

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE  
POLÍMERO AROMÁTICO SIN  
CARBOHIDRATOS EN EL COMPORTAMIENTO  
DE UNA ASFALTO EMULSIONADO EN LA  
CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA  
DEL GOLF, LAREDO, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Marvin Jhonel Alvarado Saldaña  
Maryori Yeraldine Morillo Alvarez

**Asesor:**

Ing. German Sagastegui Vásquez  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Luis Alberto Alva Reyes</b>	<b>42013371</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Alberto Vásquez Díaz</b>	<b>40385695</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Cinthy Alvarado Ruiz</b>	<b>71412783</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME SIMILITUD

### TESIS\_RESIDUOS\_LIGNINA\_MEZCLA\_ASF\_LTICA\_MARSHALL....

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>www.imt.mx</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>upc.aws.openrepository.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>dialnet.unirioja.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>polux.unipiloto.edu.co:8080</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uach.mx</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>es.m.wikipedia.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	

## DEDICATORIA

Nuestra tesis la dedicamos a nuestros padres por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad, muchos de nuestros logros se los debemos a ustedes.

A nuestros docentes por sus diferentes formas de enseñar, quienes nos incentivaron en muchos sentidos a seguir adelante y sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

Y por último a todas aquellas personas que estuvieron siempre apoyándonos a lo largo de nuestra carrera.

## AGRADECIMIENTO

Dando gracias a Dios por guiarnos en nuestros pasos, fortaleciendo nuestra fe y creyendo cada vez más en su infinita protección.

A nuestros familiares, por ser el motor y la fuerza que necesitamos para seguir creciendo en esta sociedad.

A nuestro asesor de tesis, el Ingeniero German Sagastegui Vásquez, por brindarnos su apoyo y guiarnos en el desarrollo de esta investigación.

A nuestra querida Alma Máter “Universidad Privada del Norte”, por acogernos durante todos estos años en sus aulas, consignando múltiples aprendizajes a través de sus excelentes docentes e infraestructura.

**Marvin Jhonel – Maryori Yeraldine**

## INDICE

	<b>Pág.</b>
JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
INDICE.....	6
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE FIGURAS .....	9
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. Realidad problemática .....	11
1.2. Formulación del problema.....	33
1.3. Objetivos.....	33
1.4. Hipótesis .....	33
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	34
2.1 Tipo de investigación .....	34
2.2 Diseño de la investigación.....	34
2.3 Población y muestra .....	34
2.4 Materiales, instrumentos y métodos .....	35
2.5 Procedimientos y análisis de datos .....	35
2.6 Aspectos Éticos .....	39
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	41
CAPÍTULO IV. DISCUSION.....	88
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	93
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES .....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95
ANEXOS .....	99

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cualidades de la polímero aromático sin carbohidratos .	43
<b>Tabla 2</b> Análisis granulométrico por tamizado.....	44
<b>Tabla 3</b> Resumen de cualidades de agregados. ....	45
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de peso específico y absorción. ....	45
<b>Tabla 5</b> Resultados de Firmeza al desgaste en maquina los ángeles .....	46
<b>Tabla 6</b> Porcentaje de desgaste. ....	46
<b>Tabla 7</b> Porcentaje de peso específico y absorción. ....	47
<b>Tabla 8</b> Porcentaje de partículas chatas y alargadas.....	48
<b>Tabla 9</b> Tamaño de tamices y retenido para el ensayo.....	49
<b>Tabla 10</b> Granulometría de agregado grueso.....	49
<b>Tabla 11</b> Hallazgos de las comprobaciones de Sales Solubles en Agregados para Suelos Flexibles. ....	50
<b>Tabla 12</b> Granulometría de agregado fino. ....	51
<b>Tabla 13</b> Equivalente de arena. ....	53
<b>Tabla 14</b> Porcentaje de humedad de agregado fino. ....	54
<b>Tabla 15</b> Resultado del peso específico y absorción.....	54
<b>Tabla 16</b> Resumen de las pruebas de Ll y Lp. ....	55
<b>Tabla 17</b> Resultados de las comprobaciones de Ll y Lp.....	56
<b>Tabla 18</b> Hallazgos de comprobaciones de sales solubles. ....	56
<b>Tabla 19</b> Parámetros de azul de Metileno. ....	57
<b>Tabla 20</b> Granulometría para MAC 2.....	57
<b>Tabla 21</b> Porcentajes de agregados para el diseño Marshall. ....	58
<b>Tabla 22</b> Cubrimiento de agregados con materiales asfálticos.....	59
<b>Tabla 23</b> Porcentaje de adherencia al agregado fino.....	59
<b>Tabla 24</b> Simetría de agregados para la asfalto emulsionado. ....	60
<b>Tabla 25</b> Pesos específico y unitarios de las briquetas. ....	61
<b>Tabla 26</b> Gravedad específica.....	61
<b>Tabla 27</b> Peso específico teórico máximo.....	62
<b>Tabla 28</b> Parámetros de vacíos de aire. ....	62
<b>Tabla 29</b> Porcentaje de vacíos de aire.....	63
<b>Tabla 30</b> Vinculación de peso específico y densidad.....	64
<b>Tabla 31</b> Exigencias de vacíos pequeños en el agregado mineral. ....	64
<b>Tabla 32</b> Vacíos de agregado mineral en las briquetas.....	65
<b>Tabla 33</b> Valores permisibles del V.F.....	65
<b>Tabla 34</b> Vacíos llenos de asfalto en las briquetas.....	66
<b>Tabla 35</b> Valores permisibles de Estabilidad y Flujo. ....	66
<b>Tabla 36</b> Resultados generales para cada briqueta Estabilidad – Flujo. ....	67
<b>Tabla 37</b> Síntesis del contenido óptimo de asfalto convencional.....	68
<b>Tabla 38</b> Medida de polímero aromático sin carbohidratos inmerso con el conglomerante hidráulico de asfalto.....	69
<b>Tabla 39</b> Gravedad específica y peso unitario del asfalto emulsionado 8 % y 12%. ....	70
<b>Tabla 40</b> Peso específico de briquetas 8 % y 12 %.....	70
<b>Tabla 41</b> Resultado de Peso específico teórico máximo. ....	71
<b>Tabla 42</b> Vacíos de aire en las briquetas.....	71
<b>Tabla 43</b> Vinculación de peso específico y densidad.....	72

<b>Tabla 44</b>	<i>Vacíos de aire en el agregado mineral.</i>	72
<b>Tabla 45</b>	<i>V.F.A de las briquetas con asfaltos 8 % y 12 % de polímero aromático sin carbohidratos.</i>	73
<b>Tabla 46</b>	<i>Estabilidad y flujo para las asfaltos emulsionados con 8% de polímero aromático sin carbohidratos.</i>	73
<b>Tabla 47</b>	<i>Estabilidad y flujo para las asfaltos emulsionados con 12% de polímero aromático sin carbohidratos.</i>	74
<b>Tabla 48</b>	<i>Resumen de parámetros óptimos de CA al 8% y 12% de compuesto lignínico</i>	75
<b>Tabla 49</b>	<i>Determinación de normalidad de la muestra</i>	77
<b>Tabla 50</b>	<i>Prueba de ANOVA para demostrar estabilidad</i>	80
<b>Tabla 51</b>	<i>Análisis Post Hoc de prueba ANOVA de estabilidad</i>	80
<b>Tabla 52</b>	<i>Prueba ANOVA para estabilidad de flujo</i>	81
<b>Tabla 53</b>	<i>Prueba ANOVA para densidad de mezcla</i>	81
<b>Tabla 54</b>	<i>Prueba ANOVA para vacíos de aire</i>	82
<b>Tabla 55</b>	<i>Prueba ANOVA para vacíos de agregado mineral</i>	83
<b>Tabla 56</b>	<i>Análisis post hoc de prueba ANOVA</i>	83
<b>Tabla 57</b>	<i>Prueba ANOVA para para vacíos llenos de asfalto</i>	84
<b>Tabla 58</b>	<i>Análisis post hoc de vacíos llenos de asfalto</i>	84
<b>Tabla 59</b>	<i>Prueba de ANOVA para comportamiento de flujo</i>	85
<b>Tabla 60</b>	<i>Análisis Post Hoc de prueba ANOVA de comportamiento de flujo</i>	85
<b>Tabla 61</b>	<i>Prueba de ANOVA para demostrar curva de relación estabilidad-flujo</i>	86
<b>Tabla 62</b>	<i>Análisis Post Hoc de prueba ANOVA de curva de relación estabilidad-flujo</i>	86
<b>Tabla 63</b>	<i>Comparación de resultados descriptivos e inferenciales</i>	87
<b>Tabla 64</b>	<i>Resumen de cualidades de agregados.</i>	131



**INDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1 Ruptura de un espécimen de ensayo Marshal de tensión indirecta.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2 Diagrama general del proceso organosolv utilizado para la extracción de polímero aromático sin carbohidratos .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3 Distribución granulométrica del agregado grueso .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 4 Distribución granulométrica del agregado fino .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5 Curva de distribución granulométrica de asfalto emulsionado.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 6 Muestras de polímero aromático sin carbohidratos procesada, molida y cernida facción malla 100-200.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 7 Conducta de las densidades con los diferentes contenidos de asfalto.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 8 Conducta del peso específico con los distintos contenidos de asfaltos. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 9 Conducta de vacíos de aire con los distintos contenidos de asfalto.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 10 Conducta de vacíos llenos de asfalto con diferentes contenidos de asfalto. 77</i>	
<i>Figura 11 Conducta de la estabilidad con distintos contenidos de asfalto. ....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 12 Conducta del flujo con distintos contenidos de asfalto. ....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 13 Curva de relación estabilidad-flujo. ....</i>	<i>78</i>

## RESUMEN

El cometido de este esfuerzo académico fue evaluar el agregado polímero aromático sin carbohidratos en las cualidades de un diseño asfáltico en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf, Laredo, 2022. La metodología fue preexperimental, la metodología usada fue AASHTO para diseño de pavimento flexible, los resultados estadísticos muestran un mejor desempeño se presenta en la adición de 8% de ligninas, con valores más adecuados de comportamiento de flujo, relación estabilidad flujo, vacíos de agregado mineral y vacíos llenos de asfalto, los cuales presentan mejores valores de desempeño que en el caso del testigo con solo cemento asfáltico y la otra dosificación 12% de ligninas. las características de residuos de lignina es que fueron de residuos vegetales que se las preparo con una granulometría entre malla 100 y 200; solubilidad de 0% y una densidad de 1.3 g/ml. Se diseñó un asfalto emulsionado con 5 porcentajes de cementante para asfaltos 5% 5.5%, 6%, 6.5% y 7 %, siendo la mezcla con 6% la que mejor cumple los requisitos reglamentarios. La dosificación de residuos de ligninas las mezclas asfálticas diseñadas, los mismos que fueron en base a antecedentes escogiéndose dosificaciones de 8% y 12% del cemento asfáltico diseñado. Se concluye que comportamiento de la lignina en un diseño de asfalto convencional la adición del 8% mejora la mezcla asfáltica lo que se demostró mediante ensayo de Marshall y estadística ANOVA y Tukey Post hoc.

