

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**“REOLOGIA DEL BETUN ASFALTICO CON
INCORPORACION DE POLVO DE NEUMATICO EN LAS
PROPIEDADES FISICO- QUIMICAS DE UN LIGANTE
MODIFICADO”**

Presentado por:

BACH. CORTEZ PONCE, FIORELLA SHARITO

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

Huancayo – Perú

2022

FALSA PORTADA

ASESOR

Ing. Vladimir Ordoñez Camposano

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres quienes me impulsaron a llegar a cumplir mis sueños y docentes quienes me inculcaron con sus sabios saberes como también a Dios por guiarme en todo momento.

Bach. Cortez Ponce Fiorella Sharito.

AGRADECIMIENTO

En primeramente a la universidad que me dio la bienvenida a este mundo y haberme brindado grandes oportunidades, de la misma manera a mis catedráticos y compañeros tanto del presente y pasado con quienes compartimos conocimientos, alegrías, tristezas y todos aquellos que estuvieron a mi lado ayudándome y logre mi sueño.

Bach. Cortez Ponce Fiorella Sharito.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
JURADO

ING. NATALY LUCIA CÓRDOVA ZORRILLA
JURADO

ING. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

INDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE	7
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE FOTOGRAFIAS	12
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Descripción de la realidad problemática	17
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1.Problema general	18
1.2.2.Problemas específicos	18
1.3. Justificación de la investigación	19
1.3.1.Justificación práctica	19
1.3.2.Justificación científica.....	19
1.3.3.Justificación metodológica	19
1.4. Delimitación de la investigación	20
1.4.1.Espacial	20
1.4.2.Temporal.....	20
1.4.3.Económica.....	20
1.5. Limitaciones	20
1.6. Objetivos de la investigación	20
1.6.1.Objetivo general	20
1.6.2.Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1.Antecedentes Internacionales.....	22
2.1.2.Antecedentes Nacionales	25

2.2. Marco conceptual	27
2.3. Definición de términos	53
2.4. Hipótesis	54
2.4.1. Hipótesis general.....	54
2.4.2. Hipótesis específica.....	54
2.5. Variables	55
2.5.1. Definición conceptual de las variables.....	55
2.5.2. Definición operacional de la variable	55
2.5.3. Operacionalización de variables	56
CAPÍTULO III	58
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.1. Método de investigación.....	58
3.2. Tipo de investigación	58
3.3. Nivel de la investigación	59
3.4. Diseño de la investigación.....	59
3.5. Población y muestra	60
3.5.1. Población	60
3.5.2. Muestra	60
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.7. Procesamiento de la información	61
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	68
CAPÍTULO IV	70
RESULTADOS	70
4.1. Análisis.....	70
4.2. Objetivo específico.....	70
4.2.1. Evaluación de la viscosidad cinética del asfalto.....	70
4.3. Segundo objetivo específico.....	76
4.3.1. Evaluación de recuperación elástica por torsión	76
4.4. Tercer objetivo específico.....	77
4.4.1. Determinación de penetración cemento asfáltico.....	77
4.5. Contratación de hipótesis	79

4.5.1.Hipótesis específico 1 (prueba del investigador).....	79
4.5.2.Hipótesis específico 2 (prueba del investigador).....	81
4.5.3.Hipótesis específico 3 (prueba del investigador).....	83
CAPÍTULO V	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
5.1. Discusión de resultados con antecedentes	87
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
Anexo N°01: Matriz de consistencia	97
Anexo N°02: Panel fotográfico.....	100
Anexo N°03: Certificado de los Ensayos	111

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Compuestos de elementos del Asfalto	32
Tabla 2: Elementos Químicos del Asfalto.....	39
Tabla 3. Propiedades físicas del concreto.....	52
Tabla 4. Operacionalización de variables.....	56
Tabla 5. Diseño experimental	59
Tabla 7: Resultados de viscosidad del asfalto muestra convencional	71
Tabla 8: Resultados de viscosidad del asfalto con 1% de polvo neumático	72
Tabla 9: Resultados de viscosidad del asfalto con 3% de polvo neumático	73
Tabla 10: Resultados de viscosidad del asfalto con 5% de polvo neumático	74
Tabla 11: Resultados de viscosidad del asfalto con 7% de polvo neumático	75
Tabla 12: Resultados de recuperación elástica por torsión del cemento asfáltico ..	76
Tabla 13: Resultados de consistencia del ligaste asfáltico	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Procedimiento del asfalto según el proceso	28
Figura 2: Asfalto natural	29
Figura 3: Estructura química del asfalto	39
Figura 4: Estructura coloidal de un asfalto	40
Figura 5: Esquema de una refinería	42
Figura 6: Separación de las fracciones de betún	45
Figura 7: Curva reológica de la viscosidad del asfalto a diferentes temperaturas ..	71
Figura 8: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 1% de polvo neumático	72
Figura 9: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 3% de polvo neumático	
Figura 10: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 5% de polvo neumático	74
Figura 11: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 7% de polvo neumático	75
Figura 12: Recuperación elástica por torsión del cemento asfáltico	76
Figura 13: Consistencia del ligante modificado	78
Figura 14: Prueba de homogeneidad de varianzas	80
Figura 15: Prueba de Kruskal-Wallis viscosidad del cemento asfáltico.	80
Figura 16: Prueba de normalidad de recuperación elástica del cemento asfáltico	82
Figura 17: Resumen de prueba de hipótesis para la recuperación elástica del concreto	83
Figura 18: Prueba de normalidad de penetración del cemento asfáltico	84
Figura 19: Prueba de homogeneidad de varianzas	85
Figura 20: Prueba de Kruskal-Wallis viscosidad del cemento asfáltico.	86

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N° 1: Material pasante de la malla #50 para la dosificación de asfalto – polvo neumático.....	101
Fotografía N° 2: Obtención de muestra del material bituminoso de planta asfáltica.	101
Fotografía N° 3: Masa del cemento asfáltico con adición de 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático en función de masa de bitumen.....	102
Fotografía N° 4: Mezcla de cemento asfáltico a temperatura 140 °C, batido por 1 minuto como mínimo, curado 24 hrs con adición de 1%; 3%; 5% ; 7% de polvo neumático.	102
Fotografía N° 5: Determinar la temperatura del fluido de PEN 85/100 a distintas temperaturas: 130°C; 135°C; 140°C; 145°C; 150 °C para ser ensayada en equipo de viscosímetro saybolt, según referencia de la norma (ASTM D 88).	103
Fotografía N° 6: Equipo viscosímetro saybolt, material bituminoso con distinta temperatura: 130°C; 135°C; 140°C; 145°C; 150°C, del material bituminoso convencional y material bituminoso con 1%, 3%, 5% y 7% del polvo de neumático, según referencia de la norma (ASTM D 88).	103
Fotografía N° 7: Determinar el tiempo de caída en segundo con cronometro del material bituminoso modificado con 1%; 3%; 5%; 7% de polvo de neumático de distintas temperaturas: 130°C; 135 °C; 140 °C; 145°C, según referencia de la norma (ASTM D 88).....	104
Fotografía N° 8: Frasco recibidor de material bituminoso capacidad de 60 ml, según referencia de la norma (ASTM D 88).	104
Fotografía N° 9: Muestra de cemento asfáltico convencional en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones interiores 35 x 55 mm, según referencia de la norma (ASTM D 5).....	105
Fotografía N° 10: Muestra de cemento asfáltico convencional + 3 %, 5% de polvo de neumático en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones interiores 35 x 55 mm, material diluido para el ensayo, según referencia de la norma (ASTM D 5).	105
Fotografía N° 11: Muestra de cemento asfáltico convencional + 1% , 3 %, 5%, 7% de polvo de neumático en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones	

interiores 35 x 55 mm, se deja enfriar por 1 hora y media para luego entrar al baño maria a 25°C, según referencia de la norma (ASTM D 5).	106
Fotografía N° 12: Muestra de cemento asfáltico convencional + 1% , 3 %, 5%, 7% de polvo de neumático en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones interiores 35 x 55 mm, en baño maria a temperatura de 25°C durante 1 hora y 1 hora y media, según referencia de la norma (ASTM D 5).....	106
Fotografía N° 13: Colocación del material bituminoso convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático en equipo de penetrometro digital, según referencia de la norma (ASTM D 5).	107
Fotografía N° 14: Penetración de la aguja y pesas de 100 gr, con 5 segundo en el material bituminoso convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático, según referencia de la norma (ASTM D 5).....	107
Fotografía N° 15: Lectura final del material ensayado en equipo en (mm) de penetración del material bituminoso convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático, según referencia de la norma (ASTM D 5).	108
Fotografía N° 16: Elaboración de muestra de cemento asfaltico convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático para el equipo mecánico de torsión ensayo, según referencia de la norma (NLT- 329/1).....	108
Fotografía N° 17: Elaboración de muestra de cemento asfaltico convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático para el equipo mecánico de torsión enfriamiento de material bituminoso a temperatura ambiente por 1 hora y media, según referencia de la norma (NLT- 329/1).....	109
Fotografía N° 18: Baño maria del material bituminoso a temperatura de agua de 25 °C con el equipo de torsión durante 1 hora y media, según referencia de la norma (NLT- 329/1).	109
Fotografía N° 19: Giro de 180° de equipo con material bituminoso con 1%; 3%, 5%, 7% de polvo de neumático para realizar lectura de recuperación de ángulo, según referencia de la norma (NLT- 329/1).	110

RESUMEN

La presente tesis planteara un problema general: ¿Cómo es la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado?, siendo el objetivo general: Determinar la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado. Y con la hipótesis general: La reología del betún asfáltico varia con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado. Aplicando una metodología desde un enfoque científico, de tipo aplicado, de nivel explicativo y con un diseño experimental para una población que está constituida por 10 combinaciones de mezclas asfálticas en caliente. Teniendo como tema de estudio el analizar las dosificaciones de polvo de neumático en las propiedades físico químicas del ligante modificado, como resultado se obtuvo recuperación elástica de 4.06%, con 1% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 6.76%, con un porcentaje de variación de 0.67%, con 3% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 11.94%, con un porcentaje de variación de 1.94%, con 5% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 18.26%, con un porcentaje de variación de 3.50%, con 7% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 23.52%, con un porcentaje de variación de 4.79%, finalmente concluyo que con el 3% de polvo neumático una mejora hasta un 8% en las pruebas de las propiedades geológicas del concreto.

Palabras claves: Polvo de neumático, mezcla asfáltica, propiedad reológica, propiedades físico-químicas.

ABSTRACT

This thesis poses a general problem: ¿How is the rheology of asphalt bitumen with tire dust incorporation in the physical-chemical properties of a modified binder?, being the general objective: To determine the rheology of asphalt bitumen with tire dust incorporation. tire on the physical-chemical properties of a modified binder. And with the general hypothesis: The rheology of asphalt bitumen varies with the incorporation of tire dust in the physical-chemical properties of a modified binder. Applying a methodology from a scientific approach, of applied type, of explanatory level and with an experimental design for a population that is constituted by 10 combinations of hot asphalt mixtures. Having as a subject of study the analysis of the dosages of tire powder in the chemical physical properties of the modified binder, as a result an elastic recovery of 4.06% was obtained, with 1% of pneumatic powder an elastic recovery of 6.76% was obtained, with a percentage of recovery of 0.67%, with 3% of pneumatic powder an elastic recovery of 11.94% was obtained, with a variation percentage of 1.94%, with 5% of pneumatic powder an elastic recovery of 18 was obtained, 26%, with a percentage of variation of 3.50%, with 7% of pneumatic powder an elastic recovery of 23.52% was obtained, with a percentage of variation of 4.79%, finally I conclude that with 3% of pneumatic powder an improvement up to a 8% in tests of the geological properties of concrete.

Keywords: Tire dust, asphalt mixture, rheological property, physical-chemical properties.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tratara sobre la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-quimicas de un ligante modificado que se desarrollara con un objetivo de determinar la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado, presentando una hipótesis general: la reología del betún asfaltico varia con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado; para ello a continuación, se detalla cada capítulo de dicha investigación con ligante modificado consecutivamente presentara un método científico con un nivel explicativo mostrando un diseño experimental para una población que está constituida por 10 combinaciones de mezcla asfáltica en caliente para ello a continuación, se detalla cada capítulo de dicha investigación.

EL CAPÍTULO I.- Se observa el planteamiento del problema, el problema general, los problemas específicos, el objetivo general, los objetivos específicos de la investigación, la justificación de la investigación y las limitaciones de la investigación.

EL CAPÍTULO II.- Se realiza los antecedentes internacionales, nacionales de la investigación, el marco teórico, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de hipótesis general y específica.

EL CAPÍTULO III.- Se desarrolla la metodología empleada de la investigación, las variables independiente y dependiente, el método, el tipo, el diseño de la investigación, la población, la muestra y la operacionalización de variables.

EL CAPÍTULO IV.- Presenta la realización de los resultados donde se realiza los resultados obtenidos en el laboratorio y su proceso de cálculo para su análisis representativo.

EL CAPÍTULO V.- Se presenta la discusión de resultados.

Bach. Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional se llegan a utilizarse de excelente forma las llantas recicladas que lleguen a ser enteras o por partes reencauche, artesanías, como materia prima para hornos en la industria cementera, obteniendo el beneficio energético en termoeléctricas, como materia prima para producción de pavimento flexible. (Vega Zurita, 2016)

El polvo de neumático es usado como aquel componente ligante del asfalto o como agregado, por lo que depende del sistema adoptado que se alcanzan a aplicar entre 1000 y 7000 neumáticos por kilómetro de carretera de dos carriles, cifras tan altas que se ubican al aprovechamiento en pavimento flexible como una de las extensas soluciones para utilizar los neumáticos fuera de su aplicación.

A nivel nacional la ciudad de Lima, presentan varias redes principales y secundarias que juntan a muchas regiones productivas ocasionando un desplazamiento económico a la capital, por lo que es fundamental que las vías presenten un excelente servicio, tal es la situación contraria los costos de los alimentos, pasajes y otros suben los precios. (Granados Noa, 2017)

El polvo para la masa asfáltica, llega a ser elaborado o molidos de los neumáticos en desuso.

A nivel local las necesidades y exigencias de las ciudades modernas, han procurado que las técnicas actuales en la construcción de caminos cumplan con las demandas de los usuarios, hoy en día los productos asfálticos han tenido un gran desarrollo y se cuenta con nuevas emulsiones asfálticas, producto del desarrollo obtenido de la realización de pruebas diversas en los distintos materiales que conforman un asfalto.

Así mismo las características del asfalto modificado con la incorporación del polvo de caucho van a ser vía húmeda con el Marshall, con estos resultados se va a realizar un análisis de costos unitarios reales a nivel de carpeta asfáltica por metro cuadrado, además de apelar a nuevas tecnologías constructivas y del resto de los materiales, una solución evidente fue modificar el asfalto, tal es el caso del uso del polvo de neumático, logrando de esta manera mejorar el comportamiento de los pavimentos con el consecuente beneficio al obtener periodos de diseño y de vida útil mayores que el de los pavimentos convencionales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo interviene el adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado?
- b) ¿En qué medida varia la recuperación elástica por torsión en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado?
- c) ¿Cómo varia la penetración de cemento asfáltico en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación práctica

De acuerdo con (Méndez Álvarez, 2020) “Se considera cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o por lo menos propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo.” (pág. 125)

El uso polvo de caucho ha presentado ventajas en diferentes investigaciones ya que al incorporar el caucho con el cemento asfáltico (PEN 85/100) en una mezcla a elevadas temperaturas obteniendo una mezcla uniforme y homogénea obteniendo:

1. Mejorar la plasticidad del ligante.
2. Recubrimiento con los agregados.
3. Mejorar la adherencia.
4. Durabilidad al desgaste.

1.3.2. Justificación científica

Según (Méndez Alvarez, 2012) la justificación teórica o científica es aquel propósito del estudio el cual se encarga de generar debate académico por el conocimiento presente, compulsar una teoría, comparar datos y hacer epistemología del conocimiento presente.

La investigación se ha realizado con el fin de poder obtener un producto que pueda ayudar a mejorar las propiedades de los ligantes siendo su uso según a la perspectiva de un profesional ya que el uso de este producto como ligante asfáltico es a un corto tiempo de investigación lo cual puede generar efectos secundarios en la vida útil del pavimento.

1.3.3. Justificación metodológica

Según (Fernández Bedoya, 2020) “Menciona que ofrecen un concepto más amplio, indicando que un estudio se justifica metodológicamente cuando se creará un nuevo instrumento para recolectar o analizar datos, o se plantea una nueva metodología que incluya otras formas

de experimentar una o más variables, o estudiar de forma más adecuada a determinar la población”. (pág. 12)

La justificación metodológica está basada en poder incorporar al ligante asfáltico con diferentes dosificaciones en el diseño de una mezcla asfáltica convencional en caliente para luego incorporar el polvo neumático en diferentes dosificaciones, con el fin de poder analizar las propiedades de la mezcla asfáltica, para lo cual se seguirá los estudios óptimos en el laboratorio y será llevado a una prueba experimental con un tramo evaluado.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló en la provincia Huancayo, región Junín.

1.4.2. Temporal

La actual investigación se desarrolló tres meses entre los meses de diciembre hacia marzo del 2022.

1.4.3. Económica

La presente investigación se desarrolló con recursos propios.

1.5. Limitaciones

El uso del betún asfáltico vienen a ser de amplio estudio en pavimentos, su adición de polvo de neumático puede presentar factores en contra ya que el betún asfáltico es vulnerable al cambio de temperatura ya que un incremento de esta tiende a derretirla, este punto llega a ser uno de los aspectos tomados en cuenta para la temperatura a la que se hará el proceso de mezcla el diseño.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Determinar la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar el adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.
- b) Calcular la variación de la recuperación elástica por torsión en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado.
- c) Determinar la variación de la penetración de cemento asfáltico en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(González López, 2017), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Reología y procesado de ligantes bituminosos modificados con caucho para aplicación en carreteras”, el cual fija como **objetivo general:** es el estudio del efecto que ejercen la formulación y las condiciones del procesado sobre el comportamiento reológico y la estabilidad al almacenamiento en caliente del betún modificado con polvo de neumáticos (betún-caucho) para, sobre esta base, diseñar ligantes con propiedades mecánicas y tecnologías adecuadas para la industria de pavimentación y evaluar cuál de las mezclas asfálticas tiene una máxima mejora, empleando la **metodología** científico, con un tipo de investigación aplicada de nivel descriptivo , explicativo y correlacional con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Mejorar las propiedades mecánicas como también la estabilidad al almacenamiento usando la estrategia de la modificación química ha sido estudiada por medio de la vulcanización in situ con azufre y a su vez se ha analizado el efecto de la vulcanización sobre las propiedades mecánicas y la estructura de diferentes betunes vírgenes modificados con bajo contenido en SBS., y finalmente **concluyo:** que se ha evaluado la estabilización estérica de betún-caucho mediante procesos de

vulcanización in situ de polímeros octenámeros en función de la concentración de reactivos. Los ligantes modificados con polímeros tipo octenámeros y curados con azufre desarrollan una estructura tridimensional, y consecuentemente, mejoran las propiedades del ligante.

(Maila Paucar, 2017), presentó la tesis de pregrado **Titulado:** “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)”, el cual fija como **objetivo general:** Reducir el desgaste y peligros viales con el diseño de una mezcla asfáltica cambiada, con el polímero EVA, empleando la **metodología:** Desde un enfoque cuantitativa con un tipo de investigación aplicada de nivel explicativo con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** El mejoramiento en el módulo dinámico elástico debido a que se aumenta hasta en un 40% en relación con la mezcla convencional, y finalmente **concluyó:** Las temperaturas de ensayos son muy fundamentales en los valores, haciéndose evidente un descenso drástico en los módulos con la alta T°.

