de fragilidad Fraas en el estudio de susceptibilidad al envejecimiento.* Santiago de Chile : Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003.
26. **INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS.** *Penetración de los materiales asfálticos, en Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras.* IVIAS. Colombia : s.n., 2007.
27. *Influence of Chemical Composition on the Physuical Characteristics of Pavinh Asphalts.* **OYEKUNLE, L.** 11, 2007, Petroleum Science and Technology, Vol. 25, pp. 1401-1414.
28. *State of the Art Report on Ageing Test Methods for Bituminous Pavement Materials.* **AIREY, G.** 3, 2003, International Journal of Pavement Engineering, Vol. 4, pp. 165-176.
29. *NMR Finger Printing of Chemical Changes in Asphalt Fractions on Oxidation.* **SIDDIQUI, M.** 17, 2009, Petroleum Science and Technology, Vol. 27, pp. 2033-2045.
30. *The pressure aging vessel (PAV): A Test to Simulate Rheological Changes Due to Fiels Aging.* **BAHÍA, H and ANDERSON, D.** 1995, Physical Properties of Asphalt Cement Binders.
31. **LIZCANO, F.** *Diseño racional de pavimentos.* 2015.
32. **HARDIN, J.** *Physical properties of asphalt cement binders.* s.l. : ASTM International, 1995.

33. *Chapter 14 Chemical Composition of Asphalt as Related to Asphalt Durability.* **PETERSEN, J.** 2000, *Asphaltenes and Asphalts*, pp. 363 -399.
34. *Effect of inter-molecular association on bitumen oxidation.* **HERRINGTON, P and WU, Y.** 3-4, 1999, *Petroleum science and technology*, Vol. 17, pp. 291-318.
35. *Studies on the aging behavior of the Arabian Asphalts.* **SIDDIQUI, M and ALI, M.** 9, 1999, *FUEL*, Vol. 78, pp. 1005-1015.
36. **INV E - 748 - 13.** *ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL.*
37. **ACEVEDO, N.** *Influencia de la forma de los agregados en la estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica empleando el equipo Marshall.* Manizales : Universidad Nacional de Colombia, 2021.
38. *Efecto de la composición del bloque elastomérico de SBS y SEBES en las propiedades reológicas de asfaltos modificados.* **HERRERA, R, et al.** [ed.] Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. 2, Distrito Federal de México : s.n., 2012, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 11, pp. 133-144.
39. *Determinación de las fracciones SARA de asfaltos Colombianos envejecidos al medio ambiente empleando cromatografía líquida en columna.* **REYES, F, DAZA, C and RONDÓN, H.** 2012, Escuela de Ingeniería de Antioquía.
40. *Physochemical characterization of petroleum fractions: The estate of the art.* **MERDRIGNAE, I and ESPINAT, D.** 2, *Oil & Gas science and Technology*, Vol. 62, pp. 7-32.
41. **ARCE, G.** *TESIS DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.* s.l. : DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, 2007.

42. **MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES.** *Manual de carreteras*. Perú : Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2013.
43. **MARTÍNEZ, M.** *Residuos de alcachofa (Cynara scolymus L.) Variedad "LORCA" como fuente de compuestos fenólicos y su aplicación como antioxidantes*. s.l. : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016.
44. **RODRÍGUEZ, J.** *Aprovechamiento de residuos de la Alcachofa*. s.l. : Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Murcia, 2018.
45. *Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de alcachofa (Cynara scolymus L.)*. **CRUZADO, M, et al.** 1, Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013, Revista de Sociedad Química del Perú , Vol. 79 .
46. **RUIZ, R.** *La ciencia y el método científico*. 2007.
47. **HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C and BAPTISTA, M.** *Metodología de la Investigación* . México : MC Graw Hill, 2014.
48. **HERNANDEZ, S and MENDOZA, C.** *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México : Mac Graw Hill Education, 2018.
49. **CARRASCO, S.** *Metodología de la investigación científica*. Lima : San Marcos, 2005.
50. **H, SÁNCHEZ, REYES, C and K, MEJÍA.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.
51. **GARNICA, P, DELGADO, H and SANDOVAL, C.** *Análisis comparativo de los Métodos Marshall y Superave para compactación de mezclas asfálticas*. Mexico : Instituto Mexicano del Transporte, 2005.

52. *Modificación del asfalto con orujo de uva roja como material antioxidante*. **ROJAS, G, et al.** 41, en línea : s.n., 2021, Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR, Vol. 23, pp. 2215-3705.
53. **PUZINAUSKAS, V and CORBETT, L.** *Differences between petroleum asphalt, coaltar pitch and road tar*. Washington DC : The Asphalt Institute, 1978.
54. **CORTÉS, H.** *Análisis del proceso de oxidación del asfalto colombiano 80/100 en inmersión bajo agua: periodo 12-21 meses*. Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana, 2012.
55. **GARCIA, M.** *Catálogo de diseño de pavimentos rígidos de la PCA adaptado a las condiciones de tránsito colombianas*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca. Popayan : Universidad del Cauca, 2022.
56. **DE LA CRUZ, P and PORRAS, M.** *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología Marshall con el enayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera DV Imperial - Pampas*. Universidad Ricardo Palma . s.l. : Universidad Ricardo Palma, 2015.
57. **PEREDA, D and CUBAS, N.** *Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico económico con los asfaltos convencionales*. Universidad Privada Antenor Orrego. s.l. : Universidad Privada Antenor Orrego, 2016.



## **ANEXOS**

## 1. Matriz de consistencia

"EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023"					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>a. ¿Cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023?</p> <p>b. ¿Cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica elaborada con cemento asfáltico envejecido de Penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>a. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad Huancayo 2023.</p> <p>b. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica elaborada con cemento envejecido de Penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.</p>	<p><b>HIPÓTESIS PRINCIPAL:</b></p> <p>La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS:</b></p> <p>a. La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de la reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.</p> <p>b. La adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante mitiga el proceso de envejecimiento a corto plazo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Envejecimiento del asfalto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la reología del Asfalto</li> <li>• Cambios en las propiedades mecánicas del Asfalto</li> </ul>	<p>Carrasco, S., 2006.</p> <p><b>MÉTODO</b></p> <p>CIENTÍFICO</p> <p><b>ENFOQUE:</b></p> <p>CUANTITATIVO</p> <p><b>TIPO:</b></p> <p>APLICATIVA</p> <p><b>NIVEL:</b></p> <p>EXPERIMENTAL</p> <p><b>DISEÑO:</b></p> <p>EXPERIMENTAL PURO</p> <p><b>POBLACIÓN:</b></p> <p>50 muestras manipuladas de asfalto, 60 muestras de mezcla asfáltica</p> <p><b>MUESTRA:</b></p> <p>Se dividen en grupos de VOLUMEN DE ADICIÓN de zumo de alcachofa y el CAMBIO DE VISCOSIDAD</p>
			<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Zumo de alcachofa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de adición zumo de alcachofa.</li> </ul>	

## 2. Operacionalización de las variables

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE (EMPÍRICA) / ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
<p>a. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de reología del cemento asfáltico de penetración 85-100 en la ciudad Huancayo 2023.</p> <p>b. Determinar cuál es el efecto de la adición de zumo de alcachofa como agente antioxidante en los cambios de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica elaborada con cemento envejecido de Penetración 85-100 en la ciudad de Huancayo 2023.</p>	<p><b>VARIABLE DEPEND.</b></p> <p>Envejecimiento del asfalto</p>	<p>Definida como la pérdida de las propiedades del asfalto por cambios molecular del asfalto, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la Reología del Asfalto</li> </ul>	<p>La variable dependiente es afectada por la variable independiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidad.</li> <li>• Susceptibilidad térmica.</li> </ul>	<p>Cuantitativa / Razón</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• brookfield (Pa.s.)/Grados C°</li> <li>• (Pa.s.)/Grados R°</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio en las Propiedades mecánicas del Asfalto</li> </ul>	<p>La variable dependiente es afectada por la variable independiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilidad</li> <li>• Flujo</li> </ul>		<p>Cuantitativa / Razón</p>
	<p><b>VARIABLE INDEPEND.</b></p> <p>Zumo de alcachofa</p>	<p>Adiciones de zumo de alcachofa produce cambios en el comportamiento molecular del asfalto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de adición zumo de alcachofa.</li> </ul>	<p>La variable independiente afecta directamente a la variable dependiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de zumo de alcachofa: 2% 5% 7% 10%</li> </ul>	<p>Cuantitativa / Razón</p>	<p>En función del peso del asfalto.</p>

Nota: Elaboración propia

### 3. Instrumentos de Investigación

<b>INSTRUMENTO N°1</b>					
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 Y DEL ZUMO DE ALCACHOFA</b>					
La presente ficha de recolección tiene como objetivo determinar los parámetros básicos del cemento asfáltico para el diseño de mezclas de cemento de PEN 85-100 y del zumo de alcachofa					
<b>Instrucciones:</b> A continuación, se presenta un formato para completar los ensayos de caracterización del cemento asfáltico en cuatro muestras y del zumo de alcachofa en 1 muestra					
<b>ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 - MUESTRA 1</b>					
<b>PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO DE PIEDRA TRITURADA DE MATAHUASI DE 1/2"</b>					
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
MALLA		PESO (gr)	%Retención Parcial	%Retención Acumulada	%Pasante
Tamiz	mm				
Tm - 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2 1/2"	63.550	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	896.30	29.88	29.88	70.12
Tm - 3/8"	9.525	812.20	27.07	56.95	43.05
Tm - N°4	4.750	1158.70	38.62	95.57	4.43
Tm - N°8	2.550	49.10	1.64	97.21	2.79
Tm - N°10	2.000	32.60	1.09	98.30	1.70
Tm - N°16	1.185	9.40	0.31	98.61	1.39
Tm - N°30	0.600	6.40	0.21	98.82	1.18
Tm - N°40	0.424	5.30	0.18	99.00	1.00
Tm - N°50	0.295	7.10	0.24	99.24	0.76
Tm - N°80	0.175	2.30	0.08	99.31	0.69
Tm - N°100	0.148	6.20	0.21	99.50	0.48
Tm - N°200	0.072	5.10	0.17	99.69	0.31
<Tm - N°200		9.30	0.31	100.00	0.00
<b>Total muestra =</b>		3000.00			

**ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO  
ASFÁLTICO PEN 85-100 - MUESTRA 2**

<b>PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO DE ARENA ZARANDEADA DE MATAHUASI - ARENA NATURAL</b>					
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
<b>MALLA</b>		<b>PESO (gr)</b>	<b>%Retención Parcial</b>	<b>%Retención Acumulada</b>	<b>%Pasante</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>				
Tm - 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2 1/2"	63.550	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°4	4.750	297.54	19.84	19.84	80.16
Tm - N°8	2.550	196.70	13.11	32.95	67.05
Tm - N°10	2.000	127.11	8.47	41.42	58.58
Tm - N°16	1.185	125.34	8.36	49.78	50.22
Tm - N°30	0.600	241.06	16.07	65.85	34.15
Tm - N°40	0.424	72.27	4.82	70.67	29.33
Tm - N°50	0.295	188.54	12.57	83.24	16.76
Tm - N°80	0.175	38.18	2.55	85.78	14.22
Tm - N°100	0.148	47.25	3.15	88.93	11.07
Tm - N°200	0.072	49.75	3.32	92.25	7.75
<Tm - N°200		116.26	7.75	100.00	0.00
<b>Total muestra =</b>		1500.0000	gr		

**ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO  
ASFÁLTICO PEN 85-100 - MUESTRA 3**

<b>PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO DE ARENA CHANCADA DE MATAHUASI</b>					
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
<b>MALLA</b>		<b>PESO (gr)</b>	<b>%Retención Parcial</b>	<b>%Retención Acumulada</b>	<b>%Pasante</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>				
Tm - 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2 1/2"	63.550	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°4	4.750	122.76	8.18	8.18	91.82
Tm - N°8	2.550	191.32	12.75	20.94	79.06
Tm - N°10	2.000	31.19	2.08	23.02	76.98
Tm - N°16	1.185	384.89	25.66	48.68	51.32
Tm - N°30	0.600	117.45	7.83	56.51	43.49
Tm - N°40	0.424	58.78	3.92	60.43	39.57
Tm - N°50	0.295	144.47	9.63	70.06	29.94
Tm - N°80	0.175	78.05	5.20	75.26	24.74
Tm - N°100	0.148	97.21	6.48	81.74	18.26
Tm - N°200	0.072	88.35	5.89	87.63	12.37
<Tm - N°200		185.53	12.37	100.00	0.00
<b>Total muestra =</b>		1500.00	gr		

**ESTUDIOS PREVIOS DEL CEMENTO  
ASFÁLTICO PEN 85-100 - MUESTRA 4**

<b>PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL FILLER</b>					
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
<b>MALLA</b>		<b>PESO (gr)</b>	<b>%Retención Parcial</b>	<b>%Retención Acumulada</b>	<b>%Pasante</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>				
Tm - 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2 1/2"	63.550	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°40	0.424	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°100	0.148	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°200	0.072	10.00	2.00	2.00	98.00
<Tm - N°200		490.00	98.00	100.00	0.00
<b>Total muestra =</b>		500.00	gr		

**ESTUDIOS PREVIOS ZUMO DE ALCACHOFA -  
MUESTRA 1**

<b>PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA POST MOLIDO Y SECADO</b>					
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
<b>MALLA</b>		<b>PESO (gr)</b>	<b>%Retención Parcial</b>	<b>%Retención Acumulada</b>	<b>%Pasante</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>				
Tm - 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2 1/2"	63.550	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°40	0.424	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°100	0.148	190.00	38.00	38.00	62.00
Tm - N°200	0.072	295.00	59.00	97.00	3.00
<Tm - N°200		15.00	3.00	100.00	0.00
<b>Total muestra =</b>		500.00	gr		



## INTRUMENTO N° 2

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL GRUPO DE CONTROL DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85-100 (SIN ADICIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA)

El presente instrumento tiene como objetivo determinar las características de la reología y propiedades mecánicas del cemento asfáltico de PEN 85-100 previo a la adición del zumo de alcachofa, como parte del análisis del Grupo de Control de la Investigación.

**Instrucciones:** A continuación, se presenta un formato para completar los datos de los ensayos del cemento asfáltico de PEN 85-100 en su estado sin alteraciones

ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85 - 100			ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85-100		
TEMPERATURA (°C)*		VISCOSIDAD	TEMPERATURA	SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA	
°C	Tiempo de exposición térmica	Viscosímetro Rotacional de Brookfield**	°Rankine	Viscosidad	
		(mPa.s)			
60°	25 min	" _____ mPa.s"	2.7°R	1er punto	0.96
75°	25 min	" _____ mPa.s"	2.72°R	2do punto	0.92
90°	25 min	" _____ mPa.s"	2.75°R	3er punto	0.85
105°	25 min	" _____ mPa.s"	2.80°R	4to punto	0.7
120°	25 min	" _____ mPa.s"	2.82°R	5to punto	0.64
135°	25 min	" _____ mPa.s"	2.85°R	6to punto	0.58
150°	25 min	" _____ mPa.s"	2.87°R	7mo punto	0.5
165°	25 min	" _____ mPa.s"	2.90°R	8vo punto	0.4
180°	25 min	" _____ mPa.s"	2.92°R	9no punto	0.34
195°	25 min	" _____ mPa.s"	1.95°R	10mo punto	0.28

\*Se varia la temperatura con la intención de ampliar el conocimiento del comportamiento de la viscosidad del cemento asfáltico de PEN 85-100 antes de llegar al punto de inflamación

\*\*La viscosidad se analiza en laboratorio mediante el viscosímetro rotacional de Brookfield

\*\*\*Los puntos de ensayo se adicionaran de acuerdo a la prograseión sobre los puntos en análisis

<b>III. ESTABILIDAD Y FLUJO DEL CEMENTO ASFÁLTICO</b>		
<b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	<b>%</b>	<b>5</b>
<b>Estabilidad</b>	<b>kg</b>	<b>1259.58</b>
<b>Flujo</b>	<b>mm</b>	<b>2.67</b>

### INTRUMENTO N° 3

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85-100 EN SUS CAMBIOS DE REOLOGÍA CON ADICIÓN DEL ZUMO DE ALCACHOFA

El presente instrumento tiene como objetivo determinar la influencia de la adición de zumo de alcachofa en el envejecimiento del cemento asfáltico de PEN 85-100 a través de los cambios en su reología y propiedades mecánicas, como parte del análisis del Grupo Experimental de la investigación.

**Instrucciones:** A continuación, se presenta un formato para completar los datos de los ensayos de la mezcla utilizando los indicadores Viscosidad, Susceptibilidad térmica y Estabilidad y Flujo

ZUMO DE ALCACHOFA	ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85 - 100 CON ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA			ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DEL CEMENTO ASFÁLTICO DE PEN 85-100 CON ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA		
	TEMPERATURA (°C)*	VISCOSIDAD	TEMPERATURA	SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA		
(% de adición)	°C	Tiempo de exposición térmica	Viscosímetro Rotacional de Brookfield **	°Rankine	Viscosidad	
			(mPa.s)		min - max	N° puntos de ensayo* **
2% de adición	60°	25 min	64000	2.7°R	1er punto	1
	75°	25 min	31701	2.72°R	2do punto	0.9
	90°	25 min	6831	2.75°R	3er punto	0.85
	105°	25 min	2581	2.80°R	4to punto	0.7
	120°	25 min	1081	2.82°R	5to punto	0.65
	135°	25 min	639	2.85°R	6to punto	0.55
	150°	25 min	553	2.87°R	7mo punto	0.5
	165°	25 min	550	2.90°R	8vo punto	0.4
5% de adición	60°	25 min	60530	2.7°R	1er punto	1.05

	75°	25 min	25530	2.72°R	2do punto	0.95
	90°	25 min	5530	2.75°R	3er punto	0.87
	105°	25 min	530	2.80°R	4to punto	0.7
	120°	25 min	530	2.82°R	5to punto	0.6
	135°	25 min	530	2.85°R	6to punto	0.52
	150°	25 min	530	2.87°R	7mo punto	0.44
<b>7% de adición</b>	60°	25 min	60530	2.77°R	1er punto	0.69
	75°	25 min	35530	2.80°R	2do punto	0.61
	90°	25 min	5530	2.85°R	3er punto	0.58
	105°	25 min	530	2.87°R	4to punto	0.48
	120°	25 min	530	2.90°R	5to punto	0.41
	135°	25 min	530		6to punto	
	150°	25 min	530		7mo punto	
	165°	25 min	530		8vo punto	
<b>10% de adición</b>	60°	25 min	60700	2.7°R	1er punto	1.05
	75°	25 min	36700	2.72°R	2do punto	0.97
	90°	25 min	8700	2.75°R	3er punto	0.88
	105°	25 min	700	2.80°R	4to punto	0.7
	120°	25 min	700	2.82°R	5to punto	0.6
	135°	25 min	700	2.85°R	6to punto	0.5
	150°	25 min	700	2.87°R	7mo punto	0.42
	165°	25 min	700	2.90°R	8vo punto	0.33

**III. ESTABILIDAD Y FLUJO DEL CEMENTO ASFÁLTICO RESULTANTE DE LA MEZCLA DE PIEDRAS Y ZUMO DE ALCACHOFA**

<b>CEMENTO ASFÁLTICO Y % ZUMO</b>	<b>%</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
<b>Estabilidad</b>	kg	1355	1548	1543	1281
<b>Flujo</b>	mm	2.62	2.85	3.21	3.86

#### 4. Ficha de validación de instrumentos – Juicio de Expertos

### FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS

#### I. Datos Generales

Fecha	2010/12/23
Validador	Kenneth León Fierro
Cargo e institución donde labora	Director de Proyectos / HYTSA Estudios y Proyectos
Instrumento a validar	Varios.
Objetivo del instrumento	Recopilación de datos
Autor(es) del instrumento	Solicitante.

#### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
<b>TOTAL</b>			4	21	

#### III. Coeficiente de validez

$$\frac{D+R+B}{30} = 0.93$$

  
  
 Kenneth León Fierro  
 INGENIERO CIVIL  
 SELO Y SELLO DE VALIDADOR

### FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS

#### IV. Datos Generales

Fecha	29/05/2023
Validador	ADOLFO EUGENIO CAMAYO GINEHE
Cargo e institución donde labora	GERENTE DE SECTORA
Instrumento a validar	VARIOS
Objetivo del instrumento	-
Autor(es) del instrumento	-

#### V. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>			6	21	

#### VI. Coeficiente de validez

$$\frac{D+R+B}{30} = 0.90$$

  
 Adolfo Eugenio Camayo Ginehe  
 Gerente de Sectoría  
 INSTITUTO VARIACIONES

FIRMA Y SELLO DE VALIDADOR

## FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS

### I. Datos Generales

Fecha	22/05/2023
Validador	Oscar Noel Cerdá Hernández
Cargo e institución donde labora	Jefe de Central de Calidad/Soluciones Uvales S. d.
Instrumento a validar	Varios
Objetivo del instrumento	-
Autor(es) del instrumento	-

### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
<b>TOTAL</b>			4	24	

### III. Coeficiente de validez

$$\frac{D+R+B}{30} = 0.93$$



FIRMA Y SELLO DE VALIDADOR



## 5. Certificados de Laboratorio



### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

CLIENTE: MISAEL UBALDO ROJAS VENTURA CERTIFICADO: 2023-577

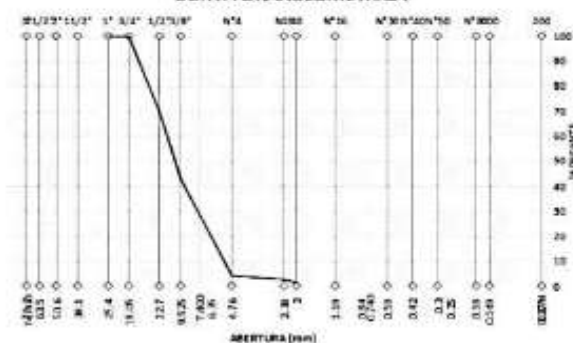
MATERIAL: AGREGADO GRUESOS Y FINOS TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

MUESTRA: GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS FECHA: 29/06/2023

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulad	% Pasante
Tamaño	mm				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	895.30	29.88	29.88	70.12
3/8"	9.525	812.20	27.07	56.95	43.05
Nº4	4.750	1158.70	38.62	95.57	4.43
Nº8	2.350	49.10	1.64	97.21	2.79
Nº10	2.000	32.60	1.09	98.30	1.70
Nº16	1.185	9.40	0.31	98.61	1.39
Nº30	0.600	6.40	0.21	98.82	1.18
Nº40	0.425	5.30	0.18	99.00	1.00
Nº50	0.295	7.10	0.24	99.24	0.76
Nº90	0.175	2.30	0.08	99.31	0.69
Nº100	0.148	6.20	0.21	99.52	0.48
Nº200	0.072	5.10	0.17	99.69	0.31
< Nº200		9.30	0.31	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		3000.00	g		

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Juan Ernesto Tetard Diaz*  
 Juan Ernesto Tetard Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL

*Julio A. Rojas Poma*  
 Julio A. Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

CLIENTE:

MISAE LUBALDO ROJAS VENTURA

CERTIFICADO: 2023-578

MATERIAL:

AGREGADO GRUESOS Y FINOS

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

MUESTRA:

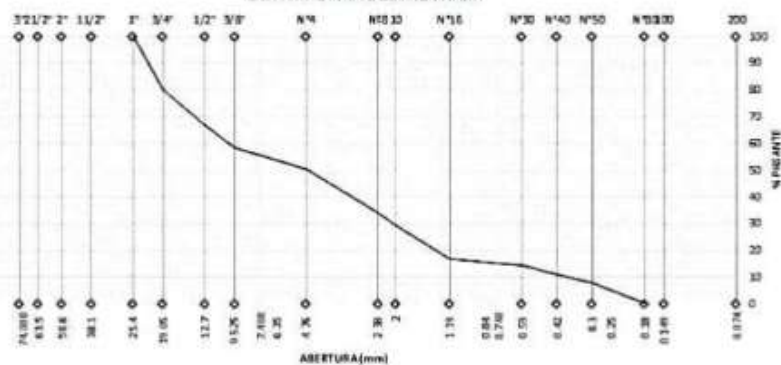
GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

FECHA: 29/06/2023

### ANALISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ARENA NATURAL					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	297.54	19.84	19.84	80.16
tm - N°8	2.550	196.70	13.11	32.95	67.05
tm - N°10	2.000	127.11	8.47	41.42	58.58
tm - N°16	1.185	125.34	8.36	49.78	50.22
tm - N°30	0.600	241.06	16.07	65.85	34.15
tm - N°40	0.425	72.27	4.82	70.67	29.33
tm - N°50	0.295	188.54	12.57	83.24	16.76
tm - N°80	0.175	38.18	2.55	85.78	14.22
tm - N°100	0.148	47.25	3.15	88.93	11.07
tm - N°200	0.072	49.75	3.32	92.25	7.75
< tm - N°200		116.26	7.75	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		<b>1500.00</b>	<b>gr</b>		

### CURVA GRANULOMETRICA



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

*Julio A. Rojas Ventura*  
**Julio A. Rojas Ventura**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

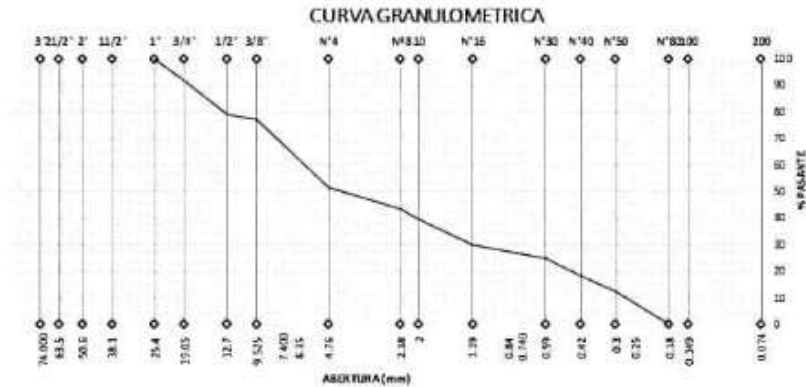


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MESAELIBALDO ROJAS VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-560  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 29/06/2023

### ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ARENA PROCESADA					
Malla	Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante	
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	122.76	8.18	8.18	91.82
tm - N°8	2.550	191.32	12.75	20.94	79.06
tm - N°10	2.000	31.19	2.08	23.02	76.98
tm - N°16	1.185	384.89	25.66	48.68	51.32
tm - N°30	0.600	117.45	7.83	56.51	43.49
tm - N°40	0.425	58.78	3.92	60.43	39.57
tm - N°50	0.295	144.47	9.63	70.06	29.94
tm - N°80	0.175	78.05	5.20	75.26	24.74
tm - N°100	0.148	97.21	6.48	81.74	18.26
tm - N°200	0.072	88.35	5.89	87.63	12.37
< tm - N°200		185.53	12.37	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>	<b>1500.00</b>	<b>gr</b>			



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.L.R.L.

Julio A. Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.L.R.L.

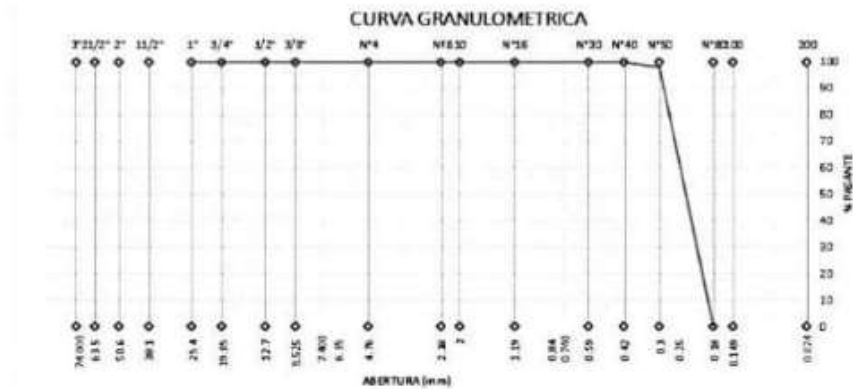


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJAS VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-579  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 15°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 29/06/2023

### ANÁLISIS GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

MILLER					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°60	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°100	0.148	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°200	0.072	10.00	2.00	2.00	98.00
< tm - N°200		490.00	98.00	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		<b>500.00</b>	<b>gr</b>		