**PALABRAS CLAVES:** Asfalto emulsionado – aditivos; Cemento asfáltico- aditivos - polímero aromático sin carbohidratos .

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Globalmente, la economía sustentable y la reducción de la huella de carbono son compromisos que obligan a hacer sustentable y encontrar sectores donde le den cabida al amplio abanico de residuos sólidos, inclusive el uso de productos basados en el reciclaje es fomentado con beneficios tributarios (Velvizhi et al., 2022). Los residuos lignínicos son un problema en la cadena de reciclaje, a diferencia de los celulósicos, ha sido muy difícil encontrar una actividad o producto donde puedan integrarse a la economía, sin embargo, tras muchas investigaciones uno de los usos exitosos ha sido como agregado de asfalto emulsionado. Muchas investigaciones apuntan a un puente que le da firmeza térmica a la mezcla, pues su conducción del calor es menor que los componentes pétreos y menor que el asfalto, evita la variación de sus cualidades con la temperatura y el estrés, contribuyendo significativamente a su calidad y durabilidad (Luo et al., 2019). La actividad agroindustrial produce cantidades altas de residuos lignínicos, en particular los cultivos de agroexportación en la costa, en la sierra (café, cacao, etc.) y en la selva (palma aceitera entre otros) Retto et al. (2020) los mismos cuyas vías están sujetas al estrés climático y de carga por el crecimiento económico. Aunque en las especificaciones técnicas del MTC, no está especificado, la polímero aromático sin carbohidratos procesada (características estandarizadas como distribución de particulado entre 0.1mm y 1 mm, al igual que su gravedad) en base a las pruebas de laboratorio se pueden mejorar las mezclas para su uso en vías terciarias (Zarei et al., 2019). En el caso particular de las vías terciarias que son difíciles de mantener y hacer el envejecimiento en pavimentos flexibles ha

sido durante mucho tiempo uno de los principales problemas que afectan la calidad y el tiempo de vida útil de la carpeta de rodadura debido a factores como variables intrínsecas como el tipo de agregados, contenido de vacíos y las cualidades propias de la mezcla de asfalto y, por otro lado, factores externos como la humedad, temperatura y radiación, los cuales provocan daños imposibles de eliminar, pero posibles de minimizar (Montaña, 2021). Los efectos que se producen corresponden en muchos casos a modificadores de orden químico, es decir, en las relaciones moleculares de la brea, los cambios en la estructura molecular del asfalto se ven traducidos en un endurecimiento físico que convierte lentamente la mezcla en un material frágil susceptible a la aparición de grietas y otros fenómenos asociados durante su vida útil, por ello, es necesario un compuesto intermedio que evite el estrés de la brea y de los componentes pétreos y, por consiguiente, el envejecimiento y desgaste de la vía. Dada la disponibilidad de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en nuestro país por su agroindustria, la promoción municipal por gestión de residuos sólidos, la gran necesidad de mejorar las vías terciarias en los municipios y la necesidad de justificar sus PIP menores (Proyectos de Inversión Pública Menores) para pavimentación de sus vías asentadas, motiva la presente investigación.

A nivel internacional tenemos a Luo et al. (2019), su investigación es aplicada, usando la metodología de revisión sistemática sobre las investigaciones experimentales, sus resultados muestran algunas cualidades principales de la mezcla, algunas pruebas como la flexión a baja temperatura, la firmeza a la tracción indirecta, el seguimiento de la carga de la rueda, el seguimiento de la rueda de Hamburgo, la inmersión Marshall, la división de congelación-

descongelación, la fatiga por flexión del tercer punto y la fatiga por tracción indirecta se aplican para analizar la alineación de excavaciones, la firmeza al resquebrajadura a baja temperatura, la firmeza al daño por humedad y la firmeza a la fatiga del asfalto emulsionado modificado con polímero aromático sin carbohidratos o fibra de vidrio. Otros resultados indicaron que la calidad del asfalto emulsionado mejoró significativamente al agregar fibra de polímero aromático sin carbohidratos o fibra de vidrio. Investigaciones anteriores demostraron una mejora obvia en el rendimiento a baja temperatura en el pavimento al agregar 0.2-0.4% de fibra de polímero aromático sin carbohidratos de mezclas asfálticas, con una mejora limitada del rendimiento a alta temperatura. Por el contrario, las asfaltos emulsionados modificadas con 0,2-0,6% de fibra de vidrio del asfalto emulsionado mejoraron significativamente la firmeza a altas temperaturas. Por lo tanto, es difícil mejorar todos los rendimientos de la mezcla usando una sola mezcla al mismo tiempo. Aporta porcentajes de fibra de polímero aromático sin carbohidratos con otro material, y una pauta sobre el nivel de mejora según la temperatura.

Ramírez y Florez (2015), tiene como objetivo general evaluar el comportamiento de envejecimiento de un conglomerante hidráulico de asfaltos 80-100 rectificado con polímero aromático sin carbohidratos a través del ensayo RTFO. La investigación fue cuantitativa de diseño experimental, de acuerdo con la investigación y los ensayos realizados, se observó que la adición de polímero aromático sin carbohidratos rigidiza el material en estado original en un promedio de 17,8%, porcentaje que no sobrepasa los límites que provocan fisuramiento, ondulaciones, abultamientos, entre otras patologías. El excesivo porcentaje de

polímero aromático sin carbohidratos en la composición puede llegar a transformarse en un obstáculo. Se encontró que porcentajes en torno al 20% de polímero aromático sin carbohidratos, rigidiza demasiado el material lo cual perjudica las características mecánicas del asfalto emulsionado, facilitando la resquebrajadura alta temperatura particularmente en épocas de frío. El porcentaje óptimo de sustitución es de 15 % de polímero aromático sin carbohidratos ya que en comparación con el asfalto sin modificar y con las demás adiciones, se adquirió un asfalto con comportamiento reológico mejorado, lo cual se destelló en el crecimiento de su rigidez en un 33.77% respecto al asfalto convencional y en su poca susceptibilidad de alta temperatura con un punto de ablandamiento de 48,8°C. Así mismo, con este porcentaje de modificación se puede utilizar una temperatura de 135°C para los procesos de compactación y mezclado. Se concluye que determinar el porcentaje óptimo de polímero aromático sin carbohidratos que mejorara el comportamiento reológico del asfalto, es necesario continuar la investigación con la ejecución de ensayos mecánicos sobre mezclas modificadas con 15% de polímero aromático sin carbohidratos para determinar el desempeño de dicha mezcla en una estructura multicapa. Este antecedente aporta que el porcentaje óptimo de sustitución es el 15 % de polímero aromático sin carbohidratos que vendría a ser para nosotros un referente.

Rodríguez et al. (2016), comparte su investigación aplicada de diseño experimental, presentando un análisis de los resultados obtenidos de un asfalto modificado con polímero aromático sin carbohidratos . Se utilizaron 6 porcentajes distintos; 5%, 10%, 15% y 20% en 400 gramos de asfalto 80-100. La polímero aromático sin carbohidratos fue tamizada en el Criba de 75  $\mu\text{m}$  con el fin de

obtener una mezcla homogénea y evitar grumos; el tiempo de mezcla fue de 30 minutos por cada porcentaje y la temperatura se manejó en un rango de 125°C a 135°C para prevenir la aparición de burbujas de aire. El aporte de este antecedente son el desempeño de diferentes dosificaciones en el cementante para asfaltos 10%, 15% y 20% en cemento 80-100 así como el tamaño de la polímero aromático sin carbohidratos 75  $\mu\text{m}$  que evita grumos en un tiempo de mezcla de 30 minutos, estos parámetros de control son una referencia importante.

Yue et al. (2019), el objetivo de este estudio es revisar los trabajos de investigación previos sobre la utilización de diatomita aditivos en mezclas asfálticas. La investigación aplicada, de diseño de revisión sistemática sobre investigaciones experimentales de agregado de fibra de polímero aromático sin carbohidratos en mezclas asfálticas. Los resultados muestran diferentes concentraciones y composiciones en unión de otros materiales como diatomea. Concluyendo que, la tierra de diatomeas mejora significativamente el rendimiento a alta temperatura de las mezclas asfálticas, aunque algunas de las investigaciones detectaron que la mejora del rendimiento a baja temperatura del asfalto emulsionado fue insignificante, mientras que otros registraron que tiene un mal comportamiento en la firmeza al agrietamiento a baja temperatura. La firmeza al agrietamiento a baja temperatura del asfalto emulsionado aumenta con la aditamento de fibra de polímero aromático sin carbohidratos y mejora ligeramente la tenacidad a la alineación de excavaciones a alta temperatura de las mezclas asfálticas. La diatomita y la fibra de polímero aromático sin carbohidratos tienen un efecto importante en la firmeza al daño por agua en las mezclas asfálticas. Según estudios previos, se observa que la cantidad óptima de tierra de diatomeas

es del 12 al 14 % del aglutinante asfáltico que se puede agregar a la mezcla y la cantidad óptima de fibra de polímero aromático sin carbohidratos es del 0,2 al 0,4 % por composición del asfalto emulsionado. El aporte de este antecedente es el uso de un facilitador para la fibra de polímero aromático sin carbohidratos como la tierra diatomea en 12 al 14 % del aglutinante asfáltico con reducidas cantidades de polímero aromático sin carbohidratos 0,2 al 0,4 % por composición del asfalto emulsionado