(Wulf Rodriguez, 2018) , presento la tesis de pregrado **Titulado:** Evaluación de pavimento flexible cambiado con polímero, el cual fija como **objetivo general:** Desarrollar una evaluación comparativa entre el asfalto convencional y el asfalto cambiado con polímeros , aplicando principalmente el ensayo Marshall, empleando la **metodología** Desde un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación aplicada con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** De estabilidad y fluencia queda comprobando las mezclas asfálticas realizadas con asfaltos cambiados que tiene un excelente comportamiento que las mezclas realizadas con asfalto convencional, y finalmente **concluyo:** Que los asfaltos cambiados con polímero, presentan una máxima capacidad de sostener su textura bajo las presiones a los cuales son evaluados.

(Querol Solà, 2018) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Estudio experimental sobre el proceso de diseño, formulación y fabricación en fase inversa de emulsiones concentradas monomodales y bimodales de

betún en agua”, el cual fija como **objetivo general**: Analizar la suficiencia de llegar a desplazar un ligante hidrocarbonado no muy liviano y viscoso como es el betún a temperatura ambiente detallando las primeras emulsiones datadas en los años 20 y se usa fundamentalmente en riegos asfálticos y mezclas en frío, empleando la **metodología**: Científico, de tipo aplicada de nivel descriptivo, explicativo y correlacional con un diseño experimental, obteniendo como **resultado**: Que llegan a ser aplicadas en mezclas, las emulsiones han de tener un contenido de agua muy bajo, o lo que es lo mismo, una concentración de betún residual muy elevado, y finalmente **concluyó**: Que se detallan las emulsiones concentradas o elevadas concentradas de betún en agua. Este tipo de emulsiones llegan a ser sistemas actualizados de fabricación, distintos a los convencionales molinos coloidales, como el proceso HIPR (High Internal Phase Ratio), pero, las emulsiones concentradas presentan un hándicap fundamental, en las que son muy viscosas y por ello llegan a ser complicadas de bombear y aplicadas en obra, de tal forma ser sencilla de reducir esta viscosidad que es elaborando emulsiones bimodales.

(Higuera Mojica & David, 2021), presentó la tesis de posgrado **Titulado**: “Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente fabricadas con rap y escorias de horno de arco eléctrico”, el cual fija como **objetivo general**: Evaluar el comportamiento mecánico de MAC elaboradas con reciclado de pavimentos flexibles (Recycled Asphalt Paviment (RAP)) y escorias de horno de arco eléctrico su dosificación óptima y especificaciones de la normatividad, empleando la **metodología**: Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo, obteniendo como **resultado**: que los nuevos materiales mejoran las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas convencionales, en cuanto a estabilidad y flujo, de acuerdo con el ensayo Marshall, y finalmente **concluyó**: Mencionando que debido a que las mezclas con incorporación de RAP y escoria presentan valores más altos de estabilidad, estas son más resistentes a la deformación que causa el tráfico.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Bustamente Romero, 2017) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Análisis del desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 plus y mezcla asfáltica cambiada con polímero tipo SBS PG 70-28 concretos con agua de reciclada en Perú el cual fija como **objetivo general:** Analizar el desempeño de mezclas asfálticas convencional PEN 85/100 Plus y cambiada con polímero de tipo SBS PG 70-28 y evaluar cuál de las mezclas asfálticas presenta un buen trabajo, empleando la **metodología:** Científico, con un tipo de investigación aplicada de nivel descriptivo , explicativo y correlacional con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Llegando a volver a su posición original una vez que se retira el esfuerzo de tensión a que sigan doblados, y finalmente **concluyo:** Tiene una mayor capacidad de mantener su forma bajo las presiones a los cuales son sometidos.

(Cervera Borja, 2017), presentó la tesis de pregrado **Titulado:** “Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos”, el cual fija como **objetivo general:** Evaluar el uso de partículas de caucho reciclados (PCR) en la fabricación de pavimentos flexibles usándose como un árido, no se llega a alterar los compuestos del cemento asfáltico, empleando la **metodología:** Desde un enfoque **cuantitativa** con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** La incorporación de PCR (Partículas de Caucho Reciclado) influye de manera significativa la mezcla asfáltica en caliente, incrementando y mejorando la interrelación del flujo con la estabilidad en un 50%, y finalmente **concluyó:** Nombrando que los costos unitarios de una mezcla mejorada con PCR.

(Granados Noa, 2017), presentó la tesis de posgrado **Titulado:** “Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional”, el cual fija como **objetivo general:** Determinar la adición de granos de caucho en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica cambiada a través del procedimiento por vía seca, respecto a la M.A. convencional, empleando la

metodología: En el presente trabajo de investigación es descriptivo y explicativo, obteniendo como **resultado:** Para las mezclas modificadas con granos de caucho, se determinó el contenido óptimo de asfalto de 5.5% e incorporación de caucho del 0.5%, con el cual se logró un buen comportamiento mecánico de la mezcla, y finalmente **concluyó:** Nombrando que el equilibrio de la mezcla asfáltica cambiada con incorporación de granos de caucho es significativamente mejor que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 61%.

(Tueros Davila, 2017), presento la tesis de pregrado **Titulado:** Incorporación de polvo de caucho en mezcla asfáltica convencional para mejorar la reacción de la superficie de rodadura delante del ahuellamiento en la ciudad de Huancayo 2016, el cual fija como **objetivo general:** Analizar el comportamiento del área de rodadura delante del Ahuellamiento al incorporar polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional en la ciudad de Huancayo 2016, empleando la **metodología:** Científico, con un tipo de investigación aplicada de nivel experimental y correlacional con un diseño casual, correlacional, obteniendo como **resultado:** Evaluar el comportamiento del área de rodadura en delante del Ahuellamiento al incorporar polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional en la ciudad de Huancayo 2016, y finalmente **concluyo:** Reducir la deformación plástica en la superficie de rodadura en la ciudad de Huancayo , al obtener verificar que la incorporación de caucho que se altera significativamente en 66.67% los valores de depresión de ahuellamiento.

(Peña Ancassi, 2019), presento la tesis de pregrado **Titulado:** Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica de Ilo, el cual fija como **objetivo general:** Analizar el % de incorporación de cenizas volantes originadas de la termoeléctrica de Ilo para adicionar el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente, aplicando la **metodología:** Desde un enfoque cuantitativa, con un tipo de investigación aplicada con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Que se observa una tendencia decreciente de (18%,16% Y

16.25) en su resistencia mecánica medidos en parámetros Marshall(Estabilidad-Flujo) en comparación a la mezcla asfáltica en caliente sin incorporación de cenizas volantes, **concluyo:** Se recomienda aplicar las cenizas volantes en incorporación de porcentajes de 0.75% con lo cual se estaría garantizando incremental en la realización mecánica delante al daño por alteración consistente

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El Asfalto

2.2.1.1. Definición de asfalto

Según (Ibañez Maldonado, 2015); dice que, a pesar de varias conceptualizaciones, la manera en lo global se ha sintonizado en que el asfalto es una extensa mezcla diferentes de hidrocarburos. En lo general es obtenido como subproducto del procedimiento de refinación del petróleo crudo; además llegando a chocarse con el modo natural, por lo tanto es sólida en los nombrados pozos de rocas asfálticas, es por ello que desde anteriores años hasta la actualidad el asfalto ha sido aplicado como cemento para ligar, taparlo o impermeabilizar objetos, por lo que este material es demasiado inestable, llegándose a nombrar que esta materia de ingeniería muy antiguas aplicado por el hombre.

A inicios del siglo XIX se investiga que el asfalto refinado a través de la destilación de petróleo crudo y el auge de la industria automovilística, dio sitio al incrementar en el consumo de éste, por lo que fue usado como material para pavimentar carreteras y diferentes usos. En el país se presenta dos empresas que fabrican asfalto para la pavimentación entre ellos Petroperú y Repsol YPF, la que la máxima colocación que ha llegado en el mercado por la bondad de algunos productos por lo que es la primera en la que realiza algunos tipos de clasificación por el grado de penetración AASHTO M 20: 40/50, 60/70, 85/100, 120/150, 200/300.(pág. 14).

2.2.1.2. Producción del asfalto

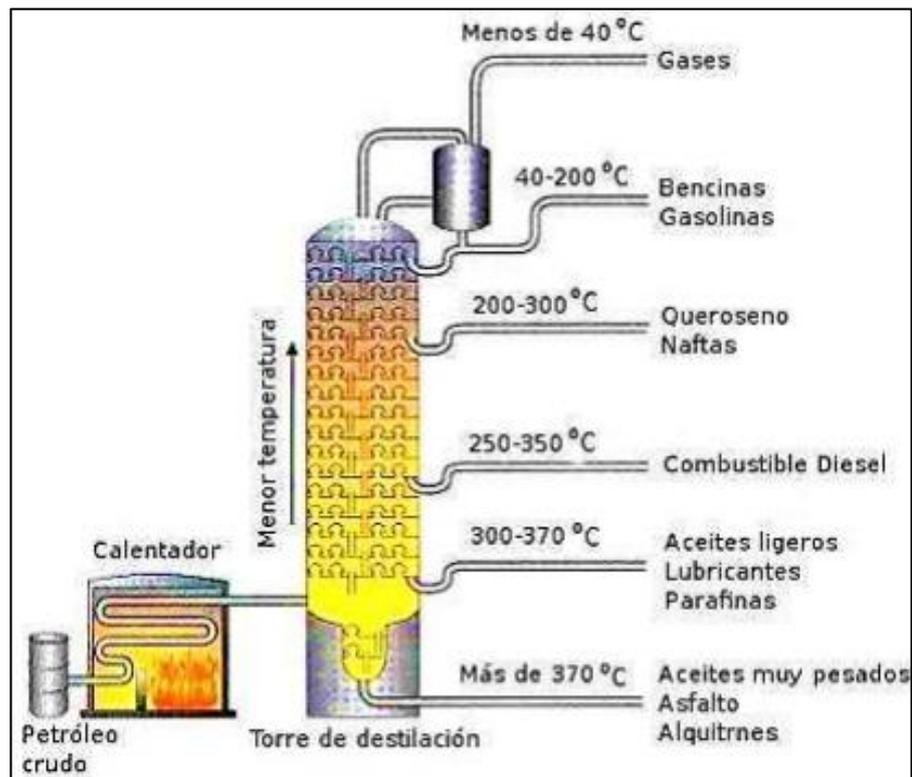
Se menciona que el asfalto se presenta por evaporación del crudo de petróleo en las cuales las distintas divisiones son divididas por exterior del crudo por el centro del incremento en capas de temperaturas.

Existen diferentes clases de procesos por lo que se tiene realizar en crudo las siguientes combinaciones:

- ❖ Destilación por vacío
- ❖ Ascendencia con sulfato

En las refinancias deben tener las propiedades de los asfaltos que produce para cumplir con ciertos requisitos. El esquema del proceso de fabricación del asfalto se observa que en vez que el crudo pasa a la refinería, llegándose a calentar en un gran horno a las temperaturas mayores a los 370°C, luego desplazarlo a la torre de evaporación, en donde el corazón del refinamiento, donde la torre se separa el crudo en distintos compuestos:

Figura 1: Procedimiento del asfalto según el proceso



Fuente: "Procesamiento del asfalto – planta de tratamiento"

2.2.1.3. Tipos

2.2.1.3.1. Asfalto Natural

Algunos de los asfaltos son materias aglomerantes de color oscuro, compuestas por extensas cadenas de hidrocarburos no volátiles y de alto peso molecular, donde estos llegan a presentar dos orígenes; donde los derivados de petróleos y los naturales. Algunos de estos asfaltos naturales, se han realizado desde el petróleo sin embargo el procedimiento natural de la evaporación de las fracciones volátiles, dejando las asfálticas solamente.

Además, se presenta inmerso los poros de algunas rocas, nombrándose rocas asfálticas, como la gilsonita, de tal manera que además se hallan mezclados con compuestos minerales, llegando a que deben ser arenas y arcillas en porciones variables, llegando a subyugarse a subsiguientes procedimientos de depuración, para después lograr ser aplicadas en pavimentación.

Hoy en día, no es muy usado en el tipo de asfalto en la que padece de homogeneidad y pureza (Cervera Borja, 2017, pág. 34)

Figura 2: *Asfalto natural*



Fuente: “Información relacionada a Ingeniería civil y Construcción”

2.2.1.3.2. Asfaltó para pavimentos

A. Cemento Asfáltico:

Algunos de los cementos asfálticos son elaborados principalmente para la aplicación en la realización de pavimentos asfálticos, por lo que este material para el uso en los trabajos de pavimentación, pues sus características aglomerantes e impermeabilizantes, conserva propiedades de flexibilidad, durabilidad y elevada resistencia a la extensa de los ácidos, sales y álcalis.

B. Asfaltos cortos

Son aquellos asfaltos cortados, además se menciona que también se les conoce como asfaltos disueltos que resultan de la ductilidad del cemento asfáltico con filtrados del petróleo, donde los disolventes son usados que funcionan como vehículos, los efectos de los productos que tiene mínima viscosidad que llegan a ser usados con temperaturas mínimas, Según con el periodo de curado hallado por la naturaleza del disolvente usado, por lo que los asfaltos cortados se dividen en:

- RC – Asfaltos cortados de curado rápido.
- MC – asfaltos cortados de curado medio.
- SC – asfaltos cortados de curado lento.

En lo normal el número que señala su grado de viscosidad.

C. Emulsiones asfálticas

Son aquellas disgregaciones de cemento asfáltico en fase acuosa, con equilibrio variable.

El periodo de quiebre y de viscosidad de las emulsiones dependen, entre diferentes parámetros, de la cantidad y calidad de los agentes emulsificantes.

La porción de emulsificantes y aditivos químicos aplicados que se diferencia en lo general de 0.2% a 5% y la porción de asfalto es del orden del 95%.

Las emulsiones asfálticas se calcifican de acuerdo del tipo de carga de la partícula y tiempo de quiebre.

En relación a la carga de partícula, llegando a ser:

- Catiónicas.
- Aniónicas.

Y en cuanto al tipo de quiebre:

- Quiebre rápido.
- Quiebre medio.
- Quiebre lento.

2.2.1.3.3. Asfaltos industriales

A. Los asfaltos oxidados

Son aplicados en lo general para fines industriales como impermeabilizantes, película protectora, etc.

Para el procedimiento de oxidación ocasiona en el asfalto de grandes alteraciones físicas fundamentales:

- Incremento de peso específico y estabilidad.
- Reducción de ductilidad.
- Reducción de susceptibilidad térmica.

Con respecto a los compuestos químicos elemental del asfalto, los procesos de oxidación

causan aumento en contenido de carbono y una correcta reducción de hidrogeno.

2.2.1.4. Composición del Asfalto

En la composición del asfalto este es correcto en un sistema coloidal complejo de hidrocarburos, por lo que es complicada mencionar una selecta clara con respecto a la relación de la fase continua y difundir.

El modelo para la configuración de la estructura del asfalto se menciona modelo semejante, en el cual abastece de una explicación correcta de una adecuada estructura, en la que se presentan dos fases; una discontinua (aromática) ocasionando dos asfáltenos y una continua que se coloca en el exterior y solubiliza a los asfáltenos, nombradas máltenos. Las resinas que se contiene en los máltenos son intermediarias en el asfalto, considerando la misión de homogeneizar y compatibilizar a los de otra manera asfáltenos insolubles. Los máltenos y asfáltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites. (Cervera Borja, 2017, pág. 34)

Tabla 1: *Compuestos de elementos del Asfalto*

ELEMENTO	PORCENTAJE
Carbono	50%
Oxigeno	20%
Nitrógeno	14%
Hidrogeno	8%
Fosforo	3%
Azufre	1%
Potasio	1%
Calcio	0.5%

Magnesio	0.5%
Hierro	0.2%

Fuente: REPSOL – PETRO PERU.

2.2.1.5. Asfaltos derivados de petróleo

Los asfaltos más utilizados en el mundo hoy en día, son los derivados de petróleo, los cuales se obtienen por medio de un proceso de destilación industrial del crudo. Representan más del 90 % de la producción total de asfaltos. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y a veces casi en su totalidad. Sin embargo, existen algunos petróleos crudos, que no contienen asfalto. Con base a la proporción de asfalto que poseen los petróleos se clasifican en:

- Petróleos crudos de base asfáltica.
- Petróleos crudos de base parafínicos.
- Petróleos crudos de base mixta (presentan parafina y asfalto).

El asfalto que proviene de algunos crudos ricos en parafina por lo que no es considerable para fines viales, por ello se arroja a T° mínimas peraturas bajas, realizando una segunda fase discontinua, lo que da como se obtiene como respuestas de las características que no son deseables, de tal manera el desgaste de ductilidad. Con los crudos asfálticos esto no se ocasiona por lo que se da su composición.

El petróleo crudo erradicado de los pozos, es subyugado a un procedimiento de destilación en la que se dividen las divisiones ligeras como la nafta y kerosén de la base asfáltica a través de la vaporización, división y condensación de las mismas. En consecuencia, el asfalto es obtenido como un producto residual del proceso anterior. El asfalto es también un material bituminoso pues presenta betún, por lo que el hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS₂). El alquitrán obtenido de la destilación

destruccion de un carbon graso, ademas presenta betun, por ello, ademas este material bituminoso, sin embargo no debe confundirse con el asfalto, debido a que sus caracteristicas que retardan considerablemente.

2.2.1.6. Características y comportamiento de la mezcla

Una muestra de mezcla de pavimentación preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. El análisis está enfocado hacia seis características de la mezcla, y la influencia que estas puedan tener en el comportamiento de la mezcla. Las características son: (Cervera Borja, 2017, pág. 45)

- **Densidad de la mezcla.**

- ❖ La densidad de la mezcla compactada está conceptualizada como su peso unitario. La densidad es una propiedad muy fundamental por lo que es fundamental presentar una elevada densidad en el pavimento terminado para presentar un desgaste duradero.
- ❖ En la probatura y la evaluación del diseño de mezclas, la densidad de la mezcla compactada se detalla, en lo general, en kg/m^3 . La densidad es determinada al multiplicar la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua. La densidad obtenida en el laboratorio se transforma la densidad patrón, y es utilizada como referencia para calcular si la densidad del pavimento terminado es, o no, correcta. Algunos de los parámetros comúnmente solicitan que la densidad del pavimento sea un (%) de la densidad del laboratorio. A causa de la rara vez la compactación in situ llega a que las densidades que se obtienen aplicando las técnicas en normas de compactación de laboratorio. (Asphalt Institute, 1982, pág. 22)

- **Vacíos de aire, o simplemente vacíos.**

- ❖ Los espacios de aire son espacios cortos de aire, o bolsas de aire, existentes están presentes, por lo que es fundamental que muchas de las combinaciones o mezclas son totalmente densas proporcionadas que presenten algunos porcentajes de espacios para considerar la compactación mínima en el tráfico, y dividir vacíos para las capas de base y superficiales entre el 3% y 5%, en la que depende del diseño específico.
- ❖ Además, se describe que la durabilidad de un pavimento flexible en relación del contenido de espacios. La razón de esto es que mientras es menor la cantidad de espacios o vacíos, mínima será la permeabilidad de la combinación o mezcla de componentes. Un contenido que es muy elevado de vacíos que divide pasajes, mediante de la mezcla, en la que llegan entrar el agua y el aire, y ocasionar desgaste. De otra forma el contenido es muy poco de los espacios que llegan a obtener la exudación de asfalto; una índole que es muy en exceso del asfalto es extraído en el exterior de la mezcla hacia el área del terreno.
- ❖ La densidad y el contenido de vacíos están totalmente en relación. Entre más elevada la densidad mínima es el (%) de los espacios o vacíos en la mezcla. Algunos de los factores de la obra que necesiten normalmente una densidad que considere colocar el mínimo número considerable. (Asphalt Institute, 1982, pág. 22)

- **Vacíos en el árido mineral.**

- ❖ Los espacios en el árido mineral (VMA) son aquellos vacíos de aire que se presentan entre los fragmentos de los paridos en una mezcla compactada de pavimentación, considerando los vacíos que se encuentran acumulados de asfalto.
- ❖ El VMA detalla el vacío que se encuentra apto para colocar el volumen de asfalto y el volumen de los espacios que es

fundamental en la mezcla, cuando máxima sea el VMA más vacío será apto para las películas de asfalto. Se presentan resultados menores para VMA en las que son sugeridos y detallados en relación de la dimensión del árido. Algunos de los valores tienden a ser el hecho de que cuanto más espesor tenga la película de asfalto que tapa los fragmentos de árido, en las que son muy duraderos que será la mezcla.