**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.L.R.L.

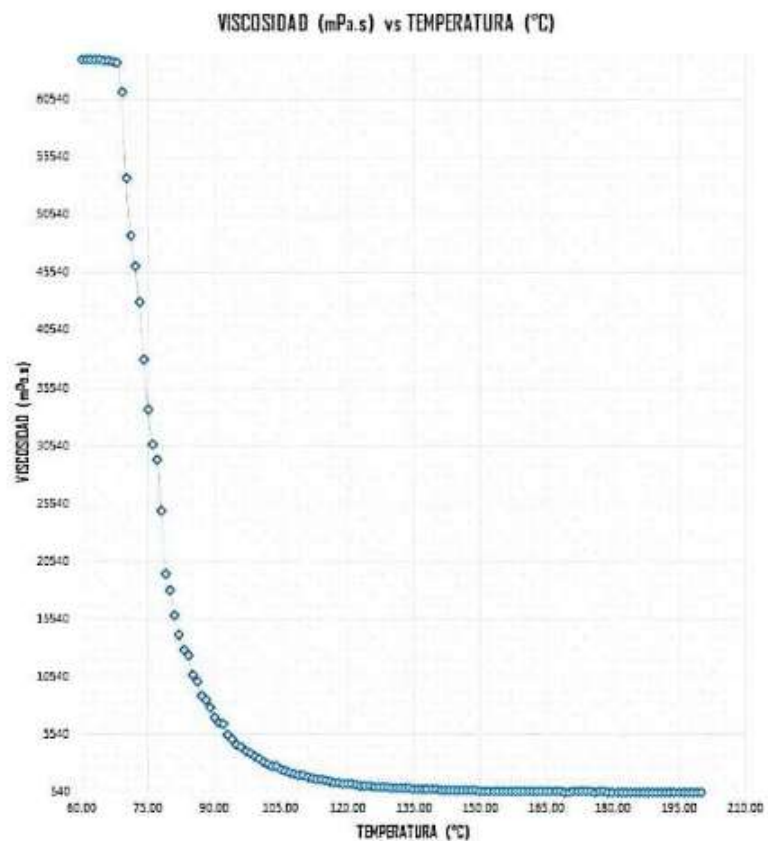
**Julio A. Rojas Ventura**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.L.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL USBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-564  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 **FECHA:** 29/06/2023

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (mPa.s)
60	64100
61	64100
62	64100
63	64100
64	64100
65	64000
66	64000
67	63900
68	63800
69	61200
70	53800
71	48800
72	46100
73	43000
74	38000
75	33700
76	30700
77	25400
78	24900
79	19500
80	18000
81	15900
82	14200
83	12900
84	12400
85	10700
86	10100
87	8870
88	8510
89	7880
90	7030



Página 1 de 2

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

  
 Julio A. Valenzuela Rojas  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-579  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 **FECHA:** 29/06/2023

T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)
91	6520	120	1250
92	6410	121	1220
93	5520	122	1160
94	5120	123	1120
95	4700	124	1070
96	4510	125	1050
97	4120	126	1010
98	3890	127	977
99	3610	128	964
100	3440	129	953
101	3140	130	927
102	2980	131	892
103	2780	132	888
104	2750	133	857
105	2500	134	848
106	2370	135	804
107	2220	136	797
108	2130	137	781
109	2050	138	769
110	1970	139	750
111	1820	140	746
112	1710	141	734
113	1630	142	731
114	1600	143	727
115	1550	144	708
116	1490	145	699
117	1400	146	694
118	1340	147	683
119	1300	148	675

T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)
149	666	178	561
150	642	179	552
151	645	180	552
152	640	181	547
153	631	182	545
154	624	183	547
155	616	184	549
156	610	185	542
157	603	186	548
158	601	187	543
159	594	188	545
160	591	189	547
161	589	190	542
162	591	191	551
163	572	192	554
164	581	193	550
165	574	194	564
166	570	195	549
167	566	196	543
168	562	197	541
169	555	198	542
170	549	199	548
171	566	200	544
172	564		
173	568		
174	560		
175	561		
176	554		
177	556		

Página 2 de 2

  
 Juan Ernesto Tejeda Diaz  
 INGENIERO CIVIL  
 GOLDPIX E.U.R.L.

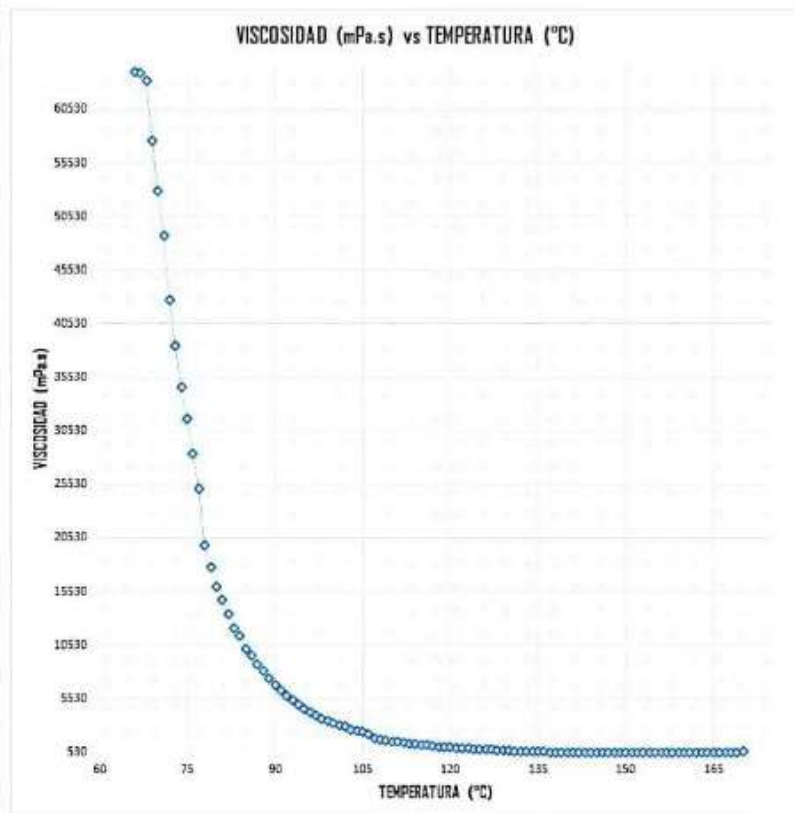
  
 Julio A. Rojas  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDPIX E.U.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEI UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-579  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 2% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad
66	64000
67	63901
68	63201
69	57601
70	52901
71	48801
72	42801
73	38501
74	34601
75	31701
76	28401
77	25101
78	19901
79	17801
80	16001
81	14801
82	13401
83	12101
84	11401
85	10201
86	9541
87	8811
88	8121
89	7451
90	6831
91	6291
92	5851
93	5381
94	5021
95	4571
96	4271



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX ELRL

  
 Julio A. Rojas Parra  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX ELRL



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-565

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 2% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)
97	3961	126	801	155	549		
98	3711	127	786	156	544		
99	3511	128	765	157	546		
100	3301	129	732	158	548		
101	3071	130	707	159	543		
102	2941	131	672	160	552		
103	2701	132	660	161	555		
104	2581	133	649	162	551		
105	2421	134	639	163	545		
106	2201	135	621	164	550		
107	1861	136	581	165	544		
108	1781	137	563	166	542		
109	1651	138	556	167	543		
110	1581	139	550	168	549		
111	1541	140	567	169	545		
112	1431	141	565	170	590		
113	1361	142	569				
114	1291	143	561				
115	1241	144	562				
116	1191	145	555				
117	1161	146	557				
118	1081	147	562				
119	1051	148	553				
120	1001	149	553				
121	971	150	548				
122	941	151	546				
123	901	152	548				
124	871	153	550				
125	841	154	543				

Página 2 de 2

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

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

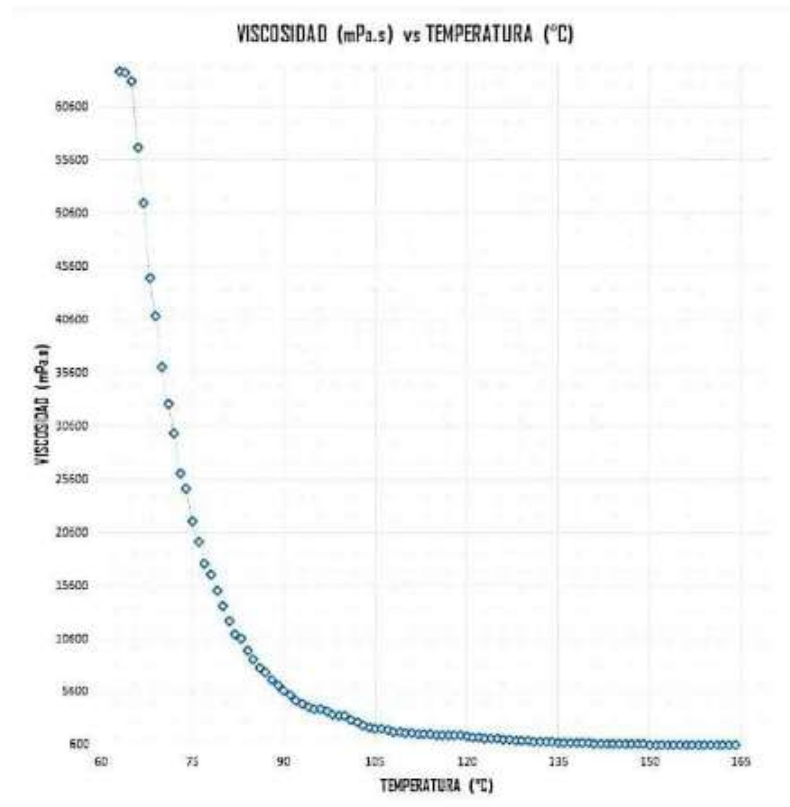




## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-566  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 5% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad (mPa.s)
63	64000
64	63759
65	62959
66	56759
67	51559
68	44459
69	40959
70	30159
71	32659
72	29859
73	26159
74	24659
75	21659
76	19659
77	17659
78	16659
79	15059
80	13659
81	12259
82	11059
83	10559
84	9499
85	8759
86	7879
87	7519
88	6759
89	6209
90	5779
91	5329