Zarei et al. (2019), es tipo aplicada, de diseño experimental, como resultados encontró que el rendimiento y las debilidades fundamentales del asfalto emulsionado han hecho que los investigadores piensen en modificar las cualidades técnicas del asfalto emulsionado mediante el uso de los aditivos adecuados. La fibra se esparce a través del asfalto emulsionado y previene el desarrollo de las microfisuras al producir una mezcla más coherente y aumentar su durabilidad. El presente estudio, por primera vez, ha utilizado dos aditivos, polímero aromático sin carbohidratos y fibra de vidrio (6 y 12 mm de longitud), para mejorar el rendimiento del asfalto emulsionado. El mezclado se realizó de forma que se añadieran polímero aromático sin carbohidratos y fibra de vidrio al betún y los áridos, respectivamente. Se concluye que, la longitud de la fibra de vidrio y polímero aromático sin carbohidratos utilizada tiene un efecto significativo en la firmeza Marshall y el rendimiento del asfalto emulsionado, de modo que las fibras de vidrio y polímero aromático sin carbohidratos de 6 mm de longitud ha reducido la firmeza Marshall y la fibra de vidrio de 12 mm de longitud ha aumentado la firmeza Marshall. Además, los resultados del módulo resiliente indican que, al tener un porcentaje estable de fibra y un porcentaje creciente de



polímero aromático sin carbohidratos , se comporta de manera diferente a dos temperaturas de 15 y 25 °C. El aporte de este antecedente es la característica de la polímero aromático sin carbohidratos , que no debe ser particulada, sino tipo fibra, 6 y 12 mm de longitud y su respuesta a la temperatura.

Zhang et al. (2020), la investigación aplicada, de diseño experimental, tuvo como objetivo investigar los efectos de dos productos de polímero aromático sin carbohidratos (polvo de polímero aromático sin carbohidratos y fibra de polímero basado en polímeros aromáticos sin carbohidratos) sobre las cualidades mecánicas de las mezclas asfálticas. Los resultados hallados encontraron firmeza al desmoronamiento, la formación de surcos, el agrietamiento térmico y por agotamiento, y la vulnerabilidad a las humedades de diferentes asfaltos emulsionados se evaluaron respectivamente por medio del test Cantabro, el test de rastreo de carga de ruedas, el test de flexión semicircular, la prueba de flexión de cuatro puntos y la prueba cíclica de congelación-descongelación. Se concluye que la mezcla de asfalto con asfalto modificado con polvo de polímero aromático sin carbohidratos mejoró el rendimiento mecánico general. Sin embargo, la fibra de polímero aromático sin carbohidratos mostró efectos contradictorios en ciertas cualidades mecánicas, es decir, mejor firmeza a la alineación de excavaciones y la descomposición de alta temperatura del asfalto emulsionado, degradación de la firmeza a la abrasión, comportamiento a la fatiga y estabilidad a la humedad. Por lo tanto, se deben tomar precauciones al incorporar fibra de polímero aromático sin carbohidratos en la asfalto emulsionado. Aporta beneficios y efectos contradictorios por lo que da un panel de pros y contras para tener en cuenta según la naturaleza de la vía.

A nivel nacional tenemos a Atachagua y Rosales (2019), realizó una investigación aplicada de diseño experimental, según el enfoque cuantitativo, de nivel exploratorio, diseño cuasiexperimental, la población se limitó a 45 briquetas y se realizó una prueba no estocástica. Observando los hallazgos obtenidos, la mejor estabilidad del emulsionante asfáltico normal es de 1465,4 kg con un contenido máximo de conglomerante hidráulico de asfalto del 6%, ya otra temperatura elevada del emulsionante de asfalto, el polímero aromático sin carbohidratos en 10%. Es preciso concluir que el emulsionado dañado puede resistir el movimiento y la deformación bajo carga elevada y carga cíclica. Por tanto, concluyeron que la aditamento de un polímero aromático sin carbohidratos aumenta significativamente la calidad mecánica y reduce los errores repetidos de los caminos flexibles debido a la intemperie y la congestión.

Aporta que la estabilidad puede incrementarse de 1465.4 kg a 1932.4 kg, con 10% de polímero aromático sin carbohidratos , lo cual es un sustento empírico.

Flores y Orosco (2020), la intención principal es examinar la vida útil del asfalto emulsionado en caliente con una combinación de biopolímeros de polímeros aromáticos libres de carbohidratos; además, en este estudio se utilizó un diseño descriptivo, cuasiexperimental. Se investigó por primera vez la diferencia del tratamiento del hormigón, los materiales de agregados deben cumplir todos los requisitos establecidos por las normas a la hora de diseñar el asfalto fundido. Del mismo modo se realizó una emulsión asfáltica convencional con todos los agregados homologados. Adicionalmente, se ha formulado un emulsionante asfáltico para tres grupos de aditamento más un 5%, 10% y 15% de

polímero aromático sin carbohidratos. Entonces, el test Marshall y el test de Cantabria llegaron a la siguiente conclusión y comprobaron que el 5,8% de conglomerante hidráulico de asfalto cumple con los requisitos del centro de formación utilizando el emulsionante asfáltico EG-2013 con un 5% de polímero aromático sin carbohidratos. Adicionalmente, se ha obtenido un valor de consumo del 7,2% en la mezcla de referencia sin polímero aromático sin carbohidratos y un valor oral del 5,5% con emulsión asfáltica y un 5% de polímero aromático sin carbohidratos, un cambio en el consumo de opacos del 1,7%. Aporta que el polímero aromático sin carbohidratos solo incrementa la firmeza al desgaste en un 1.7%, aunque es solo uno de los parámetros.

Huaquía y Farfán (2021), su investigación es aplicada de diseño experimental donde se estudió los efectos que tienen las fibras de basalto y polímero aromático sin carbohidratos en el asfalto emulsionado para mejorar sus cualidades mecánicas y así, reducir las deformaciones en la carpeta asfáltica. Los resultados describen la utilización 0.3% de fibras de basalto y polímero basado en polímeros aromáticos sin carbohidratos, según investigaciones previas. Se diseñaron dos mezclas asfálticas. La primera muestra representa una mezcla convencional elaborada con agregados de la zona sur de Lima, Conchán. La segunda muestra fue elaborada con los mismos componentes, y con la adición de fibras de basalto y polímero basado en polímeros aromáticos sin carbohidratos. Ambas muestras fueron sometidas a las pruebas de resistencia y flujo de Marshall, y al ensayo de firmeza a compresión. Se concluye que la incorporación de basalto y polímero aromático sin carbohidratos aumenta la estabilidad del emulsionado en 6.45%, los índices de dureza de Marshall en 5.8% y la firmeza a compresión

en 4%. Las cualidades mencionadas, permiten tener una mezcla con mayor firmeza y durabilidad. Aporta materiales sinérgicos a la polímero aromático sin carbohidratos como es el basalto el mismo que incremento la persistencia del emulsionado en 6.45%, en índices de dureza de Marshall en 5.8% y la firmeza a la comprensión en 4%.

La polímero aromático sin carbohidratos es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas junto con la celulosa y la hemicelulosa. Al igual que muchos otros componentes de la biomasa, la polímero aromático sin carbohidratos se forma mediante la reacción de fotosíntesis y su función estructural es la aglomeración de las fibras de celulosa dotando de rigidez a la planta (Poletto, 2018). La composición o distribución de los tres componentes en esas redes varía dependiendo del tipo de planta, pero la polímero aromático sin carbohidratos puede representar entre un 15% y hasta un 40% del peso seco del material lignocelulósico (Beckham, 2018).

Las polímero aromático sin carbohidratos s son polímeros insolubles en ácidos y solubles en álcalis fuertes como el hidróxido de sodio, que no se digieren ni se absorben y tampoco son atacados por la microflora del colon. Pueden ligarse a los ácidos biliares y otros compuestos orgánicos (por ejemplo, colesterol), retrasando o disminuyendo la absorción en el intestino delgado de dichos componentes (Retto et al., 2020). El grado de lignificación afecta notablemente a la digestibilidad de la fibra. La polímero aromático sin carbohidratos , que aumenta de manera ostensible en la pared celular de la planta con el curso de la maduración, es resistente a la degradación bacteriana, y su contenido en fibra reduce la digestibilidad de los polisacáridos fibrosos (González, 2021).

El asfalto emulsionado puede definirse como una composición de áridos minerales, que se mantienen unidos por un ligante asfáltico y se emulsionan de forma que los áridos de piedra se cubren con una película asfáltica similar. La relación referencial entre estos materiales establece las propiedades físicas del material compuesto y, en definitiva, su conducta práctico como pavimento (Speight, 2015). El establecimiento académico de Asfaltos de USA, describe al asfalto como un cemento fuerte, fácilmente adhesivo, altamente impermeable, y durable. Es una sustancia plástica que proporciona una flexibilidad controlable a las mezclas de material mineral con las que usualmente se combina. No obstante que es un sólido o semisólido, en condiciones normales de temperatura ambiental el asfalto puede ser fácilmente licuado mediante aplicación de calor. El asfalto se considera como un cemento bituminoso, debido al hecho de que está constituido por hidrocarburos (Transportation Research Board, 2011).

Las emulsiones asfálticas tienen diversas codificaciones, dependiendo de qué parámetros se evalúan para determinar las diferencias. Dependiendo de la parte del agregado de piedra utilizada para hacer la emulsión, se divide en masilla asfáltica, mortero asfáltico, macadán asfáltico y hormigón asfáltico. Si se tiene en cuenta la temperatura, se dividen en mezclas frías y mezclas calientes. Si el parámetro que se tiene en cuenta es la relación de espacios de aire, la emulsión puede ser densa o cerrada; Semicerrado o semicerrado; menos del 6% que contiene del 6% al 12%, del 12% al 18% o más del 20%, respectivamente, tanto abierto como sin protección. Se ha establecido otra clasificación según la composición de los áridos rocosos. Por lo tanto, existen compuestos con o sin esqueleto mineral, dadas las curvas de medición de partículas, se clasifican

consistentemente como asfalto emulsionado o misceláneas interrumpidas (Speight, 2015).

El asfalto emulsionado en alta temperatura se tipifica así, porque tanto el agregado pétreo, como el asfalto, se calientan antes del mezclado; es un tipo de mezcla compuesta por un 93 a 97 % de agregado pétreo y por un 3 a 7 % de asfalto, con respecto a la masa total de la mezcla (Speight, 2015).