- **Contenido de asfalto.**

- ❖ La trascendencia de asfalto en la mezcla que es fundamental y llega a ser hallada con exactitud en el laboratorio, y después nivelada con exactitud en la obra, el contenido de asfalto de la mezcla en singular se menciona que es aplicado los parámetros mencionados por la técnica de diseño selecto.
- ❖ El CO del asfalto de la mezcla se relaciona en gran parte de las propiedades del árido como el análisis granulométrico y la capacidad de absorción. El análisis granulométrico del árido se encuentra directo en relación con el CO del asfalto. Mientras más primorosos presente el grado de la mezcla, la máxima llegará a ser la zona superficial total y, máxima será la cantidad de asfalto sugerida para tapar, homogéneamente, todos los fragmentos. Por otra parte, las mezclas son con áridos más grandes que presentan menos asfalto a causa que contengan una mínima zona superficial en general.
- ❖ Se presenta que existe relación entre la zona superficial del parido y el CO de asfalto que es demasiado nombrada cuando existe acumulación de mineral.
- ❖ Los menores aumentos en la acumulación de mineral, llegando a succionar, gran parte del contenido de asfalto, dando como resultado la mezcla seca e inconstante, donde las mínimas reducciones presenta el efecto contrario que es la poca acumulación del mineral que tiene como resultado la mezcla húmeda. La alteración en la acumulación del mineral

ocasiona alteraciones en las características de la mezcla, llegando a alterar de seca a húmeda.

- ❖ En vez de hacer ajustes arbitrarios, se llegará a analizar una muestra y algunas probaturas adecuadas para analizar las causas de las alteraciones y si es fundamental instaurar un diseño diferente de mezcla.
- ❖ La habilidad para absorber asfalto del árido aplicado en la mezcla es fundamental para realizar el CO (Contenido óptimo) del asfalto, esto se basa en que se llega a incrementar asfalto de la mezcla para acceder a la absorción, y para que también se lleguen a tapar los fragmentos con una película correcta de asfalto.
- ❖ El contenido total de asfalto es la porción de asfalto en la que se incrementa a la mezcla para obtener las cualidades establecidas en la mezcla.
- ❖ En la capacidad de absorción de un árido es, ciertamente, una propiedad fundamental en la conceptualización del contenido de asfalto de la combinación o mezcla. En lo general se nombra que la capacidad de absorción de las fuentes singulares de los áridos, sin embargo es fundamental evaluar los ensayos cuando son aplicadas en fuentes existentes. (Asphalt Institute, 1982, pág. 22)

A. Propiedades de la Mezcla

- **Propiedades de la mezcla asfáltica en capas de rotura**

En las propiedades de la mezcla asfáltica de la capa de rotura se debe a la división de un área de rodadura cómoda y ornamental. Algunas de las imposiciones que son aceptables para un área de rodadura no llegan a la optimización sincrónica al nivelar las características opuestas para alcanzar a las soluciones más agradables. Los componentes asfálticos dividen las áreas continuas para la rodadura de los vehículos. Sin embargo, hay que

nombrar un equilibrio entre la durabilidad, rugosidad, impermeabilidad y diferentes propiedades usuales o indispensables para el usuario.

En los países como en el centro de Europa, se realizan mezclas demasiado húmedas en mortero, algunas de las mezclas no dividen la forma correcta, en la que acude a procesos de la adecuada mezcla como son la marquetería en el área de gravas en caliente, Algunas de la áreas de rodadura la aplicación de áridos de elevada calidad y de aditivos debido a las especiaciones a que están sujetos. En la actualidad el cambio de ligantes ha difundido para carreteras fundamentales de resultado mecánico y de la durabilidad de la mezcla. (Rodríguez Padilla, 2004, pág. 26)

- **Propiedades de la mezcla asfáltica para capas inferiores**

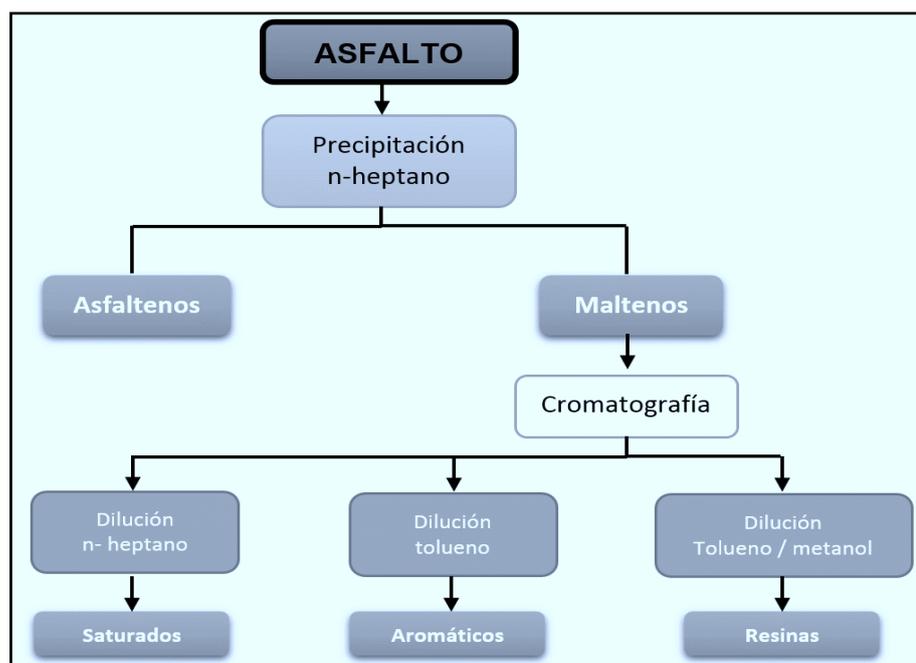
Para las capas de grosor considerable de una firme presentan una estructura importante para la succión de máxima parte de las especificaciones de tráfico, de tal manera que alcanzan a ser totalmente reducidas a las capas inferiores o cimientos de la carretera. Se presentan en los países que llegan a aplicar paquetes asfálticos de un grosor que forman la losa estructural. Las mezclas anteriores son netamente abiertas con un esqueleto mineral, en cuyo rozamiento interno radica la función resistente. Estas mezclas se podían considerar inspiradas en las antiguas bases de piedra partida o Macadam tratadas por penetración con ligantes hidrocarbonados. (Rodríguez Padilla, 2004, págs. 26 - 27)

2.2.2. Propiedades del Asfalto

- **Propiedades Químicas:**

El asfalto es aquel componente formado por muchos hidrocarburos y algunas trazas de azufre, nitrógeno y diferentes elementos químicos, donde el asfalto que se disuelve es un solvente como el heptano llegando a dividirse en partes fundamentales de asfaltenos y maltenos. (Ibañez Maldonado, 2015)

Figura 3: Esquema del asfalto



Fuente: Conferencia: Introducción a la Química del Asfalto por: Ing. German Garzón, Costa Rica, 2004

La composición química detalla la siguiente composición:

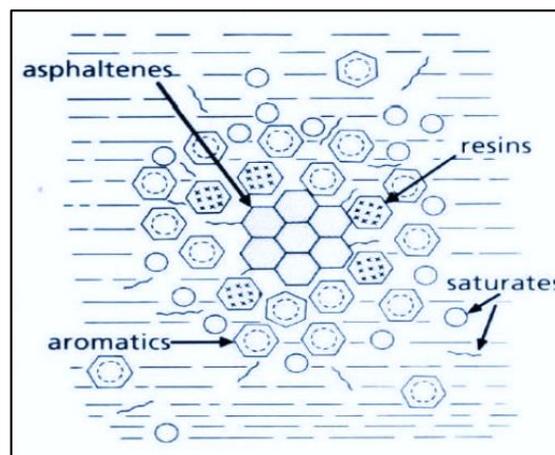
Tabla 2: Elementos Químicos del Asfalto.

ELEMENTO	CONCENTRACIÓN
Carbono	82- 88%
Hidrógeno	8- 11%
Azufre	0- 6%
Oxígeno	0-1.5%
Nitrógeno	0- 1%

Fuente: Conferencia: Introducción a la Química del Asfalto por: Ing. German Garzón, Costa Rica, 2004

En lo general las características químicas del asfalto que se relacionan con altitud de la naturaleza y distribución de sus compuestos. El papel de cada división en su esquema y por tanto en las características no se entiende completamente, presentando distintas temáticas que detallan el esquema, llegando por el momento el proceso en que el asfalto tiene una estructura coloidal en la cual los álfatenos y las resinas que instituyen micelas que se distribuyen en una matriz conformada de maltenos. (Ibañez Maldonado, 2015)

Figura 4: Estructura coloidal de un asfalto



Fuente: Conferencia: Introducción a la Química del Asfalto por: Ing. German Garzón, Costa Rica, 2004

Seguidamente se define a las propiedades químicas del asfalto como la alteración que tiene su composición, a causa del árido de algunos compuestos químicos como cambios poliméricos que modifica o cambia la estructura y características.

- **Propiedades Físicas:**

Las propiedades físicas del Asfalto, de máximo interés para el diseño, construcción y el sostenimiento de carreteras como lo son: Durabilidad, y adhesión a la T°. (Cervera Borja, 2017)

a) Durabilidad: Es aquella propiedad en la que mide que llega a detener al asfalto de sus propiedades finales en la que es exhibido a procedimientos de la degradación y el envejecimiento.

- b) Adhesión y cohesión:** Son aquellas propiedades en la que se menciona que la adhesión es la capacidad de asfalto para unirse al árido en la mezcla de pavimentación, por otro lado la cohesión se describe como la capacidad del asfalto, de sostener estables a los fragmentos del parido en el pavimento.
- c) Susceptibilidad a la temperatura:** Es aquella propiedad donde el asfalto es aquel componente llegando a ser duro cuando su temperatura se reduce y es menos duro cuando su temperatura incrementa.
- d) Endurecimiento y envejecimiento:** Es aquella propiedad en la que los asfaltos llegan a ser duros en el proceso de la mezcla asfáltica cuando se realiza la construcción y además en el pavimento final. El endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (asfalto combinándose con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas del agregado).
- e) Pureza:** El cemento asfáltico está constituido en su mayor parte por bitumen, el cual es por definición un material totalmente soluble en bisulfuro de carbono. Aproximadamente el 99.5% de los asfaltos refinados son solubles en bisulfuro de carbono y si contienen impurezas estas son inertes.

Normalmente el cemento asfáltico carece de agua, ya que ésta fue perdida durante el proceso de refinación. Cuando no pierde toda el agua, se vuelve espumoso al ser calentado a temperaturas superiores a 100°C (212°F). Por tanto, la pureza de un asfalto está definida por su carencia de humedad y cualquier impureza. (Cervera Borja, 2017)

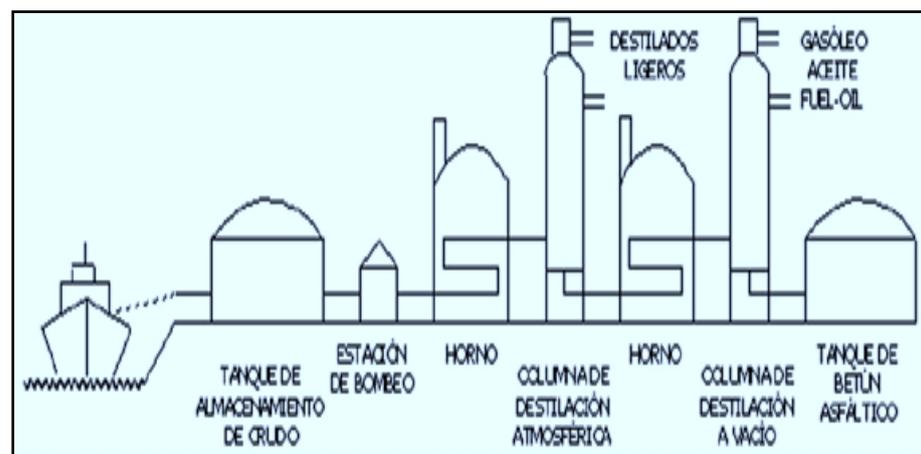
2.2.3. Betún Asfáltico

Se describe que el betún se fabrica desde el crudo de petróleo, por lo que se origina el crudo que está en los desperdicios de organismos marinos y vegetales. En los organismos y la materia vegetal en los hidrocarburos del crudo se llega que, mediante los valores del uso del calor en el interior de la corteza terrestre y la presión utilizada para las capas de sedimentos, llegando a favorecer por la causa de la acción de las bacterias y el radiactivo.

En relación a las capas de los sedimentos llegaron a ser almacenados con la presión que se adiciona al crudo al penetrarse en las rocas porosas que se despliegan por el área del terreno y en el mayor de las situaciones quedan dentro de las capas que son impermeables elaborando bolsas. (Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, 2008, pág. 35) Algunos de los crudos se distinguen por sus distintas características físicas y químicas, en el semblante físico se alteran por los líquidos negros y duros a líquidos que son liberados.

En el semblante químico son preeminentes parafínicos, nafténicos o aromáticos, llegando a realizar mezclas de los más necesarios.

Figura 5: Esquema de una refinería



Fuente: Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, (2008)

2.2.3.1. Fabricación del betún asfáltico

Técnicamente, el betún es la fracción del petróleo que se destila por encima de 535 °C y en la que se encuentran los compuestos químicos

con pesos moleculares por encima de 600uma. Así pues, su obtención a partir del petróleo se realiza por distintos procesos de destilación, soplado, extracción de disolventes y reconstitución. (Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, 2008)

El primer proceso es una destilación fraccionada a presión atmosférica y 300-350 °C en la que se separan los gases (propano y butano), nafta (que posteriormente se utiliza para la obtención de gasolina), queroseno y gasoil, del crudo reducido. Posteriormente se somete el crudo reducido a una segunda destilación a vacío (10- 100 mm de Hg) y 350-400 °C en la que se obtiene una serie de cortes más pesados como base para la fabricación de aceites lubricantes. Por lo que resulta un residuo de vacío que presenta una alta viscosidad y una penetración que está de 10 y 500 dmm en función del origen del crudo. Se obtiene el residuo de vacío en las que resultan distintos procedimientos y modificaciones, por lo que se dividen los betunes al procedimiento final de la elaboración en los siguientes grupos:

- a) **Betunes de destilación directa:** Se tienen generalmente como desecho de la torre de destilación a vacío, donde la penetración varía en función de la temperatura y vacío que se utilicen. Esta técnica es la correcta sobre todo para crudos de petróleo pesados, con un alto porcentaje de asfaltenos. Donde los betunes que se presentan poseen unos resultados de penetración entre 40/50 a 150/200.
- b) **Betunes reconstituidos:** Se presentan por mezcla de residuo desasfaltado con propano con los extractos aromáticos originados del refinado de los aceites lubricantes, obteniendo diluentes selectos o con los residuos no pesados de destilación. Una vez más, alterando las divisiones relativas de cada uno de ellos que se llegue a obtener toda una gama de betunes de penetración.
- c) **Betunes soplados:** Se presentan desde el crudo reducido o del residuo de vacío llegando a pasar una corriente de aire mediante su masa de alta temperatura (240-320 °C), en las que se forman

reacciones de deshidrogenación y polimerización, provocándose modificaciones en la estructura inicial del betún, que cambia sus características, en las que se aplican en la actualidad para carreteras y su aplicación que se limita a impermeabilización.

d) Betunes sopladados reconstituidos: Es aquel procedimiento que se basa en soplar un residuo de destilación para obtener un elemento duro con una penetración en torno a las 10 dmm, llegando a presentar una gama de betunes de penetración mezclándolo con el mismo residuo de destilación de partida o con otros productos de refinería.

2.2.3.2. Composición

En la composición correcta de una autopista no es fácil, luego de desarrollar una evaluación química de los componentes sometidos en el ligante, donde sus características finales han de ser testadas en distintos experimentos. Se presenta reglas que beneficien a las nuevas materias de cara a la I+D+i, tales como:

- La norma NLT-124 (1998), de penetración de las materias bituminosas.
- La norma UNE-EN 12591, colocadas a la pavimentación de betunes y ligantes bituminosos.

2.2.3.2.1. Composición Química

En la composición química los betunes asfálticos están compuestos fundamentalmente por una mezcla de moléculas de elevado peso molecular, de naturaleza fundamentalmente hidrocarbonada, con pocas cantidades de heteroátomos S, O, N y pocas proporciones de átomos metálicos. (Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, 2008) Como término medio, la evaluación fundamental de los betunes originados de distintos crudos que detalla a los betunes que muestra a continuación:

- Carbono 82-88 %
- Hidrógeno 8-11 %
- Azufre 0-6 %
- Oxígeno 0-1.5 %
- Nitrógeno 0-1 %

En su mayoría estos hidrocarburos se muestran en el petróleo crudo, sin embargo, el procedimiento de destilación genera los cambios de carácter químico.

La procedencia del petróleo y el procedimiento de la elaboración del betún inciden concluyentemente en su composición, donde el procedimiento de destilación que afecta al crudo se basa en no considerar preferentemente los saturados y con poner los asfaltenos en el betún.

(Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, 2008)

Figura 6: Separación de las fracciones de betún



Fuente: Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, (2008).

2.2.3.3. Tipos de betunes

Los tipos de betunes puede realizarse en distintas porciones de betunes, una de ellas se divide lo que es en naturales o derivadas del procedimiento del petróleo, de acuerdo a su procedencia. Los distintos tipos de ligantes bituminosas llegan a conceptualizarse como se detalla a continuación:

- **Asfalto de lago**

Su aplicación es demasiado compleja de los asfaltos naturales y se encuentran en tanque superficiales muy detallados, en las que se encuentra las más fundamentales como es la Trinidad, en la cual existen pequeños depósitos de asfalto, sin embargo es el “Lago de Brea”, ubicado en el área del sur de la isla a 1km del mar, el que establece uno de los tanques enormes a nivel mundial.

El lago, de manera cónica que se encuentra invertida, presenta e aproximado de 35 hectáreas de área y una profundidad estimada de 90 m. Se determina que obtiene entre 10 y 15 millones de toneladas de material y por lo que la zona es ampliamente dura como para resistir el peso de los tractores y las máquinas excavadoras que desplazan el material excavado desde el área del lago hasta los vagones que deducen a lo largo del borde.

Existen varias teorías que han llegado a ser mencionadas para sustentar la procedencia del lago de brea, sin embargo, la más adaptada es la que detalla que nace a raíz de un betún duro a través de la destilación natural en varios años.

La materia de refinación a 160 °C y no se considera el agua por evaporación, donde se presenta las distintas imperfecciones y el material vegetal que no se consideran a través de filtros finos. Por lo que dicho material se le llama Trinidad Epuré y sus compuestos es la siguiente: Ligante (549%), materia mineral (36%) y materia orgánica (10%).

El Epuré es el más viscoso para utilizarlo en mezclas asfálticas debido a que su penetración es de un aproximado de 2 dmm (décimas de milímetro) y un punto de reblandecimiento de 95 C: Se aplica en una mezcla a partes semejantes con betunes de tipo 200. La mezcla que resulta presenta una penetración cercana a 50 dmm y se aplica habitualmente en la fabricación de asfaltos,

- **Asfalto de roca**

Es aquel que se realiza por la impregnación de rocas calcáreas como la piedra caliza con el betún natural. Por lo que este producto llega a obtenerse de minas o de yacimientos así conteniendo en su exterior de un 12% en masa de betún.

Los depósitos de máximo interés se localizan en Gard (Francia), Neuchatel (Suiza) y Ragusa (Italia). Actualmente su aplicación muy marginal, llegando a que fueron los principales en ser aplicados como pavimento de carreteras.

- **Alquitrán**

Conocidos también como los betunes originados del petróleo con los alquitranes, por lo que esto se basa por dos motivos: en primer lugar, para el ojo inexperto ambos materiales suelen ser similares.

En segundo lugar, los usos de los materiales son semejantes, sin embargo, son distintos al igual que en su procedencia al igual que su composición química.