Página 1 de 2

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

  
 Julio A. Villarreal Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

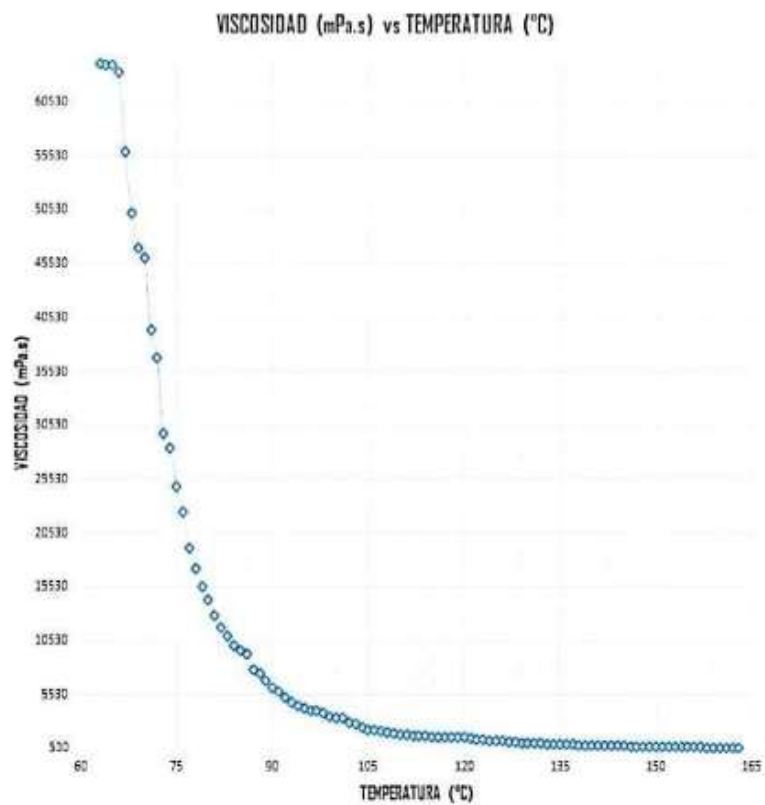
**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-567

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 7% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad
63	64100
64	64000
65	64000
66	63299
67	55899
68	50199
69	46999
70	46099
71	39399
72	36799
73	29799
74	28399
75	24799
76	22499
77	19199
78	17299
79	15599
80	14299
81	12899
82	11799
83	10999
84	10099
85	9599
86	9289
87	7819
88	7519
89	6799
90	6209
91	5779



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL

*Julio A. Rojas Parra*  
 Julio A. Rojas Parra  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-566

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 5% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)
92	4879	121	1399	150	693		
93	4529	122	1339	151	682		
94	4259	123	1299	152	674		
95	4059	124	1249	153	665		
96	4039	125	1219	154	641		
97	3769	126	1159	155	644		
98	3539	127	1119	156	639		
99	3369	128	1069	157	630		
100	3359	129	1049	158	630		
101	2979	130	1009	159	639		
102	2789	131	976	160	630		
103	2529	132	963	161	623		
104	2269	133	952	162	615		
105	2209	134	926	163	609		
106	2159	135	891	164	602		
107	2029	136	887	165	602		
108	1879	137	856				
109	1819	138	847				
110	1809	139	803				
111	1729	140	796				
112	1699	141	780				
113	1669	142	768				
114	1639	143	749				
115	1608	144	745				
116	1609	145	753				
117	1579	146	730				
118	1579	147	726				
119	1579	148	707				
120	1489	149	698				

  
Juan Ernesto Tejeda Díaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDFIX ELRL

  
Julio Andrés Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDFIX ELRL



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MIGUEL UBALDO ROJA VENTURA **VERIFICAR:** 2023-567  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 7% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)
92	5329	121	1489	150	698		
93	4879	122	1399	151	693		
94	4529	123	1339	152	682		
95	4259	124	1299	153	674		
96	4059	125	1249	154	665		
97	4039	126	1219	155	641		
98	3769	127	1159	156	644		
99	3539	128	1119	157	639		
100	3369	129	1069	158	630		
101	3359	130	1049	159	619		
102	2979	131	1009	160	579		
103	2789	132	976	161	561		
104	2529	133	963	162	554		
105	2269	134	952	163	548		
106	2209	135	926				
107	2159	136	891				
108	2029	137	887				
109	1879	138	856				
110	1819	139	847				
111	1809	140	803				
112	1729	141	796				
113	1699	142	780				
114	1669	143	768				
115	1639	144	749				
116	1609	145	745				
117	1609	146	733				
118	1579	147	730				
119	1579	148	726				
120	1579	149	707				

Página 2 de 2

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL

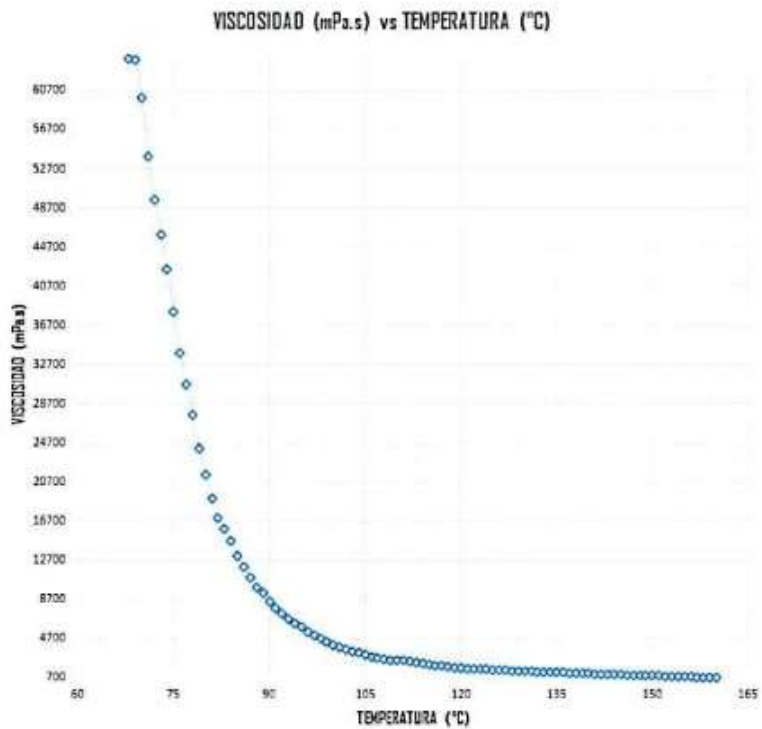
  
 Julio A. V. Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-567  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 10% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad
68	64000
69	63799
70	59999
71	53999
72	49499
73	45999
74	42499
75	38099
76	33899
77	30699
78	27599
79	24099
80	21499
81	19099
82	17099
83	15899
84	14699
85	13199
86	12099
87	10999
88	9999
89	9389
90	8499
91	7849
92	7309
93	6749
94	6329
95	5919
96	5379



Página 1 de 2

  
 Juan Ernesto Tejeda Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL

  
 Julio A. S. Pantoja  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**CLIENTE:** MISHAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-567

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:** 100% CEMENTO ASFALTICO 85-100 + 10% DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)	T (°C)	Viscosidad (mPa.s)
97	5019	126	1509	155	847		
98	4699	127	1469	156	803		
99	4409	128	1429	157	796		
100	4089	129	1409	158	780		
101	3879	130	1379	159	768		
102	3619	131	1359	160	749		
103	3419	132	1329				
104	3209	133	1309				
105	3039	134	1289				
106	2879	135	1269				
107	2749	136	1249				
108	2639	137	1224				
109	2509	138	1211				
110	2549	139	1179				
111	2469	140	1159				
112	2379	141	1129				
113	2259	142	1109				
114	2149	143	1079				
115	2099	144	1059				
116	2009	145	1039				
117	1939	146	1019				
118	1869	147	999				
119	1789	148	974				
120	1739	149	961				
121	1679	150	952				
122	1639	151	926				
123	1609	152	891				
124	1579	153	887				
125	1539	154	856				

Página 2 de 2

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

*Julio A. Rojas Pantoja*  
 Julio A. Rojas Pantoja  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFOX E.I.R.L.





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**CLIENTE:** MISAEAL UBALDO ROJAS VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-568

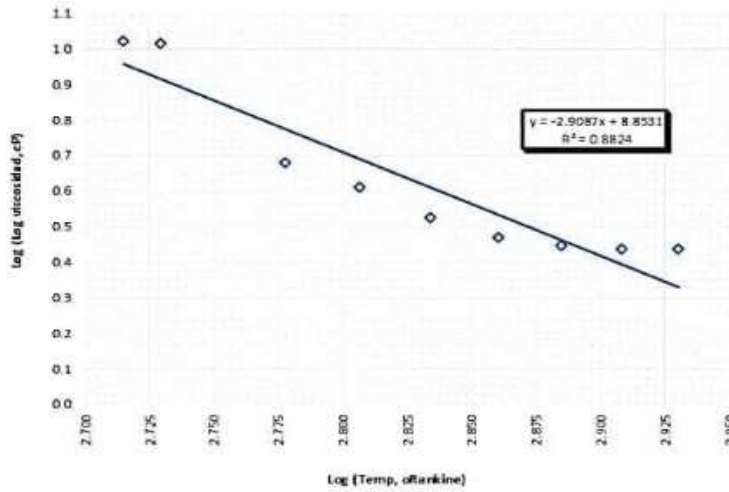
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 20°C