El tipo de asfalto emulsionado a la que se hará referencia en el presente trabajo es una mezcla en caliente de granulometría densa; esto es, con un contenido de vacíos de aire menor al 6%.

Los diseños de los asfaltos emulsionados consisten principalmente en escoger el tipo de árido a utilizar y el método de granulación, al igual que la elección del tipo y contenido de asfalto para conseguir la calidad de emulsión deseada y los requisitos específicos del proyecto. La formulación de la emulsión y la correcta selección de los materiales de dosificación adecuada (calidad adecuada) requieren el conocimiento de las principales propiedades de la emulsión y su repercusión sobre la conducta del pavimento (Speight, 2015). Mohammad (2006) señala que para una aplicación específica e independientemente del procedimiento de diseño empleado, las cualidades relevantes en un asfalto emulsionado en alta temperatura son:

Sobre la estabilidad o firmeza a las deformaciones plásticas, esta propiedad se refiere a la capacidad del asfalto emulsionado para resistir las desproporciones y desplazamientos a causa de las cargas provocadas por el tráfico rodado. El asfalto es duro para mantener su textura, inconsistente, a la vez que provoca desproporciones indestructibles, desgarro y otros síntomas de cizallamiento de la

emulsión. La persistencia es principalmente de la fricción interna y de la flexibilidad. La fricción interna depende de la composición de la superficie, la forma de la partícula y el tamaño molecular. Del mismo modo depende de la densidad de la emulsión, la cantidad y el tipo de asfalto. La consistencia depende del material asfáltico. A medida que aumenta el contenido de asfalto, la fuerza de cohesión aumenta hasta el punto máximo, por lo que cuando aumenta el contenido de asfalto se forma una película muy gruesa sobre las partículas de asfalto, haciendo que la fricción entre las partículas de asfalto se vuelva incoherente (Mohammad, 2006).

Respecto a la durabilidad, se refiere a la propiedad del asfalto emulsionado que describe su capacidad para resistir los efectos perjudiciales del aire, agua, temperatura y tránsito que pueden provocar envejecimiento del asfalto, desintegración del agregado y desprendimiento de la película de asfalto del agregado. Una buena asfalto emulsionado no debe sufrir envejecimiento excesivo durante la vida en servicio. Esta propiedad se relaciona con el espesor de la película de asfalto, y con los vacíos de aire. Colocar referencia de cada normativa (Mohammad, 2006).

Respecto a la flexibilidad, se refiere a la capacidad del asfalto emulsionado para amoldarse, sin sufrir agrietamiento o fisuración, a los asentamientos y movimientos graduales de la base y la subrasante. En ocasiones esta propiedad presenta conflictos con los requerimientos de estabilidad (Mohammad, 2006).

Respecto a la firmeza de la agotamiento, se refiere a la capacidad del asfalto emulsionado para soportar cargas periódicas a causa del paso del transporte. La grieta por fatiga está vinculada con el material y la resistencia del

asfalto. Por otro lado, un alto contenido de asfalto aumenta la probabilidad de que la emulsión se deforme de forma flexible (o con menos facilidad) que la fractura bajo cargas periódicas. Del mismo modo debe tenerse en cuenta que la resistencia a la fatiga depende mucho de la vinculación entre el grosor estructural de las capas y la cargas (Mohammad, 2006).

Respecto a la firmeza al fracturamiento por baja temperatura, se refiere a la capacidad del asfalto emulsionado para no agrietarse en condiciones de bajas temperaturas. Depende principalmente de la rigidez del asfalto a bajas temperaturas (Mohammad, 2006).

Respecto a la firmeza al perjuicio por humedad o impermeabilidad, se refiere a la firmeza al paso de agua y aire hacia el interior, o a través del asfalto emulsionado. La firmeza al daño por humedad se relaciona con las cualidades químicas del agregado mineral y el contenido de vacíos de aire en el emulsionado compactado, y por tanto con los procesos de oxidación del asfalto, su adherencia y el drenaje del pavimento (Mohammad, 2006).

Respecto a la firmeza al deslizamiento, se refiere a la capacidad del asfalto emulsionado para no perder adherencia entre el neumático y la superficie de rodamiento, en particular cuando está húmeda. Una firmeza al deslizamiento baja se relaciona generalmente con las características del agregado y el contenido de asfalto (Mohammad, 2006).

Respecto a la trabajabilidad, se refiere a propiedades asociadas a una fácil compactación y aglomeración de asfalto emulsionado en su sitio. La emulsión adecuada permite la inserción y la compresión sin requerir demasiado esfuerzo. Este componente depende normalmente de combinaciones de los siguientes



factores: propiedades del árido, tamaño del grano, contenido de asfalto y viscosidad (Speight, 2015).

Los factores principales que afectan la conducta y relacionados con la composición de la emulsión, es decir, las variables de la emulsión son:

En cuanto a las propiedades del conglomerante hidráulico de asfalto, señala que la sensibilidad del asfalto al calor es un factor que afecta en gran medida la conducta de los emulsionantes. El asfalto emulsionado hecho con asfalto duro es menos propenso a cambios en la temperatura y la velocidad de aplicación de cargas y, como resultado, tiene una vida útil más larga a la fatiga (Zhang, 2019). El asfalto blando, por otro lado, hace que el asfalto emulsionado sea más sensible a los cambios de temperatura y la tasa de aplicación de carga y, por lo tanto, más sensible a la deformación permanente. (Zhang, 2019). Contenido de brea: El contenido de brea son los parámetros que impacta en la conducta del asfalto emulsionado (Zhang, 2019). Zhang (2019) señala que para ciertos tipos de asfalto emulsionado, las propiedades mecánicas de la emulsión pierden valor incluso a medida que aumenta el contenido de asfalto, el valor de la asociación de asfalto aumenta por debajo de la robustez mecánica óptima y la robustez a la fatiga, o aumenta el riesgo de deformación permanente, para el valor por encima de la relación óptima de asfalto. Porcentaje de espacio libre: El asfalto emulsionado con menores fracciones de espacio libre tiene una larga vida útil, lo contrario al agotamiento ocurre en el caso de deformación permanente; para emulsiones con un fracciones de menos del 3% de espacio libre, la sensibilidad a la deformación permanente es superior. (Especificaciones técnicas EG 2013) Granulómetro: aunque el efecto del tamaño máximo de agregado no es tan

pronunciado como el contenido de asfalto, las curvas granulométricas pueden verse afectadas por dos factores: el volumen máximo de agregado y el tipo de curva, que puede ser continua o discontinua. Estos dos factores afectan la proporción de huecos, por lo que afectan la resistencia a la fatiga y la deformación permanente. El porcentaje de espacio libre del grupo mineral depende de la curva de tamaño de grano. 0,45 en curvas cercanas a la línea eléctrica (llamadas curvas de densidad máxima, curvas más completas), la relación de espacio libre es baja y densa. Forma y textura del agregado: Son factores que también afectan la compacidad. Los agregados angulosos, con superficies rugosas, son frecuentemente más difíciles de compactar, lo que lleva a un menor volumen de vacíos para una misma energía de compactación, y en consecuencia un módulo de rigidez más bajo. Para una misma energía de compactación y misma granulometría, las asfaltos emulsionados constituidas por agregados redondeados y lisos presentan mayor porcentaje de vacíos y son fáciles de compactar; mientras que las mezclas con agregados triturados resultan con mayor porcentaje de vacíos. Para una misma compacidad, parece no haber diferencias significativas en la duración de la vida a la fatiga entre mezclas con agregados redondeados y lisos, y mezclas con agregados triturados. Para una misma energía de compactación, las asfaltos emulsionados con agregados redondeados y lisos presentan un incremento en la compacidad y en la duración de la vida a la fatiga, a diferencia de las mezclas con agregados triturados. Contenido de finos: La incorporación de finos en las curvas granulométricas reduce el porcentaje de vacíos, con lo que el módulo de rigidez aumenta (Speight, 2015).

El método original de Marshall sólo es aplicable a asfaltos emulsionados en alta temperatura que contengan agregados con tamaño máximo de 25 mm (1”). Por su parte, el régimen Marshall rectificado se desarrolló para volúmenes de agregado mayores a 38 mm (1,5”); fue para diseño en laboratorio y control en campo de asfaltos emulsionados en caliente de granulometría densa. Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados, en términos de estimar el comportamiento en campo, se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar (Mohammad, 2006).

El método Marshall utiliza especímenes de prueba de 64 mm (2 ½”) de altura y 102 mm (4”) de diámetro. Su preparación comienza con procedimientos especiales para calentamiento, emulsión y comprimir la mezcla de agregados asfálticos. Los dos aspectos principales del método de diseño emulsionado Marshall son la evaluación del volumen vacío y la prueba de persistencia y flujo de muestras comprimidas.

La fuerza de una muestra de prueba es la fuerza máxima en N (lb) que desarrollará cuando se pruebe a una temperatura de 60 °C. El valor de fluencia es el movimiento o deformación total, en unidades de 0,25 mm (1/100”), que se produce en la prueba entre sin carga y el punto de carga máxima durante la prueba de estabilidad (Nicholls, 2017).

El método Marshall determina los requisitos solo para mediciones de granulación y parámetros volumétricos de la mezcla. Los requisitos de calidad para agregado y asfalto son determinados por el departamento responsable del desarrollo de infraestructura; para México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (STC) es la dependencia que determina los requisitos que se deben

cumplir para el diseño y control de mezclas asfálticas. La tabla 1-5 define los requisitos especificados en la especificación estándar para la medición de piedras, materiales asfálticos y gránulos en la fabricación de mezclas asfálticas.

Respecto a la prueba básica; esta prueba intenta caracterizar el asfalto emulsionado midiendo los parámetros que describen su conducta bajo carga. Utilizando modelos teóricos basados en estos parámetros, es posible estimar el número de aplicaciones de carga que la mezcla puede resistir pío a una desproporción descomunal (Speight, 2015).