Las distintas químicas y físicas obtienen como resultados distintos en el comportamiento y en las emisiones de vapor en el proceso del uso y luego al desarrollo en servicio.

Para los usos en los pavimentos los alquitranes se aplicaban en lo general la combinación con betunes en el mejoramiento de la envuelta y la adhesión del agregado, pero a través de los problemas de salud que se considera, su aplicación se limita con gran medida.

- **Betún asfáltico**

Es aquel componente que se fabrica desde el crudo del petróleo, por lo que su procedencia del crudo se muestra en los restos de los organismos marinos y vegetales almacenados con el barro y las rocas del océano, este material orgánico se fue llenando en las capas de gran grosor y el grande peso de las capas que se comprime por debajo.

En la transformación de los organismos y el material vegetal en los hidrocarburos del crudo se obtuvo mediante la evaluación del uso de calor en el interior de la corteza terrestre y la presión utilizada por las capas que son superiores a los sedimentos, acogiendo la presión que se aumenta realizó que el crudo al meterse en las rocas porosas que se despliega por el área del terreno y en la máxima parte de las situaciones quedó acumulado por diferentes capas realizando bolsas.

En el aspecto químico son predominantemente parafínicos, nafténicos o aromáticos, siendo las combinaciones de los dos primeros las más comunes. (Gomez Ponce, 2008, pág. 2)

2.2.3.4. Estructura de los betunes

Según (Gomez Ponce, 2008) manifiesta que los betunes han sido tradicional detallados como métodos coloniales elaborados por micelas de asfáltenos de elevadas moléculas extendidas en un medio aceitoso de mínimo peso molecular que son los máltenos.

Las micelas están realizadas por uniones de asfáltenos con resistencia aromáticas de elevado peso molecular que actúan como peptizantes.

La existencia de la adecuada porción de resinas y aromáticos de correcto poder de solvatación hace que las micelas resultantes presenten una excelente movilidad dentro del betún, como ejemplo tenemos a los betunes tipo SOL, si la división aromática/resina no se obtiene en la adecuada porción como para peptizar las micelas o presentan un poder de solvatación que no es suficiente en los asfáltenos llegando a relacionarse, dando paso a las estructuras que no son regulares en algunos espacios internos que se detalla en un

fluido intermicelar de constitución vanada, algunos de estos betunes son llamados tipo GEL, por lo que los tipos de betunes presentan una gama de estructuras intermedias, también es fundamental tener en cuenta que el sistema coloidal depende además de la temperatura.

El comportamiento coloidal de los asfáltenos en los betunes necesitan de la agregación y la solvatación, donde el grado en que se encuentran peptizados presentarán un adecuado dominio en la viscosidad que resulta del sistema, estos efectos reducen con la temperatura y el comportamiento GEL de algunos betunes que llega a no encontrarse cuando se calienta a elevadas temperaturas. La viscosidad de los saturados, aromáticos y resinas se basan por su división de pesos moleculares.

La fracción saturada reduce la capacidad de los máltenos para sulfatar los asfáltenos debido a que la gran concentración de saturados llega a llevarse a la aglomeración de los asfáltenos, por lo que se aumenta el carácter GEL a baja temperatura resulta no sólo del contenido de asfaltenos sino también del contenido en saturados.

Cuánto más elevado sea este índice mayor será el carácter GEL y por tanto peor su estabilidad coloidal.

En los betunes con un valor elevado de este índice hay una separación de fases con exudación de los aceites y precipitación de los asfaltenos. Por el contrario, betunes con valores bajos de este índice presentan una estructura y una buena estabilidad coloidal. (págs. 5 - 6)

2.2.3.5. Propiedades del betún asfáltico

Las características principales que llega a tener un betún asfáltico para la aplicación en carreteras son las siguientes:

- Excelente comportamiento reológico.
- Buena adhesividad de los áridos.
- Resistencia al envejecimiento. (pág. 4)

A. Comportamiento reológico

El comportamiento reológico de los betunes asfálticos es de fundamental importancia para su empleo en carreteras, tanto para

conseguir una correcta manipulación y puesta en obra como para valorar su comportamiento en servicio.

Los betunes asfálticos presentan un comportamiento reológico muy complejo, que depende de la temperatura, de la carga y del tiempo de aplicación de la misma.

A altas temperaturas el betún se comporta como un fluido newtoniano, lo que permite realizar la mezcla íntima con los áridos. A baja temperatura el betún pasa a comportarse como un sólido elástico, aumentando su viscosidad lo suficiente como para dar cohesión a la mezcla y poder resistir los esfuerzos producidos por el tráfico sin sufrir deformaciones permanentes. (Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, 2008)

B. Adhesividad

Es aquella propiedad fundamental en donde el betún llega a realizar su relación como ligante a su poder aglomerante.

Para que el ligante se una a los agregados es fundamental que se encuentre y tenga buen contacto entre la zona del agregado y del betún y se presenten fuerzas que se atraen.

Generalmente esta adhesividad es de tipo pasivo, en la que el agua se movería al betún de no ser por la resistencia mecánica que se contradice al ligante a causa de su alta viscosidad a las temperaturas de servicio.

C. Resistencia al envejecimiento

Es aquella propiedad en la que presenta una serie de modificaciones en las características de las materias, que se presentan en los tiempos largos que ocasionan la degradación total o parcial.

Algunos de estos betunes asfálticos tienen resistencia al envejecimientos, por lo que es consecuencia de su naturaleza principalmente hidrocarbonada de poca reactividad; sin embargo en el proceso de manipulación y tiempo de servicio que están sujetos a la serie de parámetros y agentes que se encuentran en

el exterior y ocasionan modificaciones en la composición y trasciendan de manera negativa respecto a las características.

Se describe que el envejecimiento es realizado mediante el transporte en tanques y almacenamiento, es por ello que en el proceso se mezcla también de las elevadas temperaturas que existe del oxígeno atmosférico, de tal manera en los procedimientos de adsorción de los agregados, finalmente durante el servicio de los betunes se descomponen por la fatiga del uso de cargas, las alteraciones de temperatura, la existencia de agua, por lo que también se encuentran expuestas a los agentes del medio ambiente y a los lubricantes que se desechan los vehículos. (Martinez, Nazario, Gomez, & Paez, 2008)

2.2.4. Polvo de Neumático

Son aquellos que presentan diferentes métodos o técnicas de tecnologías del aumento de polvo de neumáticos durante la mezcla asfáltica, sin embargo, se presentan algunas ventajas que son particulares para varias situaciones, entre estas ventajas, se detalla el mejoramiento en la resistencia a las alteraciones plásticas.

Los términos en general llegan a mencionarse que mientras exista más caucho se aumenta, es decir es máximo el contenido del ligante en la mezcla asfáltica, es máxima la resistencia a la fatiga y a la reflexión de aberturas. (Fajardo Cachay & Vergaray Huaman, 2014, pág. 65)

2.2.4.1. Principales beneficios

Los principales beneficios se tienen aplicando el asfalto – caucho como el ligante a través de la vía húmeda, por lo que la disminución de la susceptibilidad térmica, también de la mejora del comportamiento de la fatiga y al envejecimiento a causa de los elevados contenidos de ligante asfalto – caucho que se encuentra en el rango de 6.5 y 7.5% en relación a los áridos, sin que afecte a la resistencia a las alteraciones plásticas, por lo que se menciona que al aplicar caucho como modificador de ligante, se incrementa la viscosidad, por lo que esto considera

la máxima flexibilidad a pocas temperaturas y excelente equilibrio a elevadas temperaturas.

2.2.4.2. Desventajas

En las desventajas del método por vía húmeda, presenta un elevado costo, esto a causa de que es fundamental aumentar a los equipos necesarios para el proceso de la producción y de la mezcla del ligante con el caucho, por otra parte, el incremento de la viscosidad presenta inconvenientes en el uso, por lo que es necesario obtener máximas o mayores temperaturas de mezclado y compacidad.

Aunque en el proceso por vía seca, la reacción entre el caucho y el cemento asfáltico es mejor que para el ligante asfalto – caucho obtenido por la vía húmeda, si se encuentra la temperatura y tiempo de digestión adecuada, obtendrán propiedades similares en ambas mezclas.

2.2.4.3. Uso

De acuerdo a la literatura, la aplicación de estos fragmentos con gran espesor de caucho como un árido en la mezcla asfáltica llega a presentar mejor debido a su desempeño, estos fragmentos o partículas de caucho que sobran son exhibidas en las superficies del pavimento por lo que presentan una función fundamental al dificultar que los neumáticos de los autos se desplacen por el pavimento, al ofrecen un gran agarre, y las que sobran en el interior del cuerpo de la mezcla, ayudan a que se retrase el fisuramiento de esta. (Fajardo Cachay & Vergaray Huaman, 2014, pág. 66)

Tabla 3. *Propiedades físicas del concreto.*

PROPIEDADES
Masa específicas (g/cm ²)
Superficie específica, Blaine (cm ² / g)

Fuente: MTC-2017

2.3. Definición de términos

- a. **Adherencia:** Es cuando el material a juntarse va realizando una sola capa solida por lo que permite la mezcla de los áridos pétreos con el agua y la emulsión asfáltica formando una mezcla asfáltica en frio. (Méndez Pinilla, 2018, pág. 125)
- b. **Adhesividad:** También nombra como la resistencia al desplazamiento o a la división del ligante en la que está en relación con los áridos según las especificaciones de los agentes en el exterior. (Montejo Fonseca, 2018, pág. 45)
- c. **Agregados pétreos de gradación cerrada:** Son aquellos áridos que homogéneamente son proporcionados y divididos desde una dimensión máxima hasta el polvo mineral. (Castañeda Siete, Escobar Aguilar, & Lopez Lemus, 2011, pág. 87)
- d. **Asfalto modificado:** Es la presentación de una resistencia a fluir respecto al convencional en todos los porcentajes modificados. (Daniella Rodríguez Urrego1, 2015)
- e. **Cemento asfáltico:** Conocido como aquel ligante que en la temperatura se llega a encontrar como semisólido, de una consistencia viscosa y de un color que varía por lo que pueden ser negro u oscuro, debido a que al obtener es del crudo petróleo por el procedimiento de destilación. (Mendez Pinilla, 2018, pág. 148)
- f. **Cohesividad:** Es aquella propiedad en la que describe la resistencia a la rotura de un ligante debido a que en el caso de las emulsiones es inicialmente bajo la cual va aumentando en relación a la perdida de agua ya que en un tiempo breve tiende a poder alcanzar un cemento asfaltico base. (Paredes Matta, 2009, pág. 166)
- g. **Deformación elástica crítica:** Es la deformación horizontal por lo que la tensión de las fibras interiores en las capas asfálticas y la deformación vertical por la compresión sus valores son excedidos produciendo agrietamientos. (Montejo Fonseca, 2018, pág. 195)
- h. **Mezcla asfáltica:** Reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato dado por una mezcla. (Martínez Macedo, 2017, pág. 1).

- i. **Polvo de neumático:** Son mayormente aplicados en vía seca al igual que en la húmeda, por lo que su combinación con betún asfáltico, ofrece nuevos usos. (Mueras Puente, 2019, pág. 29)
- j. **Propiedad reológica:** Son aquellas características reológicas que describen el comportamiento de los fluidos sujetos a carga mecánica. La estructura sólida, al presentar una manera definida, por lo que está subyugada a carga que se deforma y se tensiona. (Martínez Macedo, 2017, pág. 18)
- k. **Vehículo:** Es aquel aparato capaz de moverse, que sirve para transportar personas o mercancías y que se encuentra comprendido dentro de la clasificación vehicular del Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 22)
- l. **Vía:** Camino o calle, que comprende la plataforma y sus obras complementarias. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 23)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La reología del betún asfáltico varía con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

2.4.2. Hipótesis específica

- a) El adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicos se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.
- b) La recuperación elástica por torsión se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.
- c) La penetración de cemento asfáltico se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

a) Variable independiente (X)

Polvo de neumático

Según (Bonifacio Vergara & Sánchez Bernilla, 2015) menciona que el polvo neumático se obtiene de los vehículos desperdiciados, sin ocasionar que llenen el vacío en los vertedores, o que lleguen a ser reciclados como combustibles que se origina de las plantas energéticas o de gomas.

b) Variable dependiente (Y)

Propiedades físicas-químicas de un ligante modificado

Según (Bonifacio Vergara & Sánchez Bernilla, 2015) menciona que estas propiedades físicas – químicas propone la aplicación de diferentes tipos de ligante asfáltico, que se originan de distintas refinerías, en las que se elabora mezclas de distintitos tipos de concreto.

2.5.2. Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X)

Polvo neumático

Las cenizas volantes se operacionalizan mediante sus dimensiones:

- ✓ D1: Dosificación
- ✓ D2: Densidad

A su vez cada una de las dimensiones se desglosa en indicadores.

b) Variable Dependiente (Y)

Propiedades físico-químicas de un ligante modificado

Las propiedades físico-químicas se operacionalizan mediante sus dimensiones:

- ✓ D1: Adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas

- ✓ D2: Recuperación elástica por torsión
- ✓ D3: Penetración de cemento asfáltico

A su vez cada una de estas dimensiones se desglosa en indicadores.

2.5.3. Operacionalización de variables

***Tabla 4.** Operacionalización de variables.*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1. Variable Independiente Polvo neumático	Según (Bonifacio Vergara & Sánchez Bernilla, 2015) menciona que el polvo neumático se obtiene de los vehículos desperdiciados, sin ocasionar que llenen el vacío en los vertedores, o que lleguen a ser reciclados como combustibles que se origina de las plantas energéticas o de gomas.	La variable V1 “Polvo de neumático” se operacionaliza mediante sus dimensiones ✓ D1: Gradación ✓ D2: dosificación ✓ D3: Densidad. A su vez cada una de las dimensiones se desglosa en un indicador.	Dosificación	Porcentaje	MTC E220		X			
			Densidad	Peso específico	MTC E206		X			
2. Variable Dependiente Propiedades físico-químicas	Según (Bonifacio Vergara & Sánchez Bernilla, 2015) menciona que estas propiedades físicas – químicas propone la aplicación de diferentes tipos de ligante asfáltico, que se originan de distintas refineras, en las que se elabora mezclas de distintitos tipos de concreto. el uso de tres tipos diferentes de ligante asfáltico, procedentes de diferentes refineras, con los que se prepararon tres mezclas diferentes de hormigón.	La variable V2 “Propiedades físico - químicas” se operacionaliza mediante sus dimensiones: ✓D1: Viscosidad ✓D2: Resistencia a la tracción ✓D3: Penetración de cemento asfáltico. A su vez cada una de las dimensiones se desglosa en un indicador.	Adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas	Viscosidad rotacional brookfield	MPa s.		X			
			Recuperación elástica por torsión	Porcentaje de Angulo recuperado	Centímetros		X			
			Penetración de cemento asfáltico	Medida de consistencia	Porcentaje		X			

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

Según (Rodríguez Deantonio, 2020), “es el procedimiento que se sigue para contestarlas preguntas de investigación que surgen sobre diversos fenómenos que se presentan en la naturaleza y sobre los problemas que afectan a la sociedad.” (pág. 13)

La presente tesis buscará medir el efecto de las propiedades físico-químicas de un ligante modificado, incorporación del polvo de neumático, por tanto, se empezará la investigación partiendo de la observación directa de las propiedades de este material.

Según estas consideraciones, en la presente investigación fue de ***método científico***.

3.2. Tipo de investigación

Según (Baena Paz, 2017), este tipo de investigación busca que el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas. (pág. 67)

Está presente tesis, previamente debe realizar una investigación básica para conocer mejor el polvo de neumático y posteriormente se realizará la investigación aplicada para desarrollar y aprobar su uso.

Según estas consideraciones, la presente investigación fue de ***tipo aplicada***.

3.3. Nivel de la investigación

Según (Baena Paz, 2017), considera que el Nivel de Investigación Explicativo “tiene como propósito buscar las relaciones de causa y efecto entre las variables del objeto de estudio. En este estudio el investigador no manipula las variables. En algunas investigaciones se determinará la correlación de las variables sin encontrar causalidad, aunque desde el punto de vista sistémico, existe relación entre las variables que integran un objeto o sistema” (pág. 90)

En la investigación se pretende dar a conocer los efectos de la incorporación del polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

El estudio por el nivel de profundidad fue **nivel explicativo**.

3.4. Diseño de la investigación

Según (Sierra Bravo, 2014) menciona que en la tesis es necesario controlar las variables, por lo que es fundamental desarrollar o elaborar un diseño experimental, por lo que los diseños experimentales en la información son usados para organizar los resultados desde la reproducción de las características del objeto de estudio en un modelo de prototipo” (pág. 94)

En la tesis evaluaremos las propiedades físico-químicas de un ligante modificado con la incorporación del polvo de neumático mediante ensayos de laboratorio.

Según el análisis, el diseño que se empleará en la presente investigación fue **diseño experimental**.

Tabla 5. Diseño experimental

Grupo	Asignación	Observaciones Antes	Tratamiento	Observaciones después
E	No azar	O1	X1	O2
E : Experimental		X ₁ : Variable Independiente		

Donde:

O: Una medición a los sujetos de un grupo (pre prueba previa al tratamiento, post prueba posterior a la incorporación).

O₁: Medida previa al tratamiento.

O₂: Medida posterior al tratamiento.

X: Proceso, estímulo o condición experimental.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

De acuerdo con (Condori Ojeda, 2020), la población es el “conjunto finito o infinito de elementos, seres o cosas, que tienen atributos o características comunes, susceptibles de ser observados”. (pág. 3)

La población está compuesta por 10 ensayos con diferentes dosificaciones.

3.5.2. Muestra

Según (Otzen & Manterola, 2017), la muestra “es una parte o fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población”. (pág. 228)

La muestra es según al método no probabilístico intencional, en esta situación respecta a diferentes dosificaciones.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Según (Ñaupas Paitán, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018), es la obtención de resultados que considera almacenar y sistematizar la investigación sobre el hecho que presenta relación con el problema de la investigación.

La observación presenta la ventaja de tener facilidad a la recolección de datos; sin embargo, esto presenta la desventaja de que los resultados se nombren solo en un semblante del fenómeno observado. En esta técnica fundamentalmente es para recolectar datos referentes al comportamiento de un fenómeno en un tiempo presente y nos permite recoger información sobre los antecedentes del comportamiento observado.

3.7. Procesamiento de la información

Como menciona (Giraldo Huertas, 2016), manifiesta que: El proceso de la investigación presenta obtener resultados que tenga la facilidad al investigador sobre la evaluación de la investigación de acuerdo a los objetivos, hipótesis y algunas preguntas de la información.

Para la evaluación de los resultados se aplicará la siguiente técnica de información: Se realizará cuadros y figuras estadísticas. Las figuras y cuadros sirven para presentar en forma ordenada la evaluación de las variables. Se utilizarán los siguientes softwares spss - 23, Excel, que permitirán pasar datos obtenidos con los instrumentos de recolección.

Los ensayos a realizar de la siguiente tesis investigada son:

3.7.1. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos - MTC E 204

3.7.1.1. Referencia normativa

- NTP 400.012: Granulometría del agregado fino, grueso y global

3.7.1.2. Materiales y equipos

3.7.1.2.1. Equipos

- Balanzas
- Agregado fino y grueso
- Estufa

3.7.1.2.2. Materiales

- Tamices

3.7.1.3. Procedimiento

- Escoger la serie de tamices de dimensiones correctas para poder realizar con las delimitaciones de la muestra a usarla, además colocar los tamices de manera descendente, de

acuerdo a la dimensión de abertura, y ubicar el material por el tamiz superior. Determinar el tamizado de manera natural o a través del tamizador mecánico, a lo largo del tiempo correcto.