**MUESTRA:** M.01 CEMENTO ASFALTICO 85-100 **FECHA:** 29/06/2023

### Determinación de la Susceptibilidad Térmica

Temp. (°C)	Temp. (°F)	Log Temp (°Rankine)	Pen. (0.1mm)	Viscosidad (Poise)	Viscosidad (cP)	Log Log Visc (cP)	Ensayo
15	59.0	2.7149	7.5	3.36E+08	3.36E+10	1.02E+00	Penetracion
25	77.0	2.7297	8.9	2.29E+08	2.29E+10	1.02E+00	Penetracion
60	140.0	2.7779			64100	6.82E-01	Brookfield
83	181.4	2.8069			12900	6.14E-01	Brookfield
106	222.8	2.8341			2370	5.28E-01	Brookfield
130	266.0	2.8608			927	4.72E-01	Brookfield
153	307.4	2.8849			631	4.47E-01	Brookfield
177	350.6	2.9086			556	4.39E-01	Brookfield
200	392.0	2.9303			544	4.37E-01	Brookfield

### Viscosidad - Relacion de temperatura



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

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



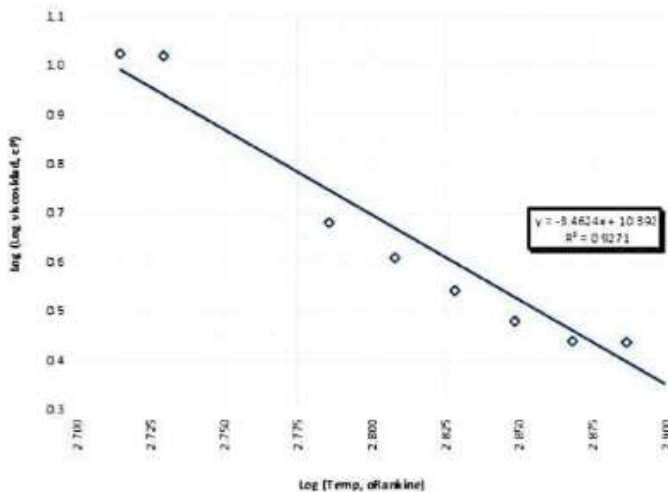
# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJAS VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-569  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 20°C  
**MUESTRA:** M.02 CEMENTO ASFALTICO 85-100+2%ZUMO DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

### Determinación de la Susceptibilidad Térmica

Temp. (°C)	Temp. (°F)	Log Temp (°Rankine)	Pen. (0.1mm)	Viscosidad (Poise)	Viscosidad (cP)	Log Log Visc (cP)	Ensayo
15	59.0	2.7149	6.9	4.06E+08	4.06E+10	1.03E+00	Penetracion
25	77.0	2.7297	7.7	3.17E+08	3.17E+10	1.02E+00	Penetracion
66	150.8	2.7857			64000	6.82E-01	Brookfield
84	183.2	2.8081			11401	6.08E-01	Brookfield
101	213.8	2.8283			3071	5.42E-01	Brookfield
119	246.2	2.8487			1051	4.80E-01	Brookfield
137	278.6	2.8682			563	4.39E-01	Brookfield
155	311.0	2.8869			549	4.38E-01	Brookfield
170	338.0	2.9018			590	4.43E-01	Brookfield

### Viscosidad - Relacion de temperatura



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.L.R.L.

Julio A. Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.L.R.L.





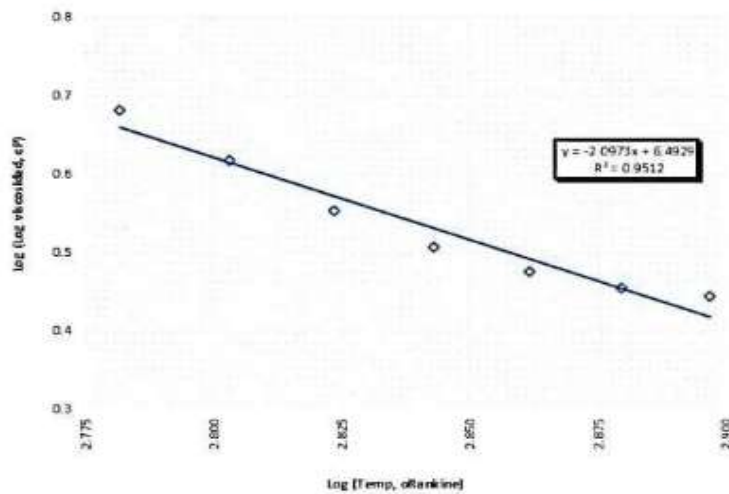
# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJAS VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-570  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 20°C  
**MUESTRA:** M.03 CEMENTO ASFALTICO 85-100+5%ZUMO DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

### Determinación de la Susceptibilidad Térmica

Temp. (°C)	Temp. (°F)	Log Temp (°Rankine)	Pen. (0.1mm)	Viscosidad (Poise)	Viscosidad (cP)	Log Log Visc (cP)	Ensayo
15	59.0	2.7149	6.6	4.48E+08	4.48E+10	1.03E+00	Penetracion
25	77.0	2.7297	6.9	4.06E+08	4.06E+10	1.03E+00	Penetracion
63	145.4	2.7818			64100	6.82E-01	Brookfield
80	176.0	2.8033			13699	6.17E-01	Brookfield
97	206.6	2.8237			3769	5.53E-01	Brookfield
114	237.2	2.8432			1639	5.07E-01	Brookfield
131	267.8	2.8618			976	4.76E-01	Brookfield
148	298.4	2.8797			707	4.55E-01	Brookfield
165	329.0	2.8969			602	4.44E-01	Brookfield

### Viscosidad - Relacion de temperatura



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL

Julio A. Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**CUENTE:** MISAEL UBALDO ROJAS VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-571

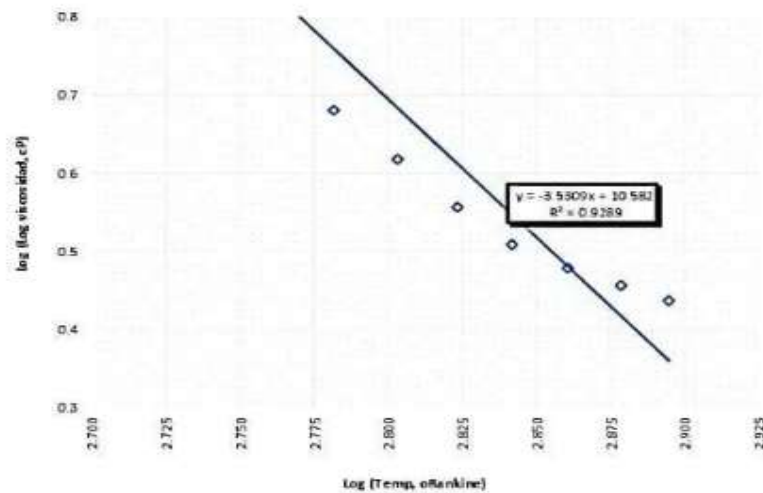
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 20°C

**MUESTRA:** M.04 CEMENTO ASFALTICO 85-100+7%ZUMO DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

### Determinación de la Susceptibilidad Térmica

Temp. (°C)	Temp. (°F)	Log Temp (°Rankine)	Pen. (0.1mm)	Viscosidad (Poise)	Viscosidad (cP)	Log Log Visc (cP)	Ensayo
15	59.0	2.7149	6.3	4.98E+08	4.98E+10	1.03E+00	Penetracion
25	77.0	2.7297	6.6	4.48E+08	4.48E+10	1.03E+00	Penetracion
63	145.4	2.7818			64000	6.82E-01	Brookfield
80	176.0	2.8033			14299	6.19E-01	Brookfield
97	206.6	2.8237			4039	5.57E-01	Brookfield
113	235.4	2.8420			1699	5.09E-01	Brookfield
130	266.0	2.8608			1049	4.80E-01	Brookfield
147	296.6	2.8787			730	4.57E-01	Brookfield
163	325.4	2.8949			548	4.38E-01	Brookfield

### Viscosidad - Relacion de temperatura



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

*Julio A. Rojas Ventura*  
**Julio A. Rojas Ventura**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



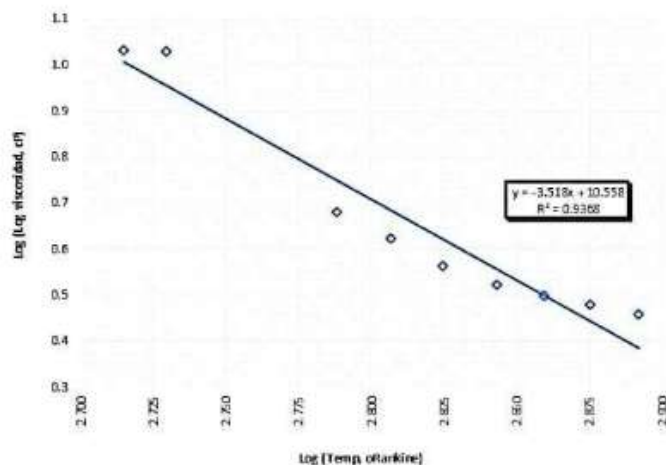
## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJAS VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-572  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 20°C  
**MUESTRA:** M.05 CEMENTO ASFALTICO 85-100+10%ZUMO DE ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

### Determinación de la Susceptibilidad Térmica

Temp. (°C)	Temp. (°F)	Log Temp (°Rankine)	Pen. (0.1mm)	Viscosidad (Poise)	Viscosidad (cP)	Log Log Visc (cP)	Ensayo
15	59.0	2.7149	5.8	6.00E+08	6.00E+10	1.03E+00	Penetracion
25	77.0	2.7297	6.3	4.98E+08	4.98E+10	1.03E+00	Penetracion
68	154.4	2.7882			64000	6.82E-01	Brookfield
83	181.4	2.8069			15899	6.23E-01	Brookfield
98	208.4	2.8248			4699	5.65E-01	Brookfield
114	237.2	2.8432			2149	5.23E-01	Brookfield
129	264.2	2.8597			1409	4.98E-01	Brookfield
144	291.2	2.8756			1059	4.81E-01	Brookfield
160	320.0	2.8919			749	4.59E-01	Brookfield