Las pruebas básicas se clasifican en pruebas de fluencia estática, pruebas de carga iterativa, pruebas de modo dinámico y pruebas de carga cortante. Las pruebas de fluencia estática aplican cargas axiales estáticas y miden cómo se cura la muestra cuando se retira la carga. En pruebas de carga repetidas, se aplican cargas cíclicas axiales a la muestra a una frecuencia constante durante muchas repeticiones (generalmente más de 1000), y se miden las deformaciones recuperables y persistentes en la muestra. Esta prueba también puede ser de diámetro. A partir de esta prueba, puede calcular el módulo elástico del asfalto emulsionado comprimido.

En las pruebas de modo dinámico, se aplican cargas axiales a la muestra durante 30 y 45 segundos en la frecuencia de diciembre (generalmente 1,4 y 16 Hz). Esta prueba también puede ser de diámetro. La prueba de coeficiente dinámico mide la relación tensión-deformación. Esta relación se define como un número llamado "número complejo" ( $e^*$ ), que es un indicador de las propiedades viscosas (dinámicas) del asfalto emulsionado. Además, se puede medir la fase del espécimen ( $d$ ) de la muestra, que es la característica principal. Sin embargo, esta

prueba es más difícil de realizar, ya que requiere un sistema de medición de voltaje más preciso.

Las pruebas de fluencia, recarga y módulo dinámico se pueden realizar a temperaturas diferentes, limitadas o ilimitadas (Masad et al., 2018).

Prueba de caracterización de la existencia de fatiga: las propiedades de fatiga del asfalto emulsionado son importantes porque uno de los modos de fallo es la rotura por fatiga. La prueba de flexol (2, 3 y 4 puntos) se utiliza para caracterizar la fatiga de la mezcla asfáltica. Esta prueba consiste en doblar repetidamente una viga de asfalto fundido hasta que falla. Gracias a estas pruebas, se pueden obtener leyes de fatiga y módulos de rigidez en la fatiga (Speight, 2015).

Prueba característica de resistencia a la tracción: una prueba habitualmente utilizada para valorar la resistencia a la tracción del asfalto emulsionado es la tensión indirecta. Esta prueba proporciona parámetros importantes: esfuerzo unitario bajo tensión y coeficiente de rigidez bajo tensión. Utilizando modelos teóricos basados en estos parámetros, es posible calcular el número de aplicaciones de carga que puede soportar un compuesto antes de que se produzca un fallo por fatiga (Mohammad, 2006)

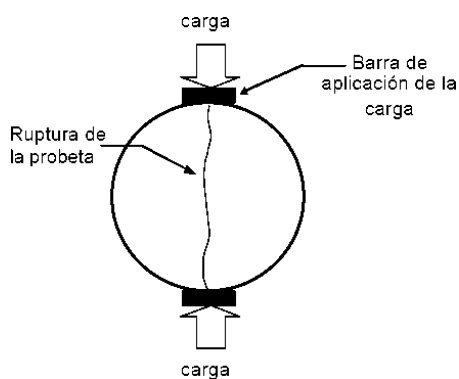
La robustez es un buen indicador de la probabilidad de grietas. Una gran tensión en el fallo indica que el asfalto fundido puede soportar una gran tensión antes del fallo. Esto significa que será más resistente a la grieta que las aleaciones con menos cuerpo en el fallo. Adicionalmente, la medida de la firmeza antes y después del octeto acondicionado del agua es indicativa de la sensibilidad a la humedad (Masad et al., 2018).

La prueba de esfuerzo indirecto se define como el uso de una carga de compresión a lo largo del eje del diámetro de una muestra cilíndrica. El tamaño de la carga es de al menos 100 kilogramos, y debe aplicarse a una velocidad asimétrica constante de 50 milímetros por minuto hasta que falle. Debido a la forma cilíndrica de la muestra, la carga se aplica con dos varillas; la carga de compresión se convierte en tensión de tracción. Durante la prueba, la carga y la deformación se registran hasta el fallo de la muestra.

Para un análisis completo, el análisis se puede realizar a temperaturas de -10, 4 y 20.

### Figura 1

*Ruptura de un espécimen de ensayo Marshal de tensión indirecta.*



*Nota.* La figura representa la forma más común de examinar la superficie de una fractura, tomado de (Nicholls, 2017)

La relación entre la altura y el diámetro del espécimen debe ser mayor a 0,33 mm. Para un espécimen de 150 mm de diámetro, la altura mínima es de 50 mm (Nicholls, 2017).

Ensayos para caracterizar la rigidez: Los ensayos de rigidez se emplean para determinar el módulo elástico o resiliente del asfalto emulsionado a diferentes temperaturas. El módulo de resiliencia es un parámetro imprescindible

para el dimensionamiento de los pavimentos. Los ensayos de carga repetida se usan para determinar el módulo resiliente (Masad et al., 2018).

Ensayos para caracterizar la susceptibilidad a la humedad: A la fecha no hay un ensayo que haya logrado una amplia aceptación para evaluaciones de los efectos de la humedad en una mezcla, comparando los resultados de los ensayos húmedo y seco. El SUPERPAVE recomienda el ensayo de Lottman modificado como el ensayo más apropiado.

El ensayo de Lottman modificado, básicamente compara los resultados del ensayo de firmeza a la tensión indirecta de una muestra seca y de una muestra expuesta al agua/congelamiento/deshielo. La muestra en agua se somete a saturación por vacío, un ciclo de congelamiento opcional, seguido por un ciclo de congelamiento y humedecimiento en agua, antes de ser ensayado en firmeza a tensión indirecta (Kett, 2012). Los resultados del ensayo se reportan como la relación de firmeza a la tensión:

$$TSR = \frac{S_2}{S_1}$$

Donde:

TSR = relación de firmeza a la tensión

S<sub>1</sub> = firmeza a la tensión promedio de la muestra seca

S<sub>2</sub> = firmeza a la tensión promedio de la muestra acondicionada

Adicionalmente de la prueba Lottman modificada, se utilizan el aparato de ruedas de Hamburgo (HWTD) o el analizador de pavimentos de asfalto (APA) para las comprobaciones de sensibilidad a la humedad, en vista de que se pueden realizar dentro y fuera de un baño de agua caliente (Speight, 2015).

De todas las pruebas mencionadas, la prueba de simulación (rueda cargada) se usa actualmente con mayor frecuencia para caracterizar la profundidad de la ruta porque es fácil de realizar, se correlaciona bien con los datos de campo y la carga y temperatura de prueba representan las condiciones de campo actuales.

En cuanto a la caracterización de grietas por fatiga, las pruebas de esfuerzo indirectas son las más comunes, porque es fácil y rápido hacer esto. Es importante tener en cuenta que se puede hacer con el equipo Marshall, que se utiliza para realizar la persistencia y el flujo, sólo se requiere de una placa y de dos barras metálicas para aplicar la carga.

La presente investigación se justificó desde el criterio de conveniencia por cuanto permite satisfacer dos demandas sociales de las comunidades rurales y urbanas, materiales para el mejoramiento de las vías terciarias y valoración de los residuos agroindustriales mejorando la gestión pública.

Desde el criterio social, se justifica porque permite dar justificación y alternativas para viabilizar el mejoramiento de las vías terciarias en las comunidades rurales mejorando su infraestructura pública y a las ciudades porque es una alternativa para que revaloren los residuos celulósicos.

Desde el criterio practica se justica porque permite realizar ensayos experimentales y verificar con los residuos ligninicos las dosificaciones y desempeño de los residuos lignitos, contribuyendo a la justificación de su uso en las obras publicas.

Desde el aspecto metodológicos se justifica porque documenta el uso de metodologías estándar para determinar la aplicabilidad y ventajas de los residuos asfálticos como agregado asfáltico.



## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el análisis del agregado de residuos de lignina en el comportamiento de un asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf, Laredo, 2022?

## **1.3. Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar el agregado de residuos de lignina en el comportamiento de un asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf, Laredo, 2022.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las características de residuos de lignina.
- Diseñar el asfalto emulsionado.
- Determinar la dosificación de residuos de lignina en el asfalto emulsionado.
- Determinar el comportamiento del polímero aromático sin carbohidratos en el asfalto emulsionado convencional y adicionado el residuo de lignina mediante el ensayo de Marshall.

## **1.4. Hipótesis**

### **Hipótesis general**

El agregado de residuos de lignina mejorará el comportamiento del asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf Laredo 2022.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

Esta investigación fue aplicada y tuvo como objetivo responder a preguntas específicas destinadas a resolver problemas del mundo real (CONCYTEC, 2018, p. 3). El enfoque de este estudio será cuantitativo, porque utiliza para cuantificar numéricamente los problemas usando la estadística o resultados de valores matemáticos y comparación (Hernández y Mendoza, 2018).

### 2.2 Diseño de la investigación

Se utilizó diseño preexperimental. (Hernández y Mendoza, 2018)

$$M: O1 \rightarrow X \rightarrow O2$$

Donde:

**M** : Muestra.

**O1** : Cualidades asfálticas sin agregados de lignina

**X** : Diseño del asfalto emulsionado con agregado de lignina

**O2** : Cualidades asfálticas después de utilizar agregados de lignina.

### 2.3 Población y muestra

La distribución poblacional estuvo conformada por el diseño de todos asfaltos emulsionados en el distrito de Laredo.

La muestra estuvo compuesta por 12 briquetas las cuales estaban constituidas 3 asfalto emulsionado convencionales para las vías de la Urbanización Florida del Golf. y 3 juegos de 3 asfalto emulsionado con diferentes porcentajes de residuos estandarizados de Polímero aromático sin carbohidratos en concentración de 8% y 12%.

El muestreo se ha considerado no probabilístico a conveniencia (Jackson, 2015)

#### **2.4 Materiales, instrumentos y métodos**

Se consideró en esta investigación la técnica de la observación. La observación es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, seguir un método, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis a fin de obtener el mayor número de datos sobre el fenómeno investigado (Baena, 2017).

La herramienta utilizada ha sido una guía de observación. Las guías de observación son herramientas que permiten a los observadores autoeducarse sistemáticamente, siendo un medio para recoger y recuperar datos e información sobre hechos o fenómenos (Baena, 2017).

Las guías de observación que se utilizó fueron: Fichas de observación de muestras (ver anexo 3); fichas de análisis granulométrico (ver anexos 4 y 5); y fichas de ensayo Marshal (ver anexos 6,7,8).