- La cantidad de la muestra debe limitarse en el tamiz correcto, de tal manera que todos los desechos o partículas lleguen a tener la forma de llegar a las aberturas del tamiz muchas veces a lo largo del proceso del tamizado.
- La porción que queda en los tamices que son menores a 4.75 mm cuando se complete el proceso del tamizado, por lo que debe ser menor de 7 kg/m² de un área tamizada. Para los tamices de 4.75 mm, la porción que se retiene en kg por el área tamizada será mínima al producto de 2.5 c abertura del tamiz.
- No deja u ocasionar que la sobrecarga del material por encima del tamiz individual se ubica el tamiz que se le adiciona con la abertura entre el tamiz que va a llegar a ser sobrecargado y el tamiz de manera rápida será superior en la colocación de los tamices, dividiendo el material en 2 o más porciones.
- A continuación el tamizado por un tiempo exacto, se basa en que de tal manera no sea mayor al 1% de la porción del peso retenido en cada tamiz; sostener de manera individual cada tamiz con su tapa y un fondo ajustado, golpear el filo del tamiz, con el desplazamiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, que presenta relación de 150 veces por min, girando el tamiz con un aproximado de 1/6 de vuelta en el rango de 25 golpes, se tiene en cuenta la satisfacción al tamiz para dimensiones máximas al tamiz de 4.75 mm.
- En la mezcla de áridos gruesos y finos, la cantidad del material más fino que el tamiz N° 4 llega a dividirse entre 2 o más tamices particulares.

- Para los fragmentos que pasan de 3", el tamizado se llega a realizar a mano, calculando la grieta del tamiz lo más mínimo por el que pasa la partícula. Se inicia la prueba con el tamiz de la mínima abertura a ser aplicado, se gira las partículas que es fundamental, llegando a calcular si pasan mediante el tamiz.
- Calcular el peso del material que se retiene en el tamiz, y en una balanza realizar el peso cumplido con la norma. El peso de la muestra luego del tamizado, tiene que ser comprobado con el peso original del material a prueba, si las porciones varían más del 0.3% del peso seco original del material, los valores obtenidos no serán aplicados ni aceptados.
- En el material que se ensaya por el método mencionado en MTC E 202, se le agrega el peso de la muestra más el fino que la malla N^a 200 calculando por el método del tamizado seco.

3.7.2. Viscosidad Saybolt furol de asfaltos líquidos - MTC E 309

3.7.2.1. Referencias normativas

- ASTM D 88 2007: "Standard Test Method for Saybolt Viscosity"

3.7.2.2. Equipos

- Viscosímetro Saybolt
- Baño
- Un tubo en forma de pipeta
- Un soporte para termómetro
- Un termómetro para el viscosímetro Saybolt
- Termómetro para el baño
- Embudo con filtro
- Frasco receptor
- Cronómetro graduado en décimas

3.7.2.3. Procedimiento

- Se obtiene y se controla la temperatura del baño para que sea la elegida para la prueba 6.1.1. que describe las temperaturas normales de la prueba para la medición de viscosidades Saybolt Universal que son a 21.1;37.8;54.4 y 98.9 °C. La 6.1.2. que describe las temperaturas de ensayo para la medición de viscosidades Saybolt Furol que son 25.0; 37.8; 50.0 y 98.9 °C y la 6.1.3. Describe las diferentes temperaturas de prueba que se utilizan son 60.0 y 82.2 °C.
- Luego se inserta un tapón de corcho, que detalle una cuerda juntada para moverlo con facilidad, en el interior de la cámara de aire en el fondo del viscosímetro. El corcho logrará acoplar con suficiencia, para no ocasionar el vacío del aire, por lo que se comprueba la falta de aceite por encima del corcho cuando éste se saca después de un tiempo.
- Después se escoge la temperatura adecuada para la prueba sobre la temperatura ambiente, donde la prueba se llega a acelerar poniendo en caliente la prueba en la vasija, no pasando el 1.7°C sobre la temperatura de la prueba.
- Agítese bien la muestra y tamícese a través del embudo filtrador con malla de alambre de 150 mm (Nº 100), forzándola a caer directamente dentro del viscosímetro, hasta que el nivel quede por encima del borde de rebose.
- En los asfaltos líquidos que se aplican para las carreteras y que presenten compuestos que presentan elevada volatilidad, al igual que los del curado que son rápido y medios.
- Una vez realizado se coloca de forma rápida la punta de la pipeta extractora en el interior de la galería, y se utiliza la succión para sacar la muestra, llegando al nivel de la galería, no se toca el borde del rebose con la pipeta; donde

la altura presenta carga efectiva del material que llega a disminuirse.

- Finalmente se asegura el recipiente que recibe, para hallar la colocación correcta; se jala el corcho del viscosímetro aplicando el cordel que llega a ser unido, se coloca inmediatamente a el uso del cronómetro y se detiene al momento en que el fondo del menisco de la muestra llegue a la marca de graduación en el recipiente.

3.7.3. Peso específico y absorción de agregados gruesos -MTC E 206

3.7.3.1. Referencias normativas

- NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso

3.7.3.2. Materiales y equipos

- Báscula
- Cesta con malla de alambre
- Depósito de agua
- Tamices
- Horno

3.7.3.3. Procedimiento

- Primero se realiza el secado a pesos estable, a una T^a de 110°C , por lo que se airea en la zona fresca a T^0 ambiente en un rango de 1 a 3 h para los materiales de prueba de dimensiones máximas nominales de 37.5 mm o mayores para dimensiones más extensas llegando a que el árido se llegue a enfriar a una T^a que sea la correcta al tacto.
- Segundo se llega a los resultados mínimos de peso específico y la absorción que son aplicadas en distribuciones de mezclas de concreto en la que los áridos que son aplicados en la condición natural de humedad.
- Mover el material del agua y vaciarla por un paño absorbente, llegando desaparecer toda la película del agua aun cuando la zona de terreno de los fragmentos sea

húmeda, una vez secada en partículas se llega a no ocasionar la evaporación en el proceso de la operación del secado del área.

- Luego de ser pesado, se ubica de forma rápida el material saturado en el área que se seca de alambre y se calcula su peso en agua a una T° de $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$, densidad $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$. Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge.
- Finalmente se seca la muestra hasta el peso estable, a una T° de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, dejando enfriar la T^{a} ambiente durante 1 a 3 horas llegando a que el árido se enfríe a una T° que sea cómoda a la mano y se pasa.

3.7.4. Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (procedimiento riedel-weber) - MTC E 220

3.7.4.1. Referencias normativas

- NLT - 355: Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Procedimiento Riedel Weber)

3.7.4.2. Materiales y equipos

- Balanza
- Estufa
- Tubos de ensayo
- Material auxiliar y general de laboratorio
- Radiactivos

3.7.4.3. Procedimiento

- Primero se realiza el tamizado a los 200g del árido fino, que se obtiene en lo anterior a través del cuarteo, por los tamices $N^{\circ}30$ Y $N^{\circ}70$, en la que los residuos de la muestra que pasa de la malla $N^{\circ}70$ y se retiene en la malla $N^{\circ}30$, donde la muestra se retiene entre los tamices que corresponde a al material de prueba.

- Las porciones de la muestra se obtienen cuando se realiza el lavado del tamiz N^o70, con agua para desechar con totalidad el polvo que se llega a juntar a las partículas del árido, realizando el lavado del material para la prueba, se seca en el horno a temperaturas de 145°C +/- 5°C al largo del tiempo que respecta a 1h.
- Elaboración de la mezcla árido-ligante.
 - El ligante bituminoso aplicarse en la prueba del betún asfáltico de penetración, se fluidifica la mezcla árida – ligante que se desarrolla realizando la combinación de 71 volúmenes del árido seco con los 29 volúmenes del ligante.
 - Para el ligante bituminoso a usarse en la prueba es aquella emulsión bituminosa, donde la mezcla árido – ligante se evalúa realizando la mezcla de 71 volúmenes del árido que se seca con 95 volúmenes de emulsión al 50%.
 - Las temperaturas de mezcla son las siguientes (orientativo)
 - Se realiza la mezcla de los áridos y el ligante, en donde las porciones descritas a temperatura adecuada en un caso de porcelana, calentando a una T^o análoga de la mezcla, se mueve la muestra con la varilla hasta llegar a obtener una masa y se envuelve uniformemente, ya elaborada la muestra se debe dejar que se enfríe a temperatura ambiente, no se tapa el cazo a 1h, donde la situación de la emulsión asfáltica pase por la hora.
- Proceso de ensayo
 - En la mezcla o combinación, elaborada como se muestra en los numerales 6.3.2 al 6.3.4, se pesan en la balanza once (11) porciones de unos 0,50 g de la misma con una precisión de 0,01 g. 6

- En las cantidades de la mezcla se incrementa a cada uno tubos de prueba de ensayo que se enumeran del 0 al 10.
- Seguidamente, en la prueba el tubo marca en 0 obre los 0.5 g de mezcla con 6cm³ de agua destilada y se señala en el tubo al nivel que llegue el área suelta de agua, se ajusta el tubo de prueba con la pinza de madera y se llega a calentar de manera cuidadosa para no ocasionar proyecciones.
- A continuación, en la observación del aspecto que presenta la mezcla árida – ligante en el interior del tubo de la prueba con los siguientes factores:
 - a) El arqueo que se encuentra al ligante y el árido se examina con totalidad cuando prácticamente muchas de las partículas del árido se encuentran limpias; tal es el caso donde las partículas se encuentran libres y se hace rodar entre los dedos del tubo de la prueba, se desplazan libremente por la zona del mismo.

3.8. Técnicas y análisis de datos

En primer lugar, las técnicas de análisis de datos correspondieron al análisis univariado. Es decir: el rango, promedio y la desviación estándar de las propiedades físico – químicas de un ligante modificado (adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas, recuperación elástica por torsión y penetración de cemento asfáltico) y del polvo de neumático (dosificación y densidad); de la misma manera, se procedió al análisis bivariado donde se utilizó tablas cruzadas y las propiedades del ligante modificado.

Asimismo, se recolectará datos utilizando estandarizados y aceptados por una comunidad científica, y estos analizados por métodos estadísticos utilizando tablas estadísticas en Excel y al final de todo se pretende confirmar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos. También para la determinación de la prueba estadística a considerar en la prueba de hipótesis, para ello se obtuvo la normalidad de los

datos de acuerdo al estadístico Shapiro-Wilk, por ser el tamaño de la muestra menor a 30, donde se denota que el nivel de significancia en algunos casos es menor a 0.05 y en otros es mayor a 0.05, tanto para la recuperación elástica del cemento asfáltico y la penetración del cemento asfáltico, por lo tanto, los datos presentan una distribución no normal y por ende es emplea la prueba de Kruskal-Wallis, estadístico para la prueba de hipótesis que corresponde para datos no paramétricos.

Tabla 6. Normalidad de los datos obtenidos.

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas	Convencional	0.989	3.00	0.977
	1% de polvo neumático	0.975	3.00	0.906
	3% de polvo neumático	0.901	3.00	0.418
	5% de polvo neumático	0.915	3.00	0.498
	7% de polvo neumático	0.966	3.00	0.850
Recuperación elástica del cemento asfáltico	Convencional	0.999	3.00	0.952
	1% de polvo neumático	0.881	3.00	0.328
	3% de polvo neumático	0.963	3.00	0.630
	5% de polvo neumático	0.955	3.00	0.593
	7% de polvo neumático	0.750	3.00	0.000
Penetración del cemento asfáltico	Convencional	0.836	3.00	0.204
	1% de polvo neumático	0.920	3.00	0.454
	3% de polvo neumático	0.955	3.00	0.590
	5% de polvo neumático	0.982	3.00	0.744
	7% de polvo neumático	0.926	3.00	0.475

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis

4.2. Objetivo específico

Evaluar el adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

4.2.1. Evaluación de la viscosidad cinética del asfalto

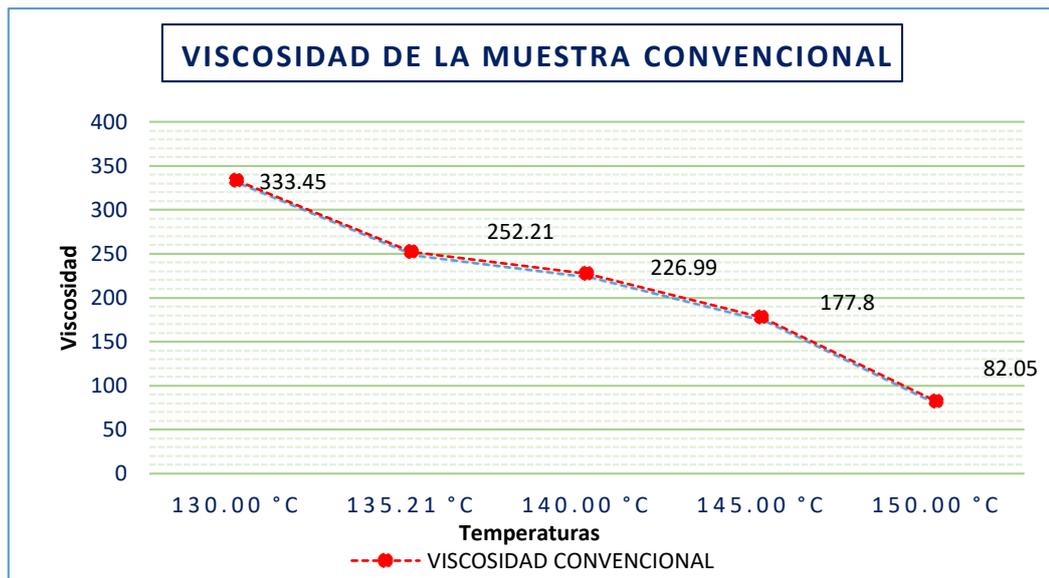
Esta medición se realiza entre las temperaturas de los 60°C hasta los 200°C Se evalúa con el fin de conocer la viscosidad del asfalto como uno de los parámetros principales cuando se requiere medir el comportamiento del mismo con el fin de identificar hasta donde llega la resistencia. Para lo cual se ubica la Proción del material de asfalto en la vasija a T^a estable en la cual es sumergido un vástago cilíndrico que rota a una velocidad constante con el fin de determinar la viscosidad aparente del asfalto a las temperaturas de aplicación, por lo que se logra determinar la viscosidad del asfalto a las diferentes temperaturas de uso obteniendo características de fluidez de cemento asfáltico para proveer alguna garantía de que este puede ser bombeado y fácilmente manejable.

Tabla 7: Resultados de viscosidad del asfalto muestra convencional

TEMPERATURA	VISCOSIDAD CONVENCIONAL
130.00 °C	333.45
135.21 °C	252.21
140.00 °C	226.99
145.00 °C	177.8
150.00 °C	82.05

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Curva reológica de la viscosidad del asfalto a diferentes temperaturas



Fuente: Elaboración propia

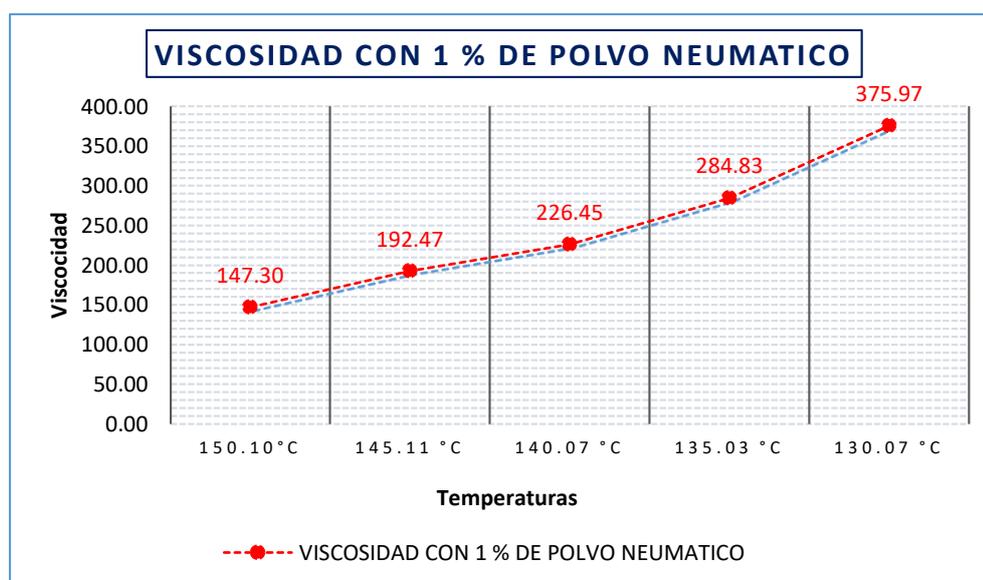
La presente figura representa el ensayo del asfalto en los rangos establecidos por lo que se determina las temperaturas de la trabajabilidad del asfalto, cuyo promedio se obtuvo de 5 temperaturas de lo cual se formaron la curva de viscosidad vs la temperatura como se puede observar a temperatura de 130°C la viscosidad obtenido es 333.45 st, a temperatura de 135.21°C la viscosidad obtenido es 252.46 st, a temperatura de 140°C la viscosidad obtenido es 226.99 st, a temperatura de 145°C la viscosidad obtenido es 177.8 st, a temperatura de 150°C la viscosidad obtenido es 82.05 st, finalmente podemos afirmar que a mayor temperatura la viscosidad es menor.

Tabla 8: Resultados de viscosidad del asfalto con 1% de polvo neumático

TEMPERATURA	VISCOSIDAD CON 1 % DE POLVO NEUMATICO
150.10°C	147.30
145.11 °C	192.47
140.07 °C	226.45
135.03 °C	284.83
130.07 °C	375.97

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 1% de polvo neumático



Fuente: Elaboración propia

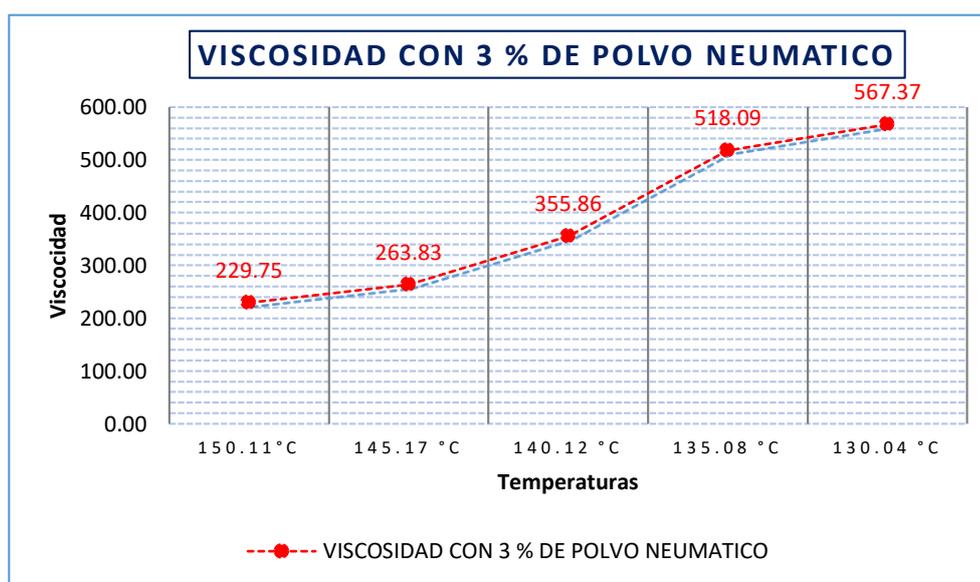
La presente figura representa el ensayo del asfalto en los rangos establecidos por lo que se determina las temperaturas de la trabajabilidad del asfalto, cuyo promedio se obtuvo de 5 temperaturas de lo cual se formaron la curva de viscosidad vs la temperatura como se puede observar a temperatura de 150.10°C la viscosidad obtenido es 147.30 st, a temperatura de 145.11°C la viscosidad obtenido es 192.47 st, a temperatura de 140.07°C la viscosidad obtenido es 226.45 st, a temperatura de 135.03°C la viscosidad obtenido es 284.83 st, a temperatura de 130.07°C la viscosidad obtenido es 375.97 st, finalmente podemos afirmar que con el 1% de polvo neumático a máxima T^a de la viscosidad del asfalto es mayor.