### Viscosidad - Relacion de temperatura



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL

Julio A. Rojas Ventura  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL

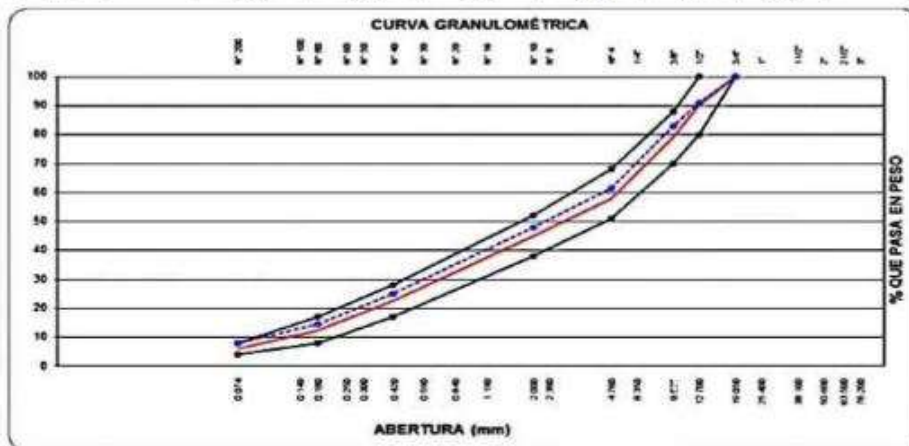


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-573  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 29/06/2023

### COMBINACION TEORICA DE AGREGADOS PARA ASFALTO - MAC 2

Malla		Porcentajes pesantes (%)						Especificaciones
Tamiz	mm.	PIEDRAS		ARENAS		filler	MEZCLA	
Agregados		pedra 3/4"	pedra 1/2"	Arena Procesada	Arena Chancada	filler		MAC - 2
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	CHANCADA	filler	100%	MTC
1"	25.4	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100
3/4"	19.05	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	80 - 100
1/2"	12.7	0.00	70.12	100.00	100.00	100.00	90.41	70 - 88
3/8"	9.525	0.00	43.05	100.00	100.00	100.00	82.48	51 - 68
Nº 4	4.75	0.00	4.43	80.16	91.82	100.00	61.12	38 - 52
Nº 8	2.36	0.00	2.75	67.05	79.06	100.00	49.55	
Nº 10	2	0.00	1.70	58.58	76.98	100.00	45.51	
Nº 16	1.18	0.00	1.39	50.22	51.32	100.00	34.80	
Nº 30	0.6	0.00	1.18	34.15	43.49	100.00	26.12	
Nº 40	0.42	0.00	1.00	29.33	39.57	100.00	23.13	17 - 28
Nº 50	0.3	0.00	0.76	16.76	29.94	100.00	15.34	
Nº 80	0.18	0.00	0.69	14.22	24.74	100.00	12.61	8 - 17
Nº 100	0.15	0.00	0.48	11.07	18.26	100.00	9.92	
Nº 200	0.074	0.00	0.31	7.75	12.37	100.00	6.97	4 - 8
pata		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DEL LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL

Julio A. Rojas Parra  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL

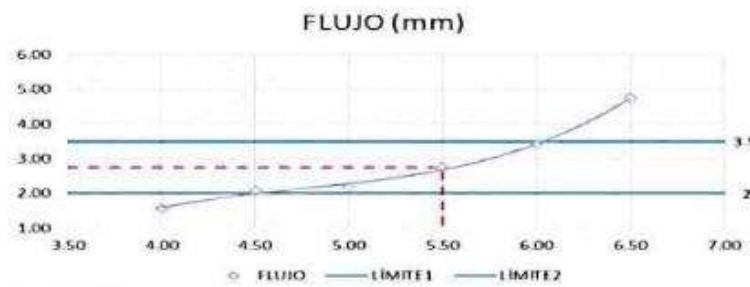
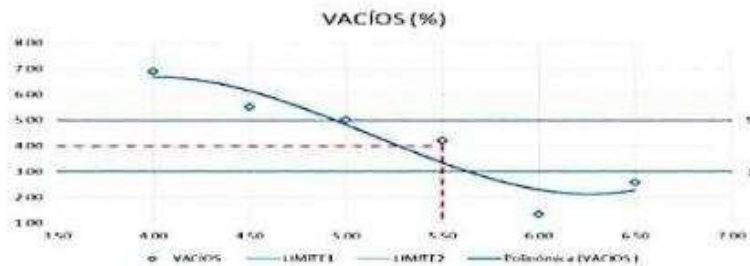


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023  
**CLIENTE:** MISHAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-574  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 29/06/2023

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL

CEMENTO ASFALTICO	%	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
VACIOS	%	6.91	5.53	5.02	5.41	1.35	5.58
FLUJO	mm	1.57	2.07	2.18	2.75	3.42	4.75
ESTABILIDAD	kg	951.10	1123.90	1270.37	1362.60	1152.77	744.40



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL

Julio A. Morales  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX ELRL





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-575

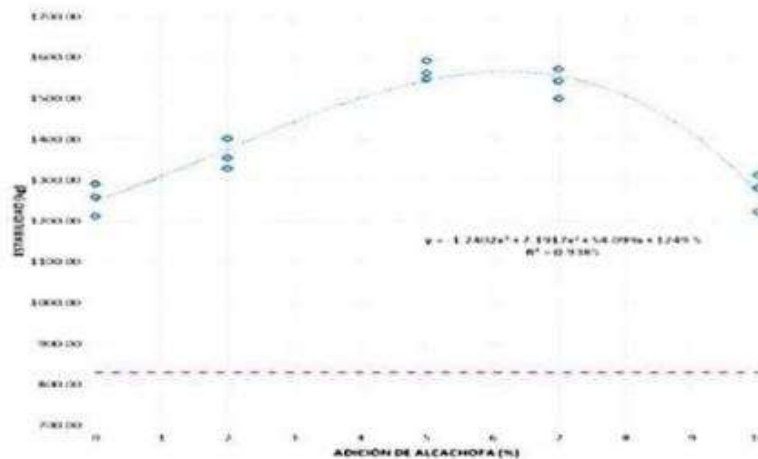
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 + % ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + ADITIVO DE ALCACHOFA

ESTABILIDAD					
# DE BRIQUETAS	ADICION DE ALCACHOFA	ADICION DE ALCACHOFA	ESTABILIDAD SIN	FV	ESTABILIDAD CORREGIDA(kg)
1		0%	1213.0	1.00	1213.0
2	0.00	0%	1291.0	1.00	1291.0
3		0%	1259.0	0.99	1246.4
4		2%	1355.0	1.00	1355.0
5	0.02	2%	1402.0	1.00	1402.0
6		2%	1329.0	0.99	1315.7
7		5%	1548.0	1.00	1548.0
8	0.05	5%	1593.0	1.00	1593.0
9		5%	1562.0	0.99	1546.4
10		7%	1543.0	1.00	1543.0
11	0.07	7%	1573.0	1.00	1573.0
12		7%	1500.0	0.98	1470.0
13		10%	1313.0	1.00	1313.0
14	0.10	10%	1223.0	1.00	1223.0
15		10%	1281.0	1.00	1281.0

ESTABILIDAD (kg) - PORCENTAJE DE ALCACHOFA



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

Julio A. Rojas Ventura  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** EFECTO DE LA ADICIÓN DE ZUMO DE ALCACHOFA COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EN EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 85-100 EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2023

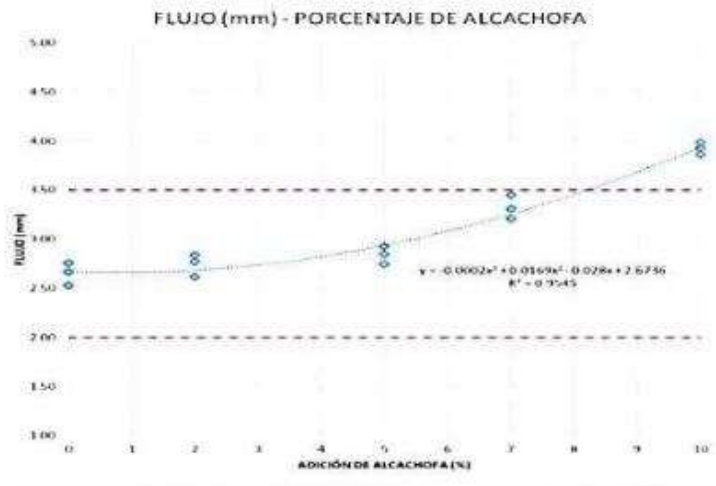
**CLIENTE:** MISAEL UBALDO ROJA VENTURA **CERTIFICADO:** 2023-576

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 + % ALCACHOFA **FECHA:** 29/06/2023

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + ADITIVO DE ALCACHOFA

FLUJO					
# DE BRIQUETAS	ADICION DE ALCACHOFA	ADICION DE ALCACHOFA	LIMITE MAXIMO	LIMITE MINIMO	FLUJO(mm)
1		0%			2.76
2	0.00	0%	2.00	3.50	2.53
3		0%			2.67
4		2%			2.84
5	0.02	2%	2.00	3.50	2.77
6		2%			2.62
7		5%			2.93
8	0.05	5%	2.00	3.50	2.85
9		5%			2.75
10		7%			3.45
11	0.07	7%	2.00	3.50	3.21
12		7%			3.31
13		10%			3.86
14	0.10	10%	2.00	3.50	3.93
15		10%			3.98



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL

*Julio A. Rojas*  
**Julio A. Rojas**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX ELRL