#### **2.5 Procedimientos y análisis de datos**

Se utilizó una caracterización física de los agregados. El agregado pétreo empleado para la elaboración de las mezclas es procedente de la cantera Mudarra, ubicada 2 Km del centro poblado El Milagro – en el distrito de Huanchaco, realizando ensayos según las especificaciones del Manual de Carreteras EG-2013: análisis granulométrico de agregados grueso y finos (ASTM 1362), densidad relativa y absorción de los agregados gruesos (ASTM– C127), y gravedad

específica y absorción de los agregados finos (ASTM C128-15). La breca utilizada fue la comercial, se realizó el diseño de las mezclas.

Se evaluó las muestras de asfalto emulsionado: Una convencional y las otras modificadas con residuos caracterizados de polímero aromático sin carbohidratos a través del ensayo Marshall.

La prueba Marshall es una prueba de laboratorio utilizada para conocer los contenidos máximos de pavimento en el hormigón asfáltico, esta prueba consiste en compactar muestras de asfalto en moldes y luego someterlas a una serie de pruebas de carga y deformación. Los resultados de estas pruebas se utilizan para calcular el contenido de asfalto que produce la combinación óptima de estabilidad y fluidez, es una prueba relativamente sencilla de realizar y los resultados son reproducibles. El procedimiento es:

1) Preparar la asfalto emulsionado, 2) La asfalto emulsionado se prepara según las especificaciones deseadas, 3) Compactar las muestras, 4) Los especímenes se compactan en moldes usando un Marshall Compactor, 5) Se cargan las muestras en un marco de carga de estabilidad Marshall, 6) Se miden los resultados. Los resultados de la prueba se miden en términos de estabilidad, flujo y vacíos (El-Badawy y El-Hakim, 2018).

La máquina de prueba Marshall es un equipo de laboratorio que se utiliza para determinar los contenidos máximos de pavimento en el hormigón asfáltico. La máquina trabaja compactando muestras de asfalto en moldes y luego sometiéndolas a una serie de pruebas de carga y deformación. Los resultados de estas pruebas se utilizan para calcular el contenido de asfalto que produce la

combinación óptima de estabilidad y fluidez, consta de un marco de carga, un ariete de carga, un indicador de carátula y un baño de agua. El marco de carga se utiliza para mantener la muestra en su lugar durante la prueba. El ariete de carga se utiliza para aplicar la carga a la muestra. El indicador de carátula se utiliza para medir la deformación de la muestra. El baño de agua se utiliza para mantener la temperatura de la muestra durante la prueba.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

1. La muestra se compacta en un molde utilizando un Marshall Compactor.
2. La muestra se coloca en el baño de agua y se deja en remojo durante 30 minutos.
3. La muestra se retira del baño de agua y se coloca en el marco de carga.
4. El ariete de carga se baja sobre la muestra y se aplica la carga.
5. El indicador de carátula se utiliza para medir la deformación de la muestra.
6. La carga se incrementa en incrementos y la deformación de la muestra se mide en cada incremento.
7. La prueba se detiene cuando la muestra falla.
8. Los resultados de la prueba se miden en términos de estabilidad, flujo y vacíos.
9. La estabilidad son cargas máximas que la probeta puede resistir antes de fallar.
10. El flujo es la cantidad de deformación que sufre la muestra antes de fallar.
11. Los vacíos son el porcentaje del volumen de la muestra que no se llena con asfalto.

Herrera y Martín, (2006) señala que algunos de los componentes clave de la máquina de ensayo Marshall son:

**Marco de carga:** El marco de carga se utiliza para mantener la muestra en su lugar durante la prueba. Está hecho de un marco de metal fuerte que está diseñado para soportar las altas cargas que se aplican durante la prueba.

**Ram de carga:** el ram de carga se utiliza para aplicar la carga a la muestra. Está hecho de una barra de metal fuerte que está conectada al marco de carga. El ariete de carga es movido hacia abajo por un cilindro hidráulico.

**Indicador de carátula:** El indicador de carátula se utiliza para medir la deformación de la muestra. Es un dispositivo que tiene una aguja que se mueve hacia arriba y hacia abajo a medida que se deforma la muestra. El indicador de carátula está conectado al ariete de carga y mide la cantidad de movimiento del ariete de carga.

**Baño de agua:** El baño de agua se utiliza para mantener la temperatura de la muestra durante la prueba. La muestra se coloca en el baño de agua y la temperatura del agua se mantiene constante a 60°C. Esta es la temperatura a la que normalmente se realiza la prueba de Marshall.

La máquina de prueba Marshall es un equipo complejo, pero es una herramienta valiosa para conocer los contenidos máximos de pavimento en el concreto asfáltico. Los resultados de la prueba se pueden utilizar para diseñar mezclas de hormigón asfáltico que sean estables y trabajables.

El diseño de las muestras estándar y modificadas con residuos de polímero aromático sin carbohidratos fueron realizadas según la metodología Marshall ASTM D1586. Y MAC-2. Para el diseño de mezcla convencional, se fabricaron

3 briquetas de asfalto emulsionado de 101.6 mm de diámetro y 66.5 mm de altura. Las mezclas fueron compactadas a 50 golpes por cara para cada porcentaje de asfalto entre 5 y 7 %, con el objetivo de conocer los contenidos óptimos de cementante para asfaltos mediante la curva de energía de consolidación firme.

De determino la gravedad específica teórica máxima por el método Rice (ASTM D2041) y AASHTO T183. En este último ensayo se toma lectura de la firmeza a la compresión de la muestra.

Se determino con el aparato Marshall la máxima carga que soporta la muestra (estabilidad), se determina el flujo.

Para la mezcla modificada con aditivo de polímero aromático sin carbohidratos se aplicó similar proceso de la mezcla convencional, pero con la incorporación de diferentes % de agregado de polímero aromático sin carbohidratos .

Los resultados de estabilidad, flujo y firmeza a la compresión de la muestra convencional y la muestra modificada fueron comparados en las mismas condiciones con el fin de determinar el cambio que experimentan los parámetros mecánicos del asfalto emulsionado.

## 2.6 Aspectos Éticos

Esta indagación se tomó en cuenta la legitimidad del texto, empleando citas apropiadas por medio de la norma APA 7 edición, además se consideró los aspectos éticos en la investigación científica, respetando la propiedad intelectual de los autores, citando sus teorías y conocimientos, referenciando apropiadamente en las fuentes bibliográficas; además esta investigación realizará los

procedimientos para cada ensayo siguiendo las respectivas normativas vigentes en un laboratorio certificado, a fin de dar fe de la veracidad de los resultados.



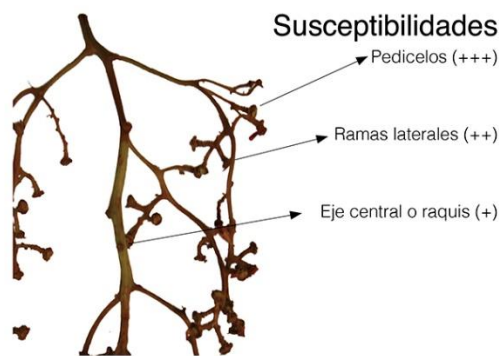
## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1 Determinar las características de residuos de polímero aromático sin carbohidratos .

La polímero aromático sin carbohidratos fue producida de residuos de cultivos de uva, los mismos que se componían de raquis del racimo consistentes de pedicelos, ramas laterales y eje **central o raquis**.

#### Figura 1

*Origen de residuos de polímero aromático sin carbohidratos procedentes de uvas*



*Nota.* En la figura se observa las raquis de los racimos de viñedos, los mismos que tienen una estructura ligninicos extraíble y se componentes de una gran cantidad de estas estructura que genera altos costos en desechos industriales.

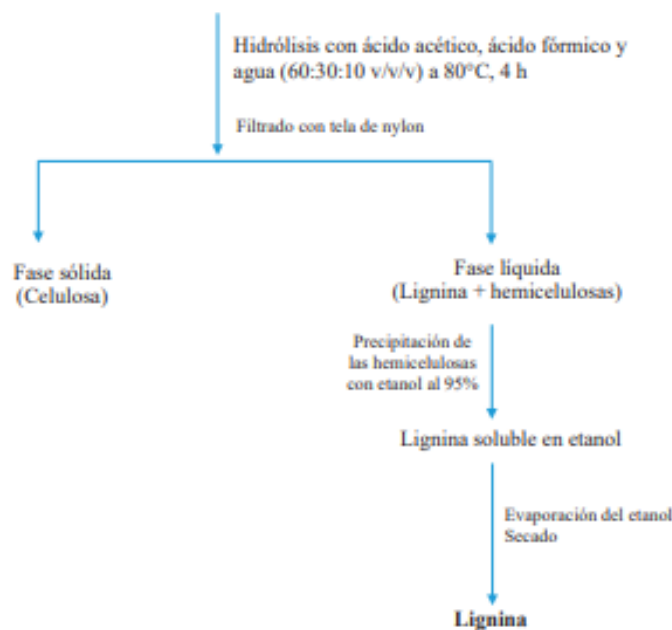
Estos raquis se secaron y fueron tratados para la extracción de la polímero aromático sin carbohidratos (pues el raquis contiene además de polímero aromático sin carbohidratos , celulosa, hemicelulosa y otras sustancias. El objeto del estudio era usar una polímero aromático sin carbohidratos pura.

Para extraer la polímero aromático sin carbohidratos de manera separada el lirio y las cáscaras de nuez molidas fueron sometidos a hidrólisis con una mezcla de ácido acético (AC), ácido fórmico (AF) y agua destilada (AD)

(AC/AF/AD 60:30:10 v/v/v relación 1:10 p/v) durante 4 horas. El proceso se detalla en la figura 3.

## Figura 2

*Diagrama general del proceso organosolv utilizado para la extracción de polímero aromático sin carbohidratos .*



*Nota.* En la figura se detalla el proceso de extracción química de la polímero aromático sin carbohidratos , el mismo que es necesario pues la polímero aromático sin carbohidratos como polímero útil esta mezclado con componentes indeseables que es necesario purificar mediante el proceso descrito en la figura

El rendimiento de este proceso es del 15.2% en peso seco. Diagrama general del proceso organosolv utilizado para la extracción de polímero basado en polímeros aromáticos sin carbohidratos. Estas polímero basado en polímeros aromáticos sin carbohidratos, exhiben pesos moleculares inferiores, son impenetrables en el agua (Bedia, et al., 2009). La lignina pura (a diferencia de los restos celulósicos – ligninicos secos) concretamente con micropartículas marrones

y tan finas que al ser tamizadas por la malla N° 200 gran parte pasa sin inconveniente alguno. Las cualidades de la lignina purificada se detallan en la tabla 1, y la figura de polímero aromático sin carbohidratos se muestra en el anexo 3.