Tabla 9: Resultados de viscosidad del asfalto con 3% de polvo neumático

TEMPERATURA	VISCOSIDAD CON 3 % DE POLVO NEUMATICO
150.11°C	229.75
145.17 °C	263.83
140.12 °C	355.86
135.08 °C	518.09
130.04 °C	567.37

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 3% de polvo neumático



Fuente: Elaboración propia

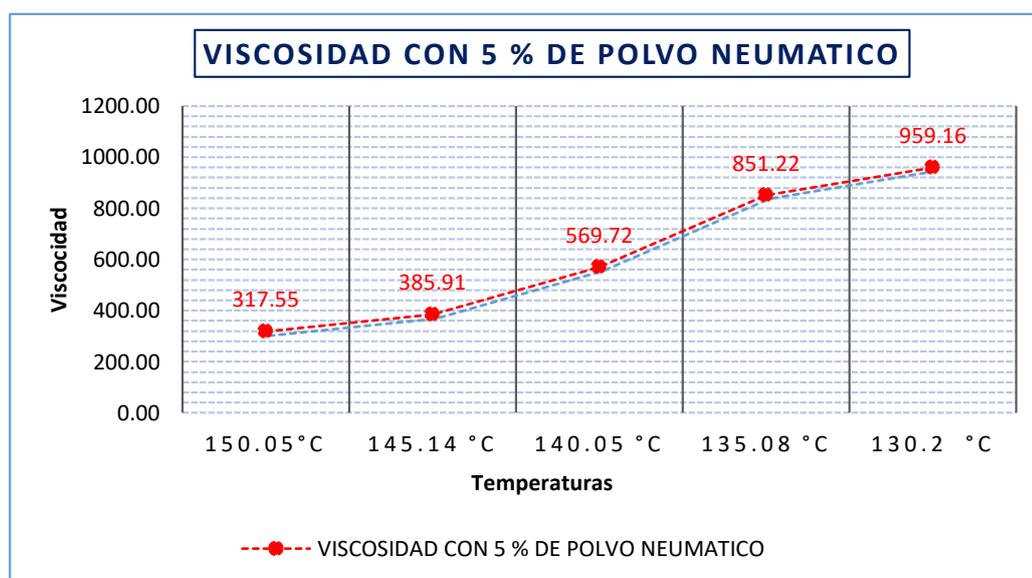
La presente figura representa el ensayo del asfalto en los rangos establecidos por lo que se determina las temperaturas de la trabajabilidad del asfalto, cuyo promedio se obtuvo de 5 temperaturas de lo cual se formaron la curva de viscosidad vs la temperatura como se puede observar a temperatura de 150.11°C la viscosidad obtenido es 229.75 st, a temperatura de 145.17°C la viscosidad obtenido es 263.83 st, a temperatura de 140.12°C la viscosidad obtenido es 355.86 st, a temperatura de 135.08°C la viscosidad obtenido es 518.09 st, a temperatura de 130.04°C la viscosidad obtenido es 567.37 st, finalmente podemos afirmar que con el 3% de polvo neumático a máxima temperatura de la viscosidad del asfalto es mayor.

Tabla 10: Resultados de viscosidad del asfalto con 5% de polvo neumático

TEMPERATURA	VISCOSIDAD CON 5 % DE POLVO NEUMATICO
150.05°C	317.55
145.14 °C	385.91
140.05 °C	569.72
135.08 °C	851.22
130.2 °C	959.16

Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 5% de polvo neumático



Fuente: Elaboración propia

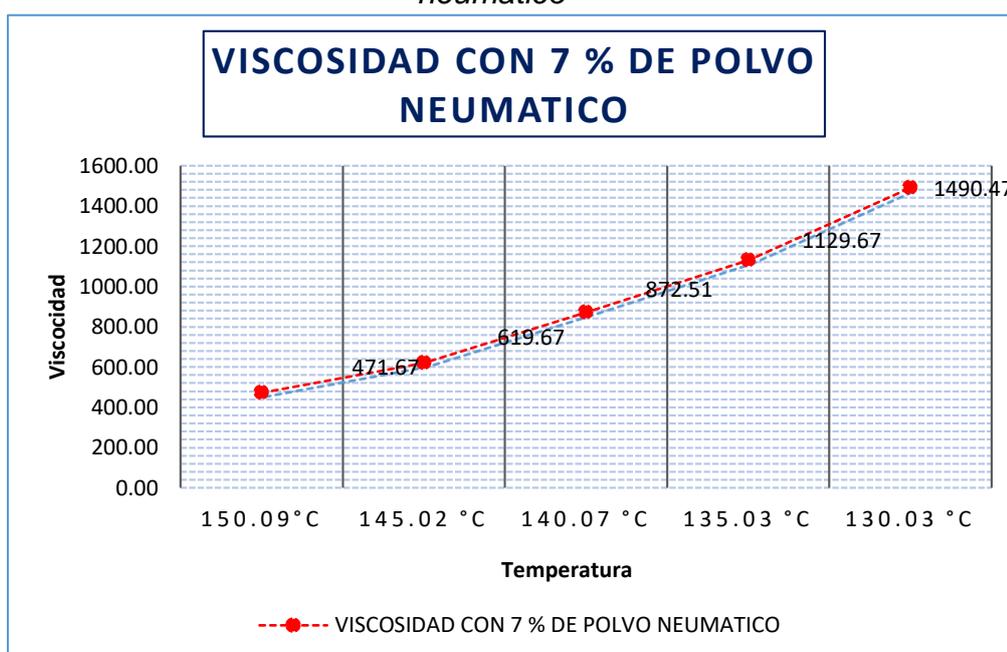
La presente figura representa el ensayo del asfalto en los rangos establecidos por lo que se determina las temperaturas de la trabajabilidad del asfalto, cuyo promedio se obtuvo de 5 temperaturas de lo cual se formaron la curva de viscosidad vs la temperatura como se puede observar a temperatura de 150.05°C la viscosidad obtenido es 317.55 st, a temperatura de 145.14°C la viscosidad obtenido es 385.91 st, a temperatura de 140.05°C la viscosidad obtenido es 569.72 st, a temperatura de 135.08°C la viscosidad obtenido es 551.22 st, a temperatura de 130.20°C la viscosidad obtenido es 959.16 st, finalmente podemos afirmar que con el 5% de polvo neumático a mayor temperatura la viscosidad del asfalto es mayor.

Tabla 11: Resultados de viscosidad del asfalto con 7% de polvo neumático

TEMPERATURA	VISCOSIDAD CON 7 % DE POLVO NEUMATICO
150.09°C	471.67
145.02 °C	619.67
140.07 °C	872.51
135.03 °C	1129.67
130.03 °C	1490.47

Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Curva reológica de la viscosidad del asfalto con 7% de polvo neumático



Fuente: Elaboración propia

La presente figura representa el ensayo del asfalto en los rangos establecidos por lo que se determina las temperaturas de la trabajabilidad del asfalto, cuyo promedio se obtuvo de 5 temperaturas de lo cual se formaron la curva de viscosidad vs la temperatura como se puede observar a temperatura de 150.09°C la viscosidad obtenido es 471.67 st, a temperatura de 145.02°C la viscosidad obtenido es 619.67 st, a temperatura de 140.07°C la viscosidad obtenido es 872.51 st, a temperatura de 135.03°C la viscosidad obtenido es 1129.67 st, a temperatura de 130.03°C la viscosidad obtenido es 1490.47 st, finalmente podemos afirmar que con el 7% de polvo neumático a mayor temperatura la viscosidad la viscosidad del asfalto es mayor.

4.3. Segundo objetivo específico

Calcular la variación de la recuperación elástica por torsión en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado.

4.3.1. Evaluación de recuperación elástica por torsión

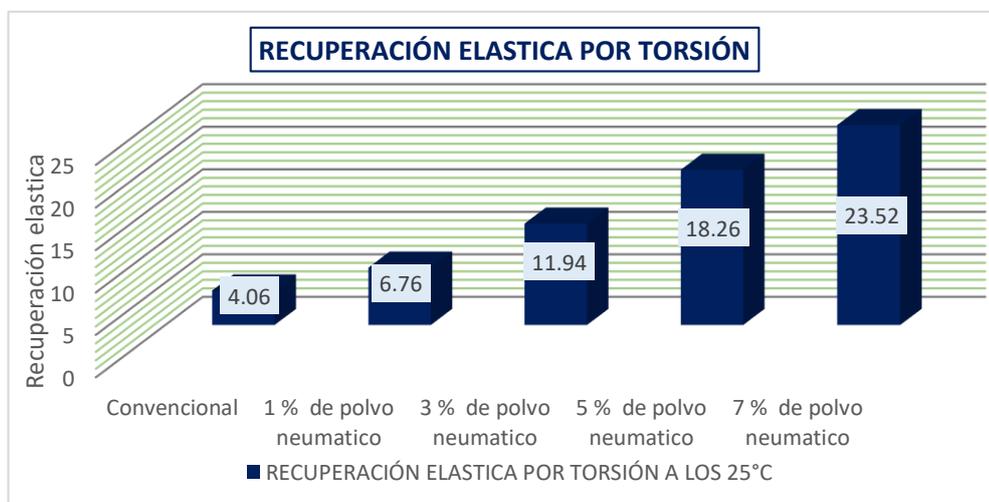
Para evaluar la recuperación elástica, primeramente, se realizó el calentamiento del cemento asfáltico hasta que esté totalmente fluida como para poder ser vertida en los moldes. Después un cilindro de tamaños especificadas se hunde en el material del ligante bituminosos cambiado, a través de un aparato de torsión que se mueve en el cilindro 180° se calcula después de 30 minutos, el ángulo recuperado por el cilindro.

Tabla 12: Resultados de recuperación elástica por torsión del cemento asfáltico

BETUN ASFALTICO	RECUPERACIÓN ELASTICA POR TORSIÓN A LOS 25°C	% DE VARIACIÓN
Convencional	4.06	0.00
1 % de polvo neumático	6.76	0.67
3 % de polvo neumático	11.94	1.94
5 % de polvo neumático	18.26	3.50
7 % de polvo neumático	23.52	4.79

Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Recuperación elástica por torsión del cemento asfáltico



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se observa que el cemento asfáltico sin polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 4.06%, con 1% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 6.76%, con un porcentaje de variación de 0.67%, con 3% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 11.94%, con un porcentaje de variación de 1.94%, con 5% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 18.26%, con un porcentaje de variación de 3.50%, con 7% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 23.52%, con un porcentaje de variación de 4.79%, finalmente se afirma que a mayor adición de polvo neumático la recuperación se produce mayor porcentaje en la recuperación elástica del cemento asfáltico.

4.4. Tercer objetivo específico

Determinar la variación de la penetración de cemento asfáltico en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

4.4.1. Determinación de penetración cemento asfáltico

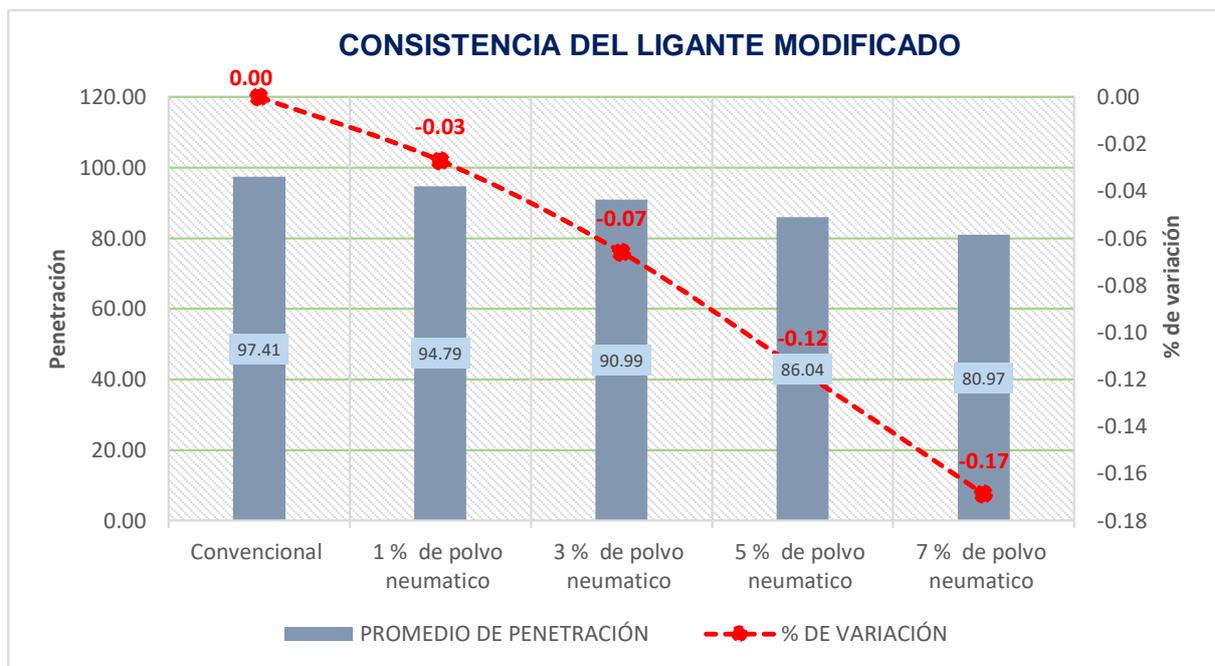
Se determinó con el objetivo de conocer la dureza, mediante penetración de materiales asfálticos por lo que es usado como una medida de consistencia más blanda, mientras que valores bajos de penetración se indican consistencias más duras, cuyo procedimiento consiste en calentar y enfriar pocos parámetros controlados de temperatura. La penetración se mide con un penetrómetro por medio de una aguja normalizada, la que penetra de forma vertical en una muestra de asfalto, bajo condiciones controladas de temperatura, carga tiempo. La unidad de medida es en decimas de milímetros. La capsula con asfalto y el transportador de capsulas deben ser acondicionados en un baño de agua entre 60 min y 90 min. Se debe realizar un mínimo de tres penetraciones en la superficie de la muestra. Las penetraciones tienen que estar distanciados un mínimo de 10 mm de la pared y uno respecto al otro.

Tabla 13: Resultados de consistencia del ligaste asfaltico

BETUN ASFALTICO	MUESTRA M-01	MUESTRA M-02	MUESTRA M-03	PROMEDIO DE PENETRACIÓN	% DE VARIACIÓN
Convencional	98.37	98.07	95.8	97.41	0.00
1 % de polvo neumático	94.6	94.33	95.43	94.79	-0.03
3 % de polvo neumático	90.98	91.53	90.47	90.99	-0.07
5 % de polvo neumático	85.73	86.33	86.06	86.04	-0.12
7 % de polvo neumático	80.5	81.4	81.02	80.97	-0.17

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Consistencia del ligante modificado



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se observa que el cemento asfaltico sin polvo neumático tuvo una consistencia de 97.41mm, con 1% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 94.79%, con un porcentaje de variación de -0.03%, con 3% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 90.99%, con un porcentaje de variación de -0.07%, con 5% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 86.04%, con un porcentaje de variación de -0.12%, con 7% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 80.97%, con un porcentaje de variación de -0.17%, finalmente se afirma que a mayor porcentaje de adición de polvo neumático la consistencia disminuyo.

4.5. Contrastación de hipótesis

4.5.1. Hipótesis específico 1 (prueba del investigador)

El adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística:

Hipótesis Nula Ho: El adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas no se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

$$\mu V_1 = \mu V_{\text{Convencional}}$$

Hipótesis Alterna Ha: El adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

Existe al menos un $i / \mu V_i \neq \mu V_{\text{convencional}}$

Donde μV , es la Viscosidad

Estadístico de Prueba

Dado que la variable respuesta es cuantitativa y existen dos variables independientes llamados factores de tipo categórica ordinal, y lo que se quiere probar es, si los polvos neumáticos modifican los factores en la variable respuesta, por consiguiente, mediante la prueba de normalidad se decide si es una prueba paramétrica o no paramétrica.

Consideraciones de las pruebas:

- Las pruebas de hipótesis se elaborarán para cada diseño
- Para muchas muestras se llegará un resultado de significancia de 0.05 y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido.

Prueba de supuesto de homogeneidad para datos de viscosidad de cemento asfáltico:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos.

Ha: No existen igualdad de varianzas entre los grupos.

Figura 14: Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
viscosidad de cemento asfáltico	Se basa en la media	4,693	4	20	,008
	Se basa en la mediana	3,300	4	20	,031
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,300	4	9,211	,062
	Se basa en la media recortada	4,533	4	20	,009

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores del ensayo de Homogeneidad de varianzas de Levene, que se basa en la media indican que el valor de significancia es de 0.008 es menor a 0.05, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y concluimos con un nivel de significancia del 5% que no si existe igualdad de varianzas entre los diseños.

Una vez probado la homogeneidad y normalidad de los datos, procederemos a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Figura 15: Prueba de Kruskal-Wallis viscosidad del cemento asfáltico.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de viscosidad de cemento asfáltico es la misma entre las categorías de Polvo neumático.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,003	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración propia

Los valores de la prueba de Kruskal-Wallis. Señalan que, con un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor sig. de los datos de la viscosidad del cemento asfáltico es 0.003 al rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna (hipótesis del investigador) se concluye que hay variaciones con mayor significancia en la viscosidad del cemento asfáltico con incorporación de polvo neumático.

4.5.2. Hipótesis específico 2 (prueba del investigador)

La recuperación elástica por torsión se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística:

Hipótesis Nula Ho: La recuperación elástica por torsión no se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

$$\mu Re_1 = \mu Re \text{ Convencional}$$

Hipótesis Alterna Ha: La recuperación elástica por torsión se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.

$$\text{Existe al menos un } i / \mu Re_i \neq \mu Re_{\text{convencional}}$$

Donde μRe , es la recuperación elástica

Estadístico de Prueba

Dado que la variable respuesta es cuantitativa y existen dos variables independientes llamados factores de tipo categórica ordinal, y lo que se quiere probar es, si los polvos neumáticos modifican los factores en la variable respuesta, por consiguiente, mediante la prueba de normalidad se decide si es una prueba paramétrica o no paramétrica.

Consideraciones de las pruebas:

- Las pruebas de hipótesis se realizarán para cada diseño

- Para todas las pruebas se asumirá un valor de significancia de 0.05 y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido.

Prueba del supuesto de Normalidad para datos de recuperación elástica del cemento asfáltico:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Figura 16: Prueba de normalidad de recuperación elástica del cemento asfáltico

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Polvo neumático	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Recuperación elástica	Convencional	,178	3	.	,999	3	,952
	1% de polvo neumático	,321	3	.	,881	3	,328
	3% de polvo neumático	,255	3	.	,963	3	,630
	5% de polvo neumático	,263	3	.	,955	3	,593
	7% de polvo neumático	,385	3	.	,750	3	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Mediante los valores obtenidos de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, no todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y concluimos que los datos no provienen de una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Una vez probado los supuestos de normalidad por lo que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} \leq \alpha$ se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} > \alpha$ no se rechaza Ho se acepta la Ho

Figura 17: Resumen de prueba de hipótesis para la recuperación elástica del concreto

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Recuperación elástica es la misma entre las categorías de Polvo neumático.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,009	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis. Señalan que, con un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor sig. de los datos de la recuperación elástica del cemento asfáltico es 0.009 al rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna (hipótesis del investigador) se concluye que hay variaciones con mayor significancia en la recuperación elástica por torsión del cemento asfáltico con incorporación de polvo de neumático.

4.5.3. Hipótesis específico 3 (prueba del investigador)

La penetración de cemento asfáltico se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físicos-químicas de un ligante modificado.

Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística:

Hipótesis Nula Ho: La penetración de cemento asfáltico no se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físicos-químicas de un ligante modificado.

$$\mu_{Pca1} = \mu_{Pca \text{ Convencional}}$$

Hipótesis Alterna Ha: La penetración de cemento asfáltico se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físicos-químicas de un ligante modificado.

Existe al menos un $i / \mu P_{cai} \neq \mu P_{ca_convencional}$

Donde μP_{ca} , penetración del cemento asfáltico

Estadístico de Prueba

Dado que la variable respuesta es cuantitativa y existen dos variables independientes llamados factores de tipo categórica ordinal, y lo que se quiere probar es, si los polvos neumáticos modifican los factores en la variable respuesta, por consiguiente, mediante la prueba de normalidad se decide si es una prueba paramétrica o no paramétrica.