## 6. Certificados de Laboratorio

**GEOLAB EQUIPOS S.A.C**  
RUC 20606348402

Equipos para Laboratorio de  
suelos, concreto y asfaltos

### INFORME DE CALIBRACION

LF - 002 - 2022

Expediente: 002-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-07

Página: 1 de 2

**SOLICITANTE :** COLDFIX E.I.R.L.  
**Dirección :** Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

**DESCRIPCION DEL EQUIPO :** PRENSA MARSHALL - CBR  
**Marca :** NO INDICA  
**Modelo :** K20  
**Serie :** 604  
**Marca de la Celda :** ZEMIC  
**Modelo de Celda :** H3C-C3-5.0T-6B  
**Serie de Celda :** SP036154  
**Capacidad de Celda :** 5 t  
**Marca del Indicador :** HIGH-WEIGHT  
**Modelo del indicador :** 315-X8  
**Serie del indicador :** 982514525

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

#### LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

#### METODO DE CALIBRACION

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4

#### TRAZABILIDAD

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCER	INF-LE-110	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCER		

#### CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18.1 °C	18.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

#### RESULTADOS DE LA MEDICION

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

#### OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
Carlos E. Ramírez Mendive

Jr. Enrique Nerini Nro 1177 Urb. Las Moras - San Luis - Lima T. 4731916



INFORME DE CALIBRACION Nº LF-002-2022

Página : 2 de 2

**TABLA Nº 1**

SISTEMA DIGITAL "A" Kgf	SERIE DE VERIFICACION (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	502,80	503,50	-0,52	-0,70	503,05	-0,61	-0,18
1000	1006,05	1005,05	-0,60	-0,50	1005,55	-0,55	0,10
1500	1503,95	1501,10	-0,26	-0,07	1502,53	-0,17	0,19
2000	2001,15	2000,50	-0,06	-0,03	2000,83	-0,04	0,03
2500	2497,45	2504,15	0,10	-0,17	2500,80	-0,03	-0,27
3000	2996,15	2996,45	0,13	0,12	2996,30	0,12	-0,01
3500	3493,30	3493,05	0,19	0,20	3493,18	0,20	0,01
4000	3985,24	3984,75	0,37	0,38	3985,00	0,38	0,01

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = \frac{(A-B)}{B} \cdot 100 \quad Rp = \frac{Error(2) - Error(1)}{B} \cdot 100$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0049x - 9,5241$

  
Carlos E. Ramirez Mendileta  
Ingeniero Civil

**INFORME DE CALIBRACION**

**LT - 012 - 2022**

Expediente: 009-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-15

Página: 1 de 3

**SOLICITANTE :** COLDFIX E.I.R.L.  
**Dirección :** Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

**DESCRIPCION DEL EQUIPO :** ESTUFA  
**Marca :** NO INDICA  
**Modelo :** HR001  
**Serie :** 520  
**Capacidad del Equipo :** 87 L  
**Indicación :** DIGITAL  
**Marca pirómetro :** THOLZ  
**Modelo pirómetro :** MDH  
**Temperatura Calibra :** 110 °C

**LUGAR DE CALIBRACION**  
Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

**METODO DE CALIBRACION**  
La Calibración se realizó según el procedimiento de calibración PC-018  
"Procedimiento de Calibración para medios isotérmicos usando aire  
Como medio conductor"

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**TRAZABILIDAD**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT-075-2021	SISTEMA INTERNACIONAL
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT-041-2021	

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17.1 °C	17.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

**CONCLUSIONES**

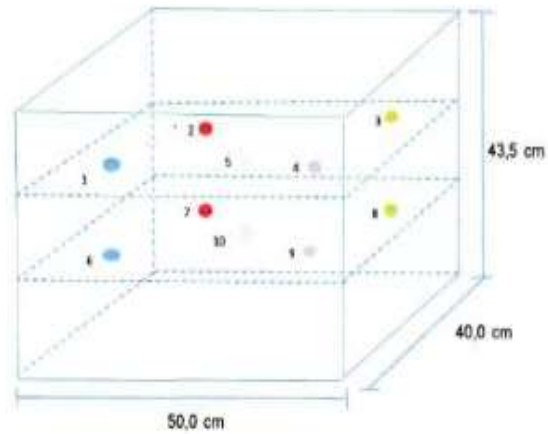
La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5°C para la realización de los ensayos de Laboratorio según la norma ASTM

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
Carlos E. Ramírez Menéndez  
LABORANTE

**DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO**



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demás sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

  
Carlos E. Ramirez Mendileta  
Ingeniero Civil

INFORME DE CALIBRACION N° LT-012-2022

Página : 2 de 3

**CALIBRACION PARA 110 °C**

Tiempo hh:mm	Indicador del Equipo °C	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. Prom. °C	Δ Tmax °C
		Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8	Posición 9	Posición n 10		
00:00	113.2	113.1	114.8	114.4	115.6	114.4	111.3	110.7	110.8	111.7	114.7	113.2	4.8
00:02	111.5	111.2	113.1	112.9	115.2	112.3	109.5	109.4	110.4	109.5	113.2	111.7	5.7
00:04	109.8	108.6	110.8	110.5	112.9	112.1	107.4	107.8	108.0	107.6	110.9	109.6	5.4
00:06	107.6	107.2	110.0	110.1	110.9	109.5	106.3	105.8	105.7	105.6	109.4	108.0	5.2
00:08	109.9	108.5	110.8	111.1	112.3	111.9	108.7	106.5	107.1	107.1	110.9	109.5	5.8
00:10	110.4	109.9	112.1	111.4	113.9	112.2	109.3	108.0	109.0	108.3	113.1	110.7	5.9
00:12	112.6	111.3	113.6	112.8	114.7	113.3	112.5	109.2	109.8	110.7	113.9	112.2	5.4
00:14	113.2	113.1	114.8	114.4	115.6	114.4	111.3	110.7	110.8	111.7	114.7	113.2	4.8
00:16	111.5	111.2	113.1	112.9	115.2	112.3	109.5	109.4	110.4	109.5	113.2	111.7	5.7
00:18	109.8	108.6	110.8	110.5	112.9	112.1	107.4	107.8	108.0	107.6	110.9	109.6	5.4
00:20	107.6	107.2	110.0	110.1	110.9	109.5	106.3	105.8	105.7	105.6	109.4	108.0	5.2
00:22	109.9	108.5	110.8	111.1	112.3	111.9	108.7	106.5	107.1	107.1	110.9	109.5	5.8
00:24	110.4	109.9	112.1	111.4	113.9	112.2	109.3	108.0	109.0	108.3	113.1	110.7	5.9
00:26	112.6	111.3	113.6	112.8	114.7	113.3	112.5	109.2	109.8	110.7	113.9	112.2	5.4
00:28	113.2	113.1	114.8	114.4	115.6	114.4	111.3	110.7	110.8	111.7	114.7	113.2	4.8
00:30	111.5	111.2	113.1	112.9	115.2	112.3	109.5	109.4	110.4	109.5	113.2	111.7	5.7
00:32	109.8	108.6	110.8	110.5	112.9	112.1	107.4	107.8	108.0	107.6	110.9	109.6	5.4
00:34	107.6	107.2	110.0	110.1	110.9	109.5	106.3	105.8	105.7	105.6	109.4	108.0	5.2
00:36	109.9	108.5	110.8	111.1	112.3	111.9	108.7	106.5	107.1	107.1	110.9	109.5	5.8
00:38	110.4	109.9	112.1	111.4	113.9	112.2	109.3	108.0	109.0	108.3	113.1	110.7	5.9
00:40	112.6	111.3	113.6	112.8	114.7	113.3	112.5	109.2	109.8	110.7	113.9	112.2	5.4
00:42	113.2	113.1	114.8	114.4	115.6	114.4	111.3	110.7	110.8	111.7	114.7	113.2	4.8
00:44	111.5	111.2	113.1	112.9	115.2	112.3	109.5	109.4	110.4	109.5	113.2	111.7	5.7
00:46	109.8	108.6	110.8	110.5	112.9	112.1	107.4	107.8	108.0	107.6	110.9	109.6	5.4
00:48	107.6	107.2	110.0	110.1	110.9	109.5	106.3	105.8	105.7	105.6	109.4	108.0	5.2
00:50	109.9	108.5	110.8	111.1	112.3	111.9	108.7	106.5	107.1	107.1	110.9	109.5	5.8
00:52	110.4	109.9	112.1	111.4	113.9	112.2	109.3	108.0	109.0	108.3	113.1	110.7	5.9
00:54	112.6	111.3	113.6	112.8	114.7	113.3	112.5	109.2	109.8	110.7	113.9	112.2	5.4
00:56	113.2	113.1	114.8	114.4	115.6	114.4	111.3	110.7	110.8	111.7	114.7	113.2	4.8
00:58	111.5	111.2	113.1	112.9	115.2	112.3	109.5	109.4	110.4	109.5	113.2	111.7	5.7
01:00	109.8	108.6	110.8	110.5	112.9	112.1	107.4	107.8	108.0	107.6	110.9	109.6	5.4

T. Promedio	110.1	112.2	112.0	113.7	112.3	109.3	108.3	108.8	108.7	112.4	Temperatura Promedio General (°C)	
T. Máximo	113.1	114.8	114.4	115.6	114.4	112.5	110.7	110.8	111.7	114.7		
T. Mínimo	107.2	110.0	110.1	110.9	109.5	106.3	105.8	105.7	105.6	109.4		
DTT	5.9	4.8	4.4	4.7	5.0	6.2	5.0	5.1	6.1	5.3	110.8	

Parametro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida °C
Maxima Temperatura Medida	115.8	0.3
Minima Temperatura Medida	105.6	0.2
Desviación de Temperatura en el Espacio	6.2	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5.4	0.1
Estabilidad Medía ( ± )	3.08	0.04
Uniformidad Medía	5.9	0.1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.  
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
 La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%

  
**Carlos E. Ramirez Mendileto**  
LABORATORIO