**Tabla 1**

*Cualidades de la polímero aromático sin carbohidratos .*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tensión superficial	43	mN/m
Solubilidad	0%	Agua
Punto de sinterización	180	°C
Densidad	1.3	g/ml @ 25°C

*Nota.* Cualidades fisicoquímicas de la polímero aromático sin carbohidratos , se aprecia que es hidrofóbica.

En la tabla 1 se aprecia las propiedades, destacando que es insoluble en agua y un punto de sinterización de 180°C y una densidad de 1.3 g/ml, y la tensión superficial es menor al agua que es de 72 mN/m

### **3.2 Diseño estándar de asfalto. Componentes pétreos**

Granulometría de agregados, la gradación de agregados fue de acuerdo con la norma AASHTO T30, y T 308 el cual requiere agregado grueso con parámetros de peso específico (Pe), deterioro por abrasión, chatas y alargadas, caras fragmentadas. En cuanto al agregado fino los parámetros son: Contenido de humedad, equivalente de arena, Pe), lo que implica que la muestra tiene que ser de cantera y procesada.

La cantera de donde procedió los agregados fue Agregados Trujillo localizada en el Porvenir de la Provincia de Trujillo a una altitud de 117 m.s.n.m.

y coordenadas UTM (E 720436.00; N 9108256.00), y cuya dirección comercial está en Jr. Cuzco 543 Trujillo.

El material grueso y agregado fue producto de fractura y se detalla a en la tabla 2.

### Características granulométricas de los agregados pétreos

**Tabla 2**

*Análisis granulométrico por tamizado.*

Fuente		Agregados Trujillo			
Fecha de toma		14/04/2022	Fecha ensayo		18/04/2022
Localización		El Porvenir			
Peso inicial (g)		2500			
Tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido		% Pasa
mm	No.		Total (%)	Acumulado (%)	
19	3/4	0	0.00	0.00	100.00
12.5	1/2	243	10.51	10.51	89.49
9.5	3/8	194.5	8.41	18.92	81.08
4.75	4	633.3	27.38	46.30	53.70
2	10	535.8	23.17	69.46	30.54
0.425	40	389.7	16.85	86.31	13.69
0.18	80	170.5	7.37	93.68	6.32
0.075	200	146.1	6.32	100.00	0.00
Fondo			-	-	-
Peso total (g)		2312.9			

**Observaciones:**

*Nota.* Características generales del agregado pétreo en la cantera de Agregados Trujillo Distrito El Porvenir

**Cemento asfáltico**

El asfalto fue el tipo PEN 60-70 de Repsol (Ficha técnica anexo 9) características del Agregado Grueso.

## Cualidades del agregado grueso

Cualidades de los agregados EG-2013 (MTC, 2013)

**Tabla 3**

*Resumen de cumplimiento de especificaciones en agregados.*

Ensayo	Norma	Resultado	Significado	Detalle
Ensayo de contenido de Humedad	MTC E-206	19%	Cumple	Anexo
Firmeza al deterioro del agregado grueso por abrasión	MTC E-207	2.872 g/cm	Cumple con MTC E 207 (ver anexo 8)	.
(Pe) y permeabilidad del agregado grueso	MTC E 206.	0.55%	Cumple la norma E 206 prescribe 1% como máximo	.
Ensayo de partículas con cara de fractura	ASTM D 5821	7.7%	Cumple para norma MTC E 19 que prescribe 10% máximo	.

*Nota.* Fuente anexos 3 y 4

En la tabla 3 se aprecia que las cualidades de los agregados acorde a las pruebas realizadas cumplen los requisitos que prescribe la norma MTC E 19

## Contenido de humedad

**Tabla 4**

*Porcentaje de peso específico y absorción.*

Indicador	Unidad	Procedimiento	Cantidad
Peso del material saturado y superficialmente seca (en aire)	(gr)	A	4,061.543
Peso del material saturado y superficialmente seco (gr) (sumergido)	(gr)	B	2,654.790
Volumen masa + volumen de vacíos	(cm <sup>3</sup> )	C=(A-B)	1,406.753
Peso del material seco a 105°C	(gr)	D	4,037.200
Volumen de la masa	(cm <sup>3</sup> )	E=C-(A-D)	1,384.310
Peso Específico Bulk (Base seca)	(gr/cm <sup>3</sup> )	D/C	2.873
Peso Específico Bulk (base saturada)	(gr/cm <sup>3</sup> )	A/C	2.889
Peso Aparente (base seca)	(gr/cm <sup>3</sup> )	D/E	2.920
<b>Absorción</b>	<b>%</b>	<b>((A-D) / D) *100</b>	<b>0.556</b>

*Nota.* En la tabla se describe el proceso por el cual se determina la absorción en el agregado pétreo acorde a la norma MTC E 206.

## Firmeza al desgaste

**Tabla 5**

*Resultados de Firmeza al desgaste en maquina los ángeles.*

Pasa	Retenido	Peso retenido	A	B	C	D
1 1/2	1	23	23			
1	3/4	1018	1018			
3/4	1/2	2298	2298	2298		
1/2	3/8	1042.6	1042.6	1042.6		
3/8	1/4	739.5			739.5	
1/4	N° 4	376.5			376.5	
N° 4	N°8	1858.7				1858.7
TOTAL			4381.6	3340.6	1116	1858.7

*Nota.* En la tabla se describe los resultados de desgaste en la máquina de Los Ángeles

**Tabla 6**

*Porcentaje de desgaste.*

Tipo de gradación	A
Numero de esferas	12
Peso inicial Pa (g)	5000.0
Peso Final lavado sobre Criba 12 Pb (g)	4002.0
<b>Porcentaje de desgaste</b>	<b>20.0</b>

*Nota.* Parámetros utilizados para la prueba de desgaste en la máquina de Los Ángeles.

$$Desgaste (\%) = \frac{Pa - Pb}{Pa} * 100$$

$$Desgaste (\%) = \frac{5000 - 4002}{5000} * 100$$

$$Desgaste (\%) = 20\%$$

Cumple para vías de clase B

## Peso específico y permeabilidad del agregado grueso

**Tabla 7**

*Porcentaje de peso específico y absorción.*

Indicador	Unidad	Procedimiento	Cantidad
Peso del material saturado y superficialmente seca (en aire)	(gr)	A	4,061.100
Peso del material saturado y superficialmente seco (gr) (sumergido)	(gr)	B	2,649.100
Volumen masa + volumen de vacíos	(cm <sup>3</sup> )	C=(A-B)	1,412.000
Peso del material seco a 105°C	(gr)	D	4,037.200
Volumen de la masa	(cm <sup>3</sup> )	E=C-(A-D)	1,389.840
Peso Específico Bulk (Base seca)	(gr/cm <sup>3</sup> )	D/C	2.873
Peso Específico Bulk (base saturada)	(gr/cm <sup>3</sup> )	A/C	2.889
Peso Aparente (base seca)	(gr/cm <sup>3</sup> )	D/E	2.920
Permeabilidad	%	((A-D) / D) *100	0.549

*Nota.* Dado que 0.55% > que el límite máximo de 1% cumple la norma MTC E-206.

## Ensayo de partículas chatas y alargadas

El test de Partículas Chatas y Alargadas tiene por finalidad conocer el porcentaje de estos átomos en el agregado grueso caracterizadas por su forma e interrumpiendo la consolidación y dificultando la colocación unas de otras en el material a utilizar. Este tipo de partículas son más propensas a fracasar en su firmeza al tener una pequeña presión o carga sobre ellas por ser muy delgadas. Como referencia normativa se aplicarán el MTC E 223 (Manual de Ensayo de Materiales), ASTM D 4791.

**Tabla 8**

*Porcentaje de partículas chatas y alargadas.*

<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>													
<b>OBRA:</b> "EVALUCION DE UNA MEZCLA ASFALTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMATICOS CHOTA"										<b>HECHO POR:</b> G. R. R.			
<b>SOLICITANTE:</b> KEVIN JHONY CARRANZA HERRERA										<b>ING. RESPONSABLE:</b> H.C.R			
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE CHOTA-PROVINCIA DE CHOTA-REGION CAJAMARCA										<b>FECHA:</b> 17/09/2020			
<b>CANtera:</b> LOS PEROLES													
<b>UBICACIÓN:</b> ..													
<b>GRADACION:</b> MAC 2													
<b>MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO</b>													
CRIBA (pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS		
		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO (%)	(%) CORREGIDO	(%) CORREGIDO	PESO (%)	(%) CORREGIDO	(%) CORREGIDO	PESO (%)	(%) CORREGIDO	
2"	50.80												
1 1/2"	38.10												
1"	25.40												
3/4"	19.00			100.0									
1/2"	12.70	1465.6	26.6	73.4	91.2	6.2	1.7	69.9	4.8	1.3	1304.5	89	23.7
3/8"	9.50	1243.7	22.6	50.8	82.6	6.6	1.5	45.3	3.6	0.8	1115.8	89.7	20.3
Nº4	4.75	2798.6	50.8	0.0	102.5	3.7	1.9	35.2	1.3	0.6	2660.9	95.1	48.3
					276.3		5	150.4		2.7	5081.2		92.3
<b>PESO TOTAL DE LAMUESTRA (Grs.)</b>											<b>5507.9</b>		
<b>PARTICULAS CHATS Y ALRGADAS (%)</b>											<b>7.7</b>		
<b>RELACION DIMENCIONAL 1:3</b>													
<b>OBSERVACIONES:</b>													
En la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - subsección 423.02 - Materiales Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados gruesos partículas chats y alargadas Norma ASTM 4791- se requiere como máximo 10%(EG - 2013)													

*Nota. Resultado de ensayos de partículas Chatas y Alargadas, apreciándose que el resultado es el 7.7% lo que cumple con lo prescrito por*

*la norma quien señala 10% Máximo.*



**Tabla 9**

*Tamaño de tamices y retenido para el ensayo.*

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		> 3 000	≤ 3 000
Partículas chatas y alargadas	MTC E	10% máx.	10% máx.
	219		

*Nota.* Tabla que muestra la norma MTC E -219 y los límites permitidos.