Consideraciones de las pruebas:

- Las pruebas de hipótesis se desarrollarán para cada diseño
- Para todos los ensayos se tomará el resultado de significancia de 0.05 y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al resultado de significancia asumido.

Prueba del supuesto de Normalidad para datos de penetración del cemento asfáltico (consistencia):

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Figura 18: Prueba de normalidad de penetración del cemento asfáltico

Pruebas de normalidad							
	Polvo neumático	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Penetración del cemento asfáltico	Convencional	,347	3	.	,836	3	,204
	1% de polvo neumático	,294	3	.	,920	3	,454
	3% de polvo neumático	,264	3	.	,955	3	,590
	5% de polvo neumático	,228	3	.	,982	3	,744
	7% de polvo neumático	,290	3	.	,926	3	,475

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Mediante los valores del ensayo de Normalidad de Shapiro Wilk, todos los resultados de significancia son mayores a 0.05, por lo tanto

aceptamos la hipótesis nula y concluimos que los datos provienen de una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Ya verificado los supuestos de normalidad por lo que los datos cumplen con el supuesto de normalidad se aplica la prueba de homogeneidad de varianzas del estadístico Levene.

Prueba de supuesto de homogeneidad para datos de penetración del cemento asfáltico:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos.

Ha: No existen igualdad de varianzas entre los grupos.

Figura 19: Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Penetración del cemento asfáltico	Se basa en la media	4,149	4	10	,031
	Se basa en la mediana	,493	4	10	,742
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,493	4	3,313	,747
	Se basa en la media recortada	3,581	4	10	,046

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los valores obtenidos del ensayo de Homogeneidad de varianzas de Levene, se llega a detallar la media en la que indican que el resultado de significancia es de 0.032 que es mínimo al 0.05, por ello se rechaza la hipótesis nula y se concluye con el nivel de significancia del 5% que no se presenta varianzas iguales entre los diseños.

Ya verificado la homogeneidad y normalidad de los valores, se pasa al ensayo no paramétrico de Kruskal – Wallis.

Figura 20: Prueba de Kruskal-Wallis viscosidad del cemento asfáltico.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Penetración del cemento asfáltico es la misma entre las categorías de Polvo neumático.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,009	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración propia

En los valores de la prueba de Kruskal-Wallis. Señalan que, con un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor sig. de los valores de penetración del cemento asfáltico (consistencia) es 0.009 al rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna del investigador, se concluye que hay variaciones con mayor significancia en la consistencia del cemento asfáltico con incorporación de polvo neumático.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados con antecedentes

- **Objetivo General**

Como resultados de la presente investigación se obtuvo que la incorporación de polvo neumático mejora las propiedades reológicas del cemento asfáltico, cuyos resultados obtenidos en la evaluación de la viscosidad de la muestra convencional a 145°C la viscosidad obtenida es 177.5 st. Mientras que con 1% de polvo neumático la viscosidad se incrementó a 192.47°C asimismo con el 3%, 5%, 7% de polvo neumático se incrementó a 263.83 st, 385.91 st, 619.67 st, asimismo en la recuperación elástica se obtuvo con el 3%, 5%, 7% de polvo neumático presento entre 11.94%, 18.26% y 23.52% de recuperación elástica, finalmente 3%, 5%, 7% de polvo neumático se logró obtener consistencia de 90.99 mm, 86.04mm, 80.97mm.

Al respecto el autor (Maila Paucar, 2017) citado como antecedente internacional en su investigación titulado “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)” afirmo que el polvo neumático presenta mejoramiento en la significancia en el módulo dinámico elástico ya que este se incrementa hasta en un 40% a la mezcla convencional del cemento asfáltico, asimismo el autor (Querol Solà, 2018) en su investigación titulada “Estudio experimental sobre el proceso de diseño, formulación y fabricación en fase inversa de emulsiones concentradas

monomodales y bimodales de betún en agua” mencionó que Para poder ser utilizadas en mezclas, las emulsiones han de tener un contenido de agua muy bajo, o lo que es lo mismo, una concentración de betún residual muy alto.

- **Objetivo Específico 1**

En la evaluación de la viscosidad cinética del cemento asfáltico a diferentes temperaturas a mayor porcentaje de incorporación de polvo neumático mayor es la viscosidad del cemento asfáltico cuyos resultados obtenidos fueron, con el 1% de polvo neumático a temperatura de 130°C la viscosidad obtenido es 375.97 st, con el 3% de polvo neumático a temperatura de 130°C la viscosidad obtenido es 567.37 st, con el 5% de polvo neumático a temperatura de 130°C la viscosidad obtenido es 959.16 st, con el 7% de polvo neumático a temperatura de 130°C la viscosidad obtenido es 1490.47 st, mientras que en las mezcla con sin polvo neumático se obtuvo a mayor temperatura menor viscosidad a los 150°C viscosidad de 82.05 st.

Al respecto el autor (Macedo & Ureta, 2020) citado como antecedente nacional citado como antecedente nacional en su investigación titulada “Influencia del caucho reciclado utilizado como agente modificante en los parámetros de diseño de una mezcla asfáltica” demostraron que obtuvieron “resultados concluyentes, dado a que se cumplió los parámetros Marshall al incorporar 0.5% de caucho a una dosificación de 5.5% de asfalto con una temperatura de 170°C y un tiempo de 2 hrs para su digestión, a su vez, se creó una tabla donde se puede modificar estas variables para cumplir con los parámetros Marshall”, asimismo el autor (Cutti Tello, 2019) citado como antecedente nacional en su investigación titulado “Aceites vegetales para reducción de temperatura de mezcla y su efecto en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas tibias para el diseño de la Av. Leoncio Prado Chilca - Huancayo 2019” demostró que el asfalto con adición de “aceites vegetales comprende un comportamiento viscoso descendente hasta cierto punto específico, ya que a medida que se adiciona más aceites vegetales en su composición desde lo ensayado de un 1.00% va bajando su viscosidad de mezcla y compactado a medida que se va aumentando cada 0.5% en su estructura, hasta el valor de 3.00% de aceite, ya que en este punto la temperatura baja de forma despreciable en comparación”.

- **Objetivo Específico 2**

En la evaluación de la recuperación elástica por torsión del cemento asfáltico como resultado se obtuvo recuperación elástica de 4.06%, con 1% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 6.76%, con un porcentaje de variación de 0.67%, con 3% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 11.94%, con un porcentaje de variación de 1.94%, con 5% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 18.26%, con un porcentaje de variación de 3.50%, con 7% de polvo neumático se obtuvo una recuperación elástica de 23.52%, con un porcentaje de variación de 4.79%. Al respecto el autor, (Segura, Botasso, Raggiotti, Rebollo & Zapata, 2018) citado como antecedente internacional demostraron que los valores mostrados anteriores permiten mencionar que las dispersiones realizadas con asfalto CA-30, se encuentran más cercanas a las especificaciones del BMAVC-1. Este grupo de dispersiones encuadra para la especificación de penetración, en tanto que para el punto de ablandamiento solo dos de ellos alcanzan el valor especificado de 75 °C. Estos son el “CA-30 + 24%” y el “CA-30 + 30 %”. Asimismo, ambos logran la viscosidad que establece para una temperatura de 135 °C y 170 °C, pero se considera que el “CA-30 + 30 %” presenta valores muy superiores a dichas especificación.

- **Objetivo Específico 3**

En la determinación de la penetración del cemento asfáltico con incorporación de polvo neumático se obtuvo como resultados de consistencia de 97.41mm, con 1% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 94.79%, con un porcentaje de variación de -0.03%, con 3% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 90.99%, con un porcentaje de variación de -0.07%, con 5% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 86.04%, con un porcentaje de variación de -0.12%, con 7% de polvo neumático se obtuvo una consistencia de 80.97%, con un porcentaje de variación de -0.17%.

Al respecto los autores (Rodríguez. U, Rodríguez, Ramírez, Flórez, 2017) citado como antecedente internacional en su artículo de investigación demostraron que “para la modificación del 10 p/p el punto de ablandamiento disminuye 3.85 p/p con respecto al asfalto antes del ensayo de RTFO. Para el

modificante del 15% el punto de ablandamiento después del ensayo de RTFO aumenta 1%; con el 20% de modificante el punto vuelve a disminuir frente al asfalto sin oxidar. El punto de ablandamiento más alto del asfalto después del ensayo de RTFO es el del modificante del 15%, el cual al compararlo con el asfalto original sin oxidación incrementa en un 3.65 °C, y con respecto al asfalto convencional con oxidación su aumento es de 3°C. De acuerdo a esto, la modificación con lignina no sobrepasa los límites máximos de incremento por lo que posibilita su uso haciéndolo ideal para climas cálidos” asimismo el autor (Macedo Vilca, 2017) citado como antecedente nacional en su investigación titulada “evaluación de compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (c. leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca–Hualgayoc de la carretera Chongoyape–Cochabamba–Cajamarca” demostró que en las pruebas en laboratorio del cemento asfáltico de penetración PEN 120/150, se llega a interpretar que la resistencia que detalló la mezcla asfáltica mediante todo el análisis se encuentra dentro de los rangos aptos para su empleo en obra, asimismo el cemento asfáltico llegará a ser uniforme, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C.

CONCLUSIONES

1. La presente investigación permite concluir que la que la incorporación de polvo neumático mejora con mayor significancia las propiedades reológicas del betún asfáltico al someter a diferentes temperaturas hasta un 8%.
2. Al evaluar la viscosidad cinética del betún asfáltico se logró una mejora significativa de la viscosidad hasta un 0.70% con 3% de polvo neumático, lo cual el resultado es aceptable con el requerimiento especificado en la normativa vigente.
3. El polvo neumático mejora con mayor significancia la recuperación elástica al incorporar 3% de polvo neumático hasta un porcentaje de 11.94% al comparar con la muestra convencional del betún asfáltico sin incorporación de polvo neumático.
4. Al determinar la penetración del cemento asfáltico se obtuvo una mejora en la consistencia del betún asfáltico hasta un -0.07% con el 3% de polvo neumático y con el 5% de polvo neumático se obtuvo una mejora hasta un -0.12%.

RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones se recomienda evaluar las propiedades reológicas del betún asfáltico con incorporación de polvo neumático en climas fríos y cálidos y así conocer si tienen el mismo desempeño con las mismas dosificaciones.
2. Se recomienda realizar la prueba perdida por desgaste al aplicar el betún asfáltico con 3% de incorporación de polvo neumático debido a que la viscosidad cumple con el requerimiento de calidad para una mezcla asfáltica en caliente.
3. Es recomendable comparar el ángulo de recuperación en una mezcla con polvo neumático y polímeros para saber cuál de los materiales es el que mejora con mayor significancia las propiedades reológicas del betún asfáltico.
4. En base a los resultados obtenidos en esta investigación es recomendable emplear el 3% de polvo neumático para las mezclas asfálticas y evaluar mediante los ensayos Marshall para ver si hay mejora en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Asphalt Institute. (1982). Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. . USA.*
2. *Baena Paz, G. (2017). Metodología de la Investigación.*
3. *Bonifacio Vergara, W. M., & Sánchez Bernilla, J. A. (2015). Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque. Pimentel: Universidad Señor de Sipan.*
4. *Bustamente Romero, I. G. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú. Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería, Lima.*
5. *Castañeda Siete, C. A., Escobar Aguilar, G. A., & Lopez Lemus, L. A. (2011). Aplicación del método Marshall y granulometría superpave en el diseño de mezcla asfáltica templada. Ciudad universitaria: El salvador.*
6. *Cervera Borja, C. A. (2017). Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016. Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingenieria, Cajamarca.*
7. *Condori Ojeda, P. (2020). Universo, población y muestra.*
8. *Daniella Rodríguez Urrego¹, J. A. (2015). Propiedades físicas, reológicas y mecánicas de un cemento asfáltico 80/100 modificado por vía húmeda con adición de corcho.*
9. *Fajardo Cachay, L. E., & Vergaray Huaman, D. A. (2014). Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas. Tesis Pregrado, Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima.*
10. *Fernández Bedoya, V. H. (2020). Tipos de justificación en la metodología de la investigación. Espíritu Emprendedor TES 2020, 12.*
11. *Giraldo Huertas, J. J. (2016). Manual para los seminarios de Investigación en Psicología.*
12. *Gomez Ponce, A. (16 de Abril de 2008). Betunes asfálticos : materiales muy utilizados y poco conocidos. 43.*

13. *González López, V. d. (2017). Reología y procesado de ligantes bituminosos modificados con caucho para aplicación en carreteras.*
14. *Granados Noa, J. L. (2017). Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional. Tesis de Posgrado, Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado, Lima.*
15. *Granados Noa, J. L. (2017). Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional. Tesis Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado, Lima.*
16. *Higuera Mojica, N. D., & David, M. P. (2021). Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente fabricadas con rap y escorias de horno de arco eléctrico. Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomas, Facultad de Ingeniería Civil, Boyaca.*
17. *Ibañez Maldonado, W. E. (2015). Uso de polímeros en un nuevo diseño para mejorar las propiedades físico – mecánicas del asfalto: contribución para el tramo de la carretera Chilete – Cajamarca. Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Posgrado, Cajamarca.*
18. *Maila Paucar, M. E. (2017). Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA),. Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas, Quito.*
19. *Martínez Macedo, J. M. (2017). Mezclas asfálticas con polvo de neumático una solución sostenible para las vías. Ferovial sala de prensa.*
20. *Martinez, A., Nazario, M., Gomez, A., & Paez, A. (2008). Betunes Asfálticos.*
21. *Méndez Alvarez, C. (2012). Inducción en la Investigación. Obtenido de Justificación de la Investigación.*
22. *Méndez Álvarez, C. E. (2020). la justificacion paractica segun la metodologia de investigacion. Alpha.*
23. *Mendez Pinilla, F. (2018). Mezcla Densa En Frío. Boletín Informativo.*
24. *(2018). Ministerio de Transporte y Comunicaciones.*
25. *(2018). Ministerio de Transporte y Comunicaciones.*
26. *Montejo Fonseca, A. (2018). Ingeniería de Pavimentos. Bogota: Universidad Católica de Colombia.*

27. Mueras Puente, k. (2019). *Polvo neumatico y sus componentes. La revista de pavimentos* .
28. Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. En H. Ñaupas Paitán, M. R. Valdivia Dueñas, J. J. Palacios Vilela, & H. E. Romero Delgado, Tecnicas de recoleccion de datos (pág. 273). Bogota.*
29. Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio.*
30. Paredes Matta, E. V. (2009). *Comportamiento mecánico de las mezclas tipo SMA (stone mastic asphalt). Lima : Universidad Ricardo Palma.*
31. Peña Ancassi, J. C. (2019). *Estudio y analisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional pen 85/100 plus y mezcla asfáltica modificada con polimero tipo sbs pg 70 -28. Tesis Prepago, Universidad Andina del Cusco, Facultad de ingeniería y arquitectura, Cusco – Perú.*
32. Querol Solà, N. (2018). *Estudio experimental sobre el proceso de diseño, formulación y fabricación en fase inversa de emulsiones concentradas monomodales y bimodales de betún en agua. España.*
33. Rodriguez Deantonio, D. (2020). *Investigación aplicada: características, definición, ejemplos. Argentina: Lifeder.*
34. Rodríguez Padilla, A. (2004). *Mezcla asfaltica. Mezcla asfaltica- UPC, 26. Obtenido de Capitulo 3.*
35. Sierra Bravo, R. (2014). *Técnicas de Investigación Social. Madrid.*
36. Tueros Davila, M. N. (2017). *Incorporacion de polvo de caucho en mezcla asfáltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de huancayo 2016. Tesis Pregrado, Universidad Peruana los Andes, Facultad de ingeniería.*
37. Vega Zurita, D. S. (2016). *Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. Tesis Pregrado, Universidad Tecnica de Ambato, Facultad de Ingenieria Civil y Mecanica, Ambato.*
38. Wulf Rodriguez, F. A. (2018). *Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero. Tesis Pregrado, Universidad Austral de Chile, Facultad de ciencias de la ingenieria, Valdivia-Chile.*

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia



“REOLOGÍA DEL BETUN ASFÁLTICO CON INCORPORACIÓN DE POLVO DE NEUMÁTICO EN LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE UN LIGANTE MODIFICADO”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo es la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La reología del betún asfáltico varia con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico- químicas de un ligante modificado.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Polvo de Neumático</p>	<p>Dosificación</p> <p>Densidad</p>	<p>Porcentaje</p> <p>Masa/volumen</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Científico</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo</p> <p>CUANDO: 2021</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental,</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN. La población está constituida por 10 ensayos con diferentes dosificaciones. MUESTRA: La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional, en este caso corresponde a diferentes dosificaciones.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS: - Recolección de datos</p> <p>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>a. ¿Cómo interviene el adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado?</p> <p>b. ¿En qué medida varia la recuperación elástica por torsión en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>a. Evaluar el adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.</p> <p>b. Calcular la variación de la recuperación elástica por torsión en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. El adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.</p> <p>b. La recuperación elástica por torsión se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Propiedades físico – químicas de un ligante modificado</p>	<p>Adelgazamiento por cizallamiento y tixotrópicas</p> <p>Recuperación elástica por torsión</p> <p>Penetración de cemento Asfáltico</p>	<p>Viscosidad Rotacional Brookfield</p> <p>Porcentaje del Angulo recuperado</p> <p>Medida de consistencia</p>	



Anexo 1 – Matriz de consistencia

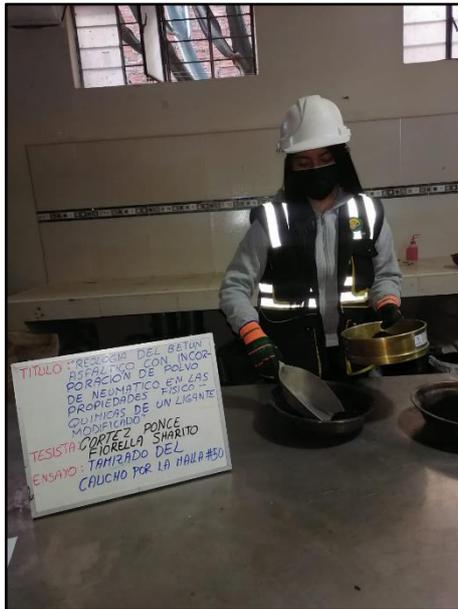


<p>c. ¿Cómo varia la penetración de cemento asfáltico en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado?</p>	<p>c. Determinar la variación de la penetración de cemento asfáltico en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.</p>	<p>c. La penetración de cemento asfáltico se reduce en la reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado.</p>				<ul style="list-style-type: none">- Hoja de cálculo en Excel para cada método de ensayo.- Fichas de ensayo
---	--	---	--	--	--	---

Anexo N°02: Panel fotográfico

1. Tamizado del polvo neumático por la malla #50

Fotografía N° 1: Material pasante de la malla #50 para la dosificación de asfalto – polvo neumático.



FUENTE: Elaboración propia

2. Cemento asfaltico PEN 85/100

Fotografía N° 2: Obtención de muestra del material bituminoso de planta asfáltica.



FUENTE: Elaboración propia

3. Dosificación Asfalto – Polvo Neumático

Fotografía N° 3: Masa del cemento asfáltico con adición de 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático en función de masa de bitumen.



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 4: Mezcla de cemento asfáltico a temperatura 140 °C, batido por 1 minuto como mínimo, curado 24 hrs con adición de 1%; 3%; 5% ; 7% de polvo neumático.



FUENTE: Elaboración propia

4. Viscosidad Cinemática de cemento asfáltico PEN 85/100 con adición de polvo de neumático en 1%; 3%; 5% y 7 % con viscosímetro saybolt.

Fotografía N° 5: Determinar la temperatura del fluido de PEN 85/100 a distintas temperaturas: 130°C; 135°C; 140°C; 145°C; 150 °C para ser ensayada en equipo de viscosímetro saybolt, según referencia de la norma (ASTM D 88).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 6: Equipo viscosímetro saybolt, material bituminoso con distinta temperatura: 130°C; 135°C; 140°C; 145°C; 150°C, del material bituminoso convencional y material bituminoso con 1%, 3%, 5% y 7% del polvo de neumático, según referencia de la norma (ASTM D 88).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 7: Determinar el tiempo de caída en segundo con cronometro del material bituminoso modificado con 1%; 3%; 5%; 7% de polvo de neumático de distintas temperaturas: 130°C; 135 °C; 140 °C; 145°C, según referencia de la norma (ASTM D 88).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 8: Frasco receptor de material bituminoso capacidad de 60 ml, según referencia de la norma (ASTM D 88).



FUENTE: Elaboración propia

5. Penetración de los materiales bituminoso

Fotografía N° 9: Muestra de cemento asfáltico convencional en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones interiores 35 x 55 mm, según referencia de la norma (ASTM D 5).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 10: Muestra de cemento asfáltico convencional + 3 %, 5% de polvo de neumático en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones interiores 35 x 55 mm, material diluido para el ensayo, según referencia de la norma (ASTM D 5).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 11: Muestra de cemento asfáltico convencional + 1% , 3 % , 5%, 7% de polvo de neumático en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones interiores 35 x 55 mm, se deja enfriar por 1 hora y media para luego entrar al baño maria a 25°C, según referencia de la norma (ASTM D 5).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 12: Muestra de cemento asfáltico convencional + 1% , 3 % , 5%, 7% de polvo de neumático en recipiente de metal de forma cilíndrica de dimensiones interiores 35 x 55 mm, en baño maria a temperatura de 25°C durante 1 hora y 1 hora y media, según referencia de la norma (ASTM D 5).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 13: Colocación del material bituminoso convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático en equipo de penetrometro digital, según referencia de la norma (ASTM D 5).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 14: Penetración de la aguja y pesas de 100 gr, con 5 segundo en el material bituminoso convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático, según referencia de la norma (ASTM D 5).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 15: Lectura final del material ensayado en equipo en (mm) de penetración del material bituminoso convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático, según referencia de la norma (ASTM D 5).



FUENTE: Elaboración propia

6. Recuperación elástica por torsión de asfaltos modificados

Fotografía N° 16: Elaboración de muestra de cemento asfáltico convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático para el equipo mecánico de torsión ensayo, según referencia de la norma (NLT- 329/1).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 17: Elaboración de muestra de cemento asfáltico convencional y modificado con 1%; 3%; 5% y 7% de polvo de neumático para el equipo mecánico de torsión enfriamiento de material bituminoso a temperatura ambiente por 1 hora y media, según referencia de la norma (NLT- 329/1).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 18: Baño maria del material bituminoso a temperatura de agua de 25 °C con el equipo de torsión durante 1 hora y media, según referencia de la norma (NLT- 329/1).



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía N° 19: Giro de 180° de equipo con material bituminoso con 1%; 3%, 5%, 7% de polvo de neumático para realizar lectura de recuperación de ángulo, según referencia de la norma (NLT- 329/1).



FUENTE: Elaboración propia

Anexo N°03: Certificado de los Ensayos

2022
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Bach. Ing. CORTEZ PONCE, FIORELLA SHARITO



**“REOLOGÍA DEL BETUN
ASFÁLTICO CON INCORPORACIÓN
DE POLVO DE NEUMÁTICO EN LAS
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS
DE UN LIGANTE MODIFICADO”**



GEO TEST V S.A.C.



DIRECCIÓN : Pj. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geoteslv@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

Penetración de materiales bituminosos (convencional)


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

MUESTRA: Convencional

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

CONVENCIONAL

Muestra : 01

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	9.81	9.90	9.80
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	98.1	99.0	98.0
5.-	Promedio	0.1 mm	98.37		

Muestra : 02

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	9.84	9.71	9.87
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	98.4	97.1	98.7
5.-	Promedio	0.1 mm	98.07		

Muestra : 03

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	9.80	9.40	9.54
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	98.0	94.0	95.4
5.-	Promedio	0.1 mm	95.80		

PROMEDIO DE PENETRACION FINAL

97.41


 Luis Gamarrta Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Penetración de materiales bituminosos con incorporación de polvo neumático al (1%, 3%, 5% y 7%)


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

MUESTRA: Cemento Asfáltico + polvo neumático

HECHO POR: A. Y.G.

MATERIAL: PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

Incorporación del 1% de polvo neumático

Muestra : 01

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C , 100 g , 5 s	mm	9.50	9.40	9.48
4.-	Penetración parcial a 25° C , 100 g, 5s	0.1 mm	95.0	94.0	94.8
5.-	Promedio	0.1 mm	94.60		

Muestra : 02

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C , 100 g , 5 s	mm	9.42	9.43	9.45
4.-	Penetración parcial a 25° C , 100 g, 5s	0.1 mm	94.2	94.3	94.5
5.-	Promedio	0.1 mm	94.33		

Muestra : 03

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C , 100 g , 5 s	mm	9.51	9.55	9.57
4.-	Penetración parcial a 25° C , 100 g, 5s	0.1 mm	95.1	95.5	95.7
5.-	Promedio	0.1 mm	95.43		

PROMEDIO DE PENETRACION FINAL

94.79


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAD N°211 - CIHLCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pozo Av.
 Ferrucarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

MUESTRA: Cemento Asfáltico + polvo neumático

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

Incorporación del 3% de polvo neumático

Muestra : 01

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	9.12	9.02	9.10
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	91.2	90.2	91.0
5.-	Promedio	0.1 mm	90.80		

Muestra : 02

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	9.20	9.08	9.18
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	92.0	90.8	91.8
5.-	Promedio	0.1 mm	91.53		

Muestra : 03

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	9.00	9.03	9.11
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	90.0	90.3	91.1
5.-	Promedio	0.1 mm	90.47		

PROMEDIO DE PENETRACION FINAL

90.93


Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 196161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Terrocarril cruce con Av. Leucio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA	
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"	
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito	
MUESTRA: Cemento Asfáltico + polvo neumático	HECHO POR: A.Y.G.
MATERIAL: PEN 85/100	FECHA: Febrero - 2022
<i>Incorporación del 5% de polvo neumático</i>	

Muestra : 01

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS					
<small>(ASTM D 5)</small>					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	8.50	8.60	8.62
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	85.0	86.0	86.2
5.-	Promedio	0.1 mm	85.73		

Muestra : 02

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS					
<small>(ASTM D 5)</small>					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	8.70	8.69	8.51
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	87.0	86.9	85.1
5.-	Promedio	0.1 mm	86.33		

Muestra : 03

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS					
<small>(ASTM D 5)</small>					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	8.60	8.62	8.61
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	86.0	86.2	86.1
5.-	Promedio	0.1 mm	86.10		

PROMEDIO DE PENETRACION FINAL			86.06		
--------------------------------------	--	--	--------------	--	--


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : P.Sj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

MUESTRA: Cemento Asfáltico + polvo neumático

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

Incorporación del 7% de polvo neumático

Muestra : 01

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	8.12	7.90	8.13
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	81.2	79.0	81.3
5.-	Promedio	0.1 mm	80.50		

Muestra : 02

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	8.10	8.20	8.12
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	81.0	82.0	81.2
5.-	Promedio	0.1 mm	81.40		

Muestra : 03

PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS

(ASTM D 5)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PUNTOS REALIZADOS		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Lectura de Equipo a 25°C, 100 g, 5 s	mm	8.11	8.10	8.14
4.-	Penetración parcial a 25° C, 100 g, 5s	0.1 mm	81.1	81.0	81.4
5.-	Promedio	0.1 mm	81.17		

PROMEDIO DE PENETRACION FINAL

81.02


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161





DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

*Viscosidad
cinemática a
distintas
temperaturas
(convencional)*


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 196161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	130.00	130.00	130.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	130.00		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	286.00	287.01	290.03
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 130°C (AxB)	SSU	153153.0	153693.9	155311.1
8.-	Viscosidad Cinemática	st	331.5	332.7	336.2
9.-	Promedio	st	333.45		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Pradol

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS					
<i>(ASTM D 88 2007)</i>					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
MUESTRA: Convencional					
VISCOCIDAD CINEMÁTICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	135.02	135.20	135.40
4.-	Promedio de temperatura	°C	135.21		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	216.80	217.79	218.81
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 135°C (AxB)	SSU	116096.4	116626.5	117172.8
8.-	Viscosidad Cinemática	st	251.3	252.4	253.6
9.-	Promedio	st	252.46		


Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	140.00	140.00	140.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	140.00		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	231.25	179.26	177.24
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 140°C (AxB)	SSU	123834.4	95993.7	94912.0
8.-	Viscosidad Cinemática	st	268.1	207.6	205.2
9.-	Promedio	st	226.99		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrnecarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	145.01	145.01	145.01
4.-	Promedio de temperatura	°C	145.00		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	155.25	152.26	153.24
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 145°C (AxB)	SSU	83136.4	81535.2	82060.0
8.-	Viscosidad Cinemática	st	179.7	176.3	177.4
9.-	Promedio	st	177.80		


 Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	150.00	150.00	150.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	150.00		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	70.02	71.00	72.01
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 150°C (AxB)	SSU	37495.7	38020.5	38561.4
8.-	Viscosidad Cinemática	st	81.0	82.0	83.1
9.-	Promedio	st	82.05		


 Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181





DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

*Viscosidad
cinemática a distintas
temperaturas
incorporando el 1%
de polvo neumático*


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Pstj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 1% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	150.00	150.10	150.20
4.-	Promedio de temperatura	°C	150.10		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	125.53	127.49	128.52
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 150°C (AxB)	SSU	67221.3	68270.9	68822.5
8.-	Viscosidad Cinemática	st	145.5	147.6	148.8
9.-	Promedio	st	147.30		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgentestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A. Y. G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 1% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	145.20	145.10	145.02
4.-	Promedio de temperatura	°C	145.11		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	165.24	172.26	161.23
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 145°C (AxB)	SSU	88486.0	92245.2	86338.7
8.-	Viscosidad Cinemática	st	191.3	199.4	186.7
9.-	Promedio	st	192.47		



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161
 

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Píicomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 1% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	140.00	140.00	140.20
4.-	Promedio de temperatura	°C	140.07		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	229.83	228.80	230.82
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 140°C (AxB)	SSU	123074.0	122522.4	123604.1
8.-	Viscosidad Cinemática	st	266.5	265.3	267.6
9.-	Promedio	st	266.45		


Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pozo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A. Y. G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 1% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	135.02	135.06	135.01
4.-	Promedio de temperatura	°C	135.03		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	245.60	246.61	244.61
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 135°C (AxB)	SSU	131518.8	132059.7	130988.7
8.-	Viscosidad Cinemática	st	284.8	286.0	283.7
9.-	Promedio	st	284.83		


Luis Gamirra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 1% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	130.02	130.18	130.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	130.07		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	325.60	324.61	323.61
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 130°C (AxB)	SSU	174358.8	173828.7	173293.2
8.-	Viscosidad Cinemática	st	377.1	376.0	374.8
9.-	Promedio	st	375.97		


Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
gentest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Viscosidad
cinemática a distintas
temperaturas
incorporando el 3%
de polvo neumático*


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A. Y. G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 3% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	150.20	150.10	150.02
4.-	Promedio de temperatura	°C	150.11		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	198.32	201.26	195.30
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 150°C (Ax B)	SSU	106200.4	107774.7	104583.2
8.-	Viscosidad Cinemática	st	229.8	233.2	226.3
9.-	Promedio	st	229.75		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A. Y. G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 3% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	145.21	145.30	145.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	145.17		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	229.58	227.51	225.62
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 145°C (AxB)	SSU	122940.1	121831.6	120819.5
8.-	Viscosidad Cinemática	st	266.2	263.8	261.6
9.-	Promedio	st	263.83		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo-Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortéz Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A. Y. G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 3% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (80 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	140.05	140.20	140.10
4.-	Promedio de temperatura	°C	140.12		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	307.48	308.50	305.45
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 140°C (AxB)	SSU	164655.5	165201.8	163568.5
8.-	Viscosidad Cinemática	st	356.2	357.4	353.9
9.-	Promedio	st	355.86		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 3% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	135.01	135.11	135.12
4.-	Promedio de temperatura	°C	135.08		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	447.07	448.08	446.09
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 135°C (AxB)	SSU	239406.0	239946.8	238881.2
8.-	Viscosidad Cinemática	st	518.1	519.2	516.9
9.-	Promedio	st	518.09		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS					
<i>(ASTM D 88 2007)</i>					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
MUESTRA: Convencional + 3% de incorporación de polvo neumático					
VISCOSIDAD CINEMÁTICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	130.10	130.00	130.02
4.-	Promedio de temperatura	°C	130.04		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	488.22	482.21	499.20
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 130°C (AxB)	SSU	261441.8	258223.5	267321.6
8.-	Viscosidad Cinemática	st	565.5	558.5	578.1
9.-	Promedio	st	567.37		


Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181





DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

*Viscosidad
cinemática a distintas
temperaturas
incorporando el 5%
de polvo neumático*


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Pstj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo-Test V.S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 5% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	150.01	150.03	150.12
4.-	Promedio de temperatura	°C	150.05		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	273.51	274.54	273.58
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 150°C (AxB)	SSU	146464.6	147016.2	146502.1
8.-	Viscosidad Cinemática	st	317.1	318.3	317.2
9.-	Promedio	st	317.55		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Terrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A. Y. G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 5% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	145.15	145.04	145.23
4.-	Promedio de temperatura	°C	145.14		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	333.61	335.59	330.51
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 145°C (AxB)	SSU	178648.2	179708.4	176988.1
8.-	Viscosidad Cinemática	st	386.3	388.6	382.8
9.-	Promedio	st	385.91		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A. Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 5% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	140.05	140.11	140.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	140.05		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	410.43	398.46	404.40
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 140°C (AxB)	SSU	219785.3	213375.3	216556.2
8.-	Viscosidad Cinemática	st	576.7	562.8	569.7
9.-	Promedio	st	569.72		



 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181
 

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Shanto

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 5% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	135.06	135.07	135.12
4.-	Promedio de temperatura	°C	135.08		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	734.14	728.25	741.01
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 135°C (Ax B)	SSU	393132.0	389977.9	396810.9
8.-	Viscosidad Cinemática	st	850.8	843.9	858.9
9.-	Promedio	st	851.22		


 Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161
 

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS					
<i>(ASTM D 88 2007)</i>					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
MUESTRA: Convencional + 5% de incorporación de polvo neumático					
VISCOSIDAD CINEMÁTICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	130.02	130.20	130.10
4.-	Promedio de temperatura	°C	130.11		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	818.62	820.58	842.65
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 130°C (AxB)	SSU	438371.0	439420.6	451239.1
8.-	Viscosidad Cinemática	st	949.2	951.4	976.9
9.-	Promedio	st	959.16		


Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Pj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Viscosidad
cinemática a distintas
temperaturas
incorporando el 7%
de polvo neumático*


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181 

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS					
<i>(ASTM D 88 2007)</i>					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
MUESTRA: Convencional + 7% de incorporación de polvo neumático					
VISCOSIDAD CINEMÁTICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	150.03	150.04	150.20
4.-	Promedio de temperatura	°C	150.09		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	418.68	400.72	401.70
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 150°C (AxB)	SSU	224203.1	214585.6	215110.4
8.-	Viscosidad Cinemática	st	485.2	464.3	465.5
9.-	Promedio	st	471.67		



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161
 

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CIILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pozo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS					
<i>(ASTM D 88 2007)</i>					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo					
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100					
HECHO POR: A.Y.G.					
FECHA: Febrero - 2022					
MUESTRA: Convencional + 7% de incorporación de polvo neumático					
VISCOSIDAD CINEMÁTICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	145.03	145.02	145.01
4.-	Promedio de temperatura	°C	145.02		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	536.10	535.15	534.05
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 145°C (Ax B)	SSU	287081.6	286572.8	285983.8
8.-	Viscosidad Cinemática	st	620.8	619.7	618.4
9.-	Promedio	st	619.67		



 Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198164
 

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS					
<i>(ASTM D 88 2007)</i>					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
MUESTRA: Convencional + 7% de incorporación de polvo neumático					
VISCOSIDAD CINEMÁTICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	140.20	140.00	140.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	140.07		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	752.55	754.60	750.52
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 140°C (AxB)	SSU	402990.5	404088.3	401903.5
8.-	Viscosidad Cinemática	st	872.5	874.9	870.1
9.-	Promedio	st	872.51		



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161
 

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N° 211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS

(ASTM D 88 2007)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

MUESTRA: Convencional + 7% de incorporación de polvo neumático

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Volumen (60 ml.)	cm ³	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	135.00	135.00	135.10
4.-	Promedio de temperatura	°C	135.03		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm ² /s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	967.71	975.82	981.77
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 135°C (Ax B)	SSU	518208.7	522551.6	525737.8
8.-	Viscosidad Cinemática	st	1121.1	1130.5	1137.4
9.-	Promedio	st	1129.67		


 Luis Gamarral Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N° 211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pozo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo-Test V.S.A.C.

VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS					
(ASTM D 88 2007)					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
MUESTRA: Convencional + 7% de incorporación de polvo neumático					
VISCOSIDAD CINEMATICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Volumen (60 ml.)	cm3	60.00	60.00	60.00
3.-	Temperatura	°C	130.10	130.00	130.00
4.-	Promedio de temperatura	°C	130.03		
5.-	Factor de corrección (F) (A)	mm2/s	535.50	535.50	535.50
6.-	Tiempo (B)	seg	1288.29	1281.34	1293.54
7.-	Viscosidad Saybolt Universal a 130°C (AxB)	SSU	689879.3	686157.6	692690.7
8.-	Viscosidad Cinemática	st	1491.1	1483.1	1497.2
9.-	Promedio	st	1490.47		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Recuperación elástica por torsión (convencional)



Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril (cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS					
RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN					
<i>(NLT - 329/91)</i>					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
Muestra : Convencional					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Ángulo recuperado	L	7.50	7.30	7.10
4.-	Tiempo	min	30	30	30
5.-	Recuperacion elástica por torsión	Re t	4.17	4.06	3.94
6.-	Promedio	%	4.06		



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161
 

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Recuperación elástica por torsión incorporando polvo neumático al (1%, 3%, 5% y 7%)


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Dsj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS					
RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN					
(NLT - 329/91)					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA					
TITULO: "Reología del betun asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"					
TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito					
CANTERA: Pilcomayo			HECHO POR: A.Y.G.		
MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100			FECHA: Febrero - 2022		
Muestra : Convencional + 1% de incorporación de polvo neumático					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
1.-	Recipiente		1	2	3
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Ángulo recuperado	L	12.30	11.80	12.40
4.-	Tiempo	min	30	30	30
5.-	Recuperacion elástica por torsión	Re t	6.83	6.56	6.89
6.-	Promedio	%	6.76		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS

RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN

(NLT - 329/91)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades fisico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

Muestra : Convencional + 3% de incorporación de polvo neumático

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Ángulo recuperado	L	22.30	21.70	20.50
4.-	Tiempo	min	30	30	30
5.-	Recuperacion elástica por torsión	Re t	12.39	12.06	11.39
6.-	Promedio	%	11.94		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 188161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS

RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN

(NLT - 329/91)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Sharito

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

Muestra : Convencional + 5% de incorporación de polvo neumático

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Ángulo recuperado	L	33.00	32.90	32.70
4.-	Tiempo	min	30	30	30
5.-	Recuperación elástica por torsión	Re t	18.33	18.28	18.17
6.-	Promedio	%	18.26		


 Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CONTROL DE CEMENTO ASFALTICOS MODIFICADOS

RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN

(NLT - 329/91)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Reología del betún asfáltico con incorporación de polvo de neumático en las propiedades físico-químicas de un ligante modificado"

TESISTA: Cortez Ponce, Fiorella Shanto

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Cemento Asfáltico PEN 85/100

FECHA: Febrero - 2022

Muestra : Convencional + 7% de incorporación de polvo neumático

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	3
1.-	Recipiente				
2.-	Temperatura	°C	25.00		
3.-	Ángulo recuperado	L	42.10	42.10	42.80
4.-	Tiempo	min	30	30	30
5.-	Recuperación elástica por torsión	Re t	23.39	23.39	23.78
6.-	Promedio	%	23.52		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