### Granulometría del agregado grueso

**Tabla 10**

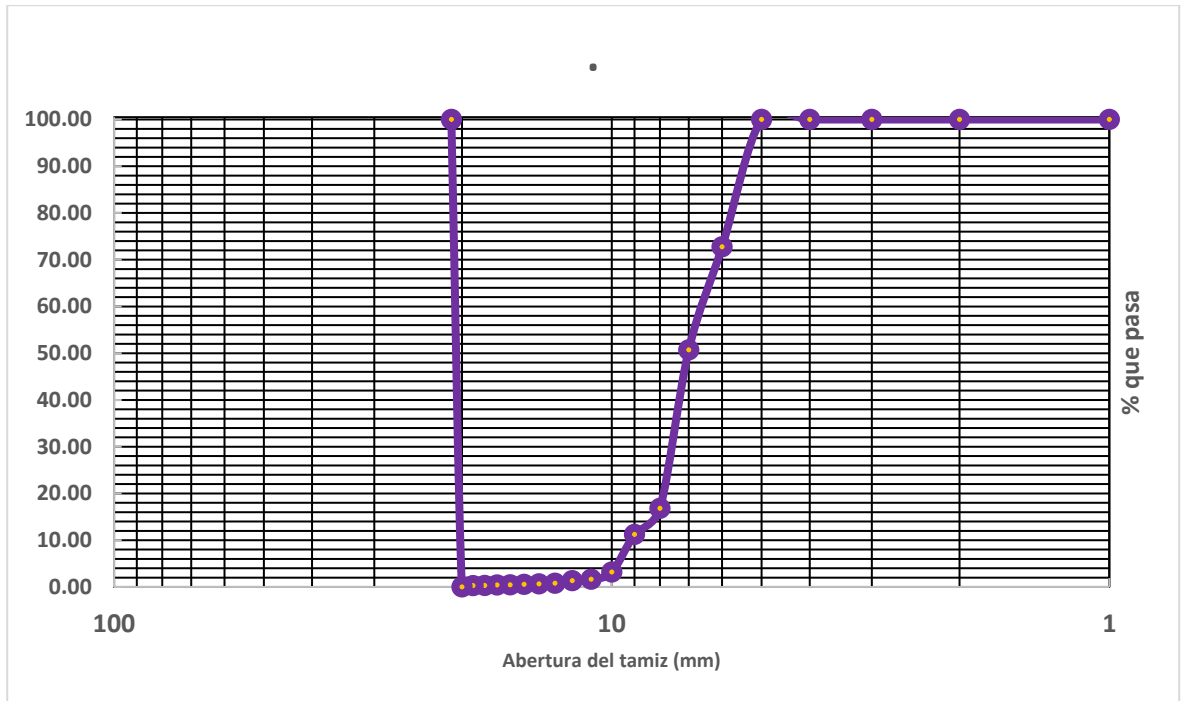
*Granulometría de agregado grueso.*

Tamiz mm	No.	Peso retenido (g)		% Retenido Acumulado (%)	% Pasa
		Total (%)			
76.2	3"	0.00		0.00	100.00
50.8	2"	0.00		0.00	100.00
38.1	1 1/2"	0.00		0.00	100.00
25.4	1"	0.00		0.00	100.00
19.05	3/4"	0.00		0.00	100.00
12.7	1/2"	1269.4	27.24	27.24	72.76
9.525	3/8"	1027	22.04	49.28	50.72
6.35	1/4"	1580.3	33.91	83.20	16.80
4.76	N° 4	260.1	5.58	88.78	11.22
3.36	N° 6	374.9	8.05	96.82	3.18
2.38	N° 8	71.1	1.53	98.35	1.65
2	N° 10	14.8	0.32	98.67	1.33
1.19	N° 16	25.2	0.54	99.21	0.79
0.84	N° 20	6.7	0.14	99.35	0.65
0.59	N° 30	5	0.11	99.46	0.54
0.426	N° 40	3.8	0.08	99.54	0.46
0.297	N° 50	2.8	0.06	99.60	0.40
0.177	N° 80	4.3	0.09	99.69	0.31
0.149	N° 100	1.8	0.04	99.73	0.27
0.074	N° 200	12.5	0.27	100.00	0.00
-		-			100.00
Fondo	Fondo		100.00	100.00	0.00
<b>Peso total (g)</b>		4659.7			
<b>Error</b>					

*Nota.* Analisis granulométrico de agregado grueso

**Figura 3**

*Distribución granulométrica del agregado grueso.*



*Nota.* Curva granulométrica del agregado grueso, fuente tabla 10, se aprecia dentro del rango

**Ensayo de sales solubles de los agregado grueso**

**Tabla 11**

*Hallazgos de las comprobaciones de Sales Solubles en Agregados para Suelos*

*Flexibles.*

Identificación	Resultado (mg/kg)	%
Agregado; Arena Procesada; Cantera		
Agregados Trujillo	112	0.0112
Distrito		

*Nota.* Esta tabla se aprecia las comprobaciones de sales solubles en agregados para suelos flexibles que es de 0.0112 % lo cual no excede del 0.5%, por lo que en este aspecto el material es excelente.

## Cualidades del agregado fino

### Granulometría Agregado Fino

Contiene 168.00 Kg de arena que se criba por intermedio de la malla número 4, la criba conservaba un 6%, que equivale a 10 kg, y el rendimiento era del 94%, que equivale a 158 kg.

**Tabla 12**

*Granulometría de agregado fino.*

Tamiz		Peso retenido (g) Total (%)	% Retenido		% Pasa
mm	No.		Acumulado (%)		
76.2	3"	0	0.00	0.00	100.00
50.8	2"	0	0.00	0.00	100.00
38.1	1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
25.4	1"	64.2	0.05	0.05	99.95
19.05	3/4"	39.5	0.03	0.08	99.92
12.7	1/2"	122.5	0.09	0.17	99.83
9.525	3/8"	128.9	0.10	0.27	99.73
6.35	1/4"	221.7	0.17	0.43	99.57
4.76	N° 4	341.5	0.26	0.69	99.31
3.36	N° 6	51.5	0.04	0.73	99.27
2.38	N° 8	62.8	0.05	0.77	99.23
2	N° 10	27	0.02	0.79	99.21
1.19	N° 16	66.4	0.05	0.84	99.16
0.84	N° 20	28.7	0.02	0.86	99.14
0.59	N° 30	26.2	0.02	0.88	99.12
0.426	N° 40	21.2	0.02	0.90	99.10
0.297	N° 50	15.1	0.01	0.91	99.09
0.177	N° 80	19.3	0.01	0.93	99.07
0.149	N° 100	6.8	0.01	0.93	99.07
0.074	N° 200	21.6	0.02	0.95	99.05
-		70.1	0.05	1.00	99.00
Fondo	Fondo				100.00

---

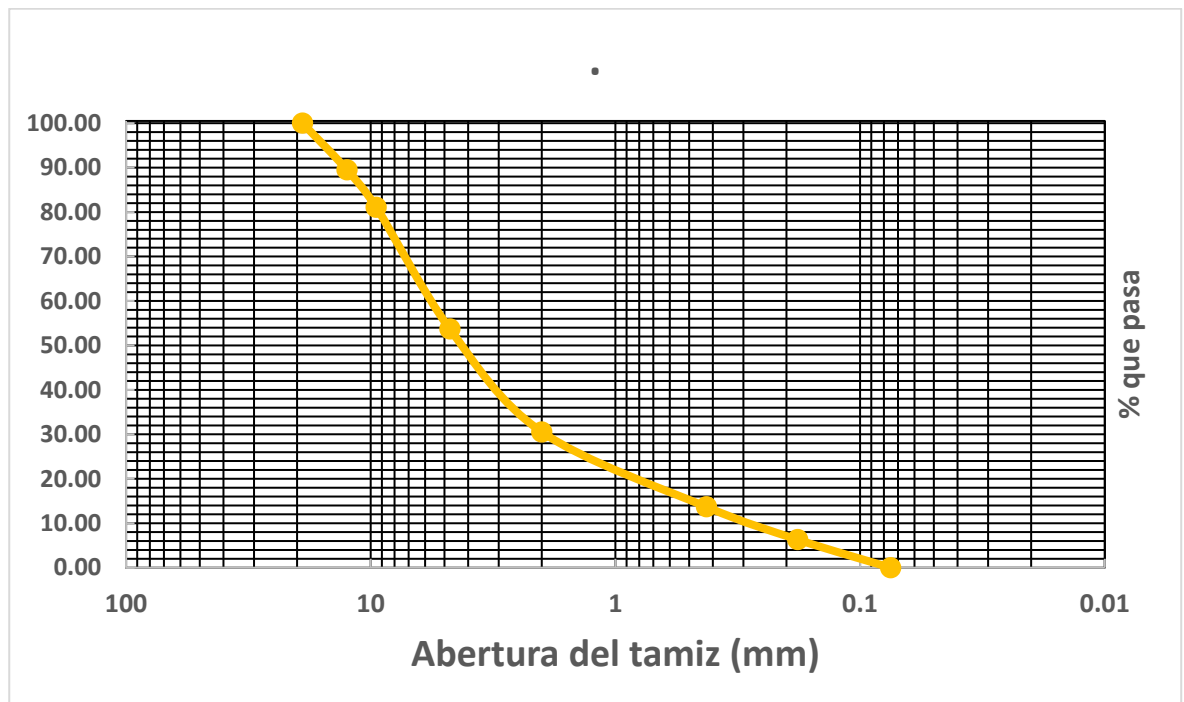
**Peso total (g)**            1335

---

*Nota.* Resultados de distribución granulométrica de agregado fino, los resultados se aprecian en la figura.

**Figura 4**

*Distribución granulométrica del agregado fino.*



*Nota.* Curva granulométrica del agregado fino, fuente tabla 11, cumple las condiciones deseables

## Equivalente de Arena.

Tabla 13

Equivalente de arena.

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>				
<b>(MTC E 114- ASTM D 2419 - AASHTO T 174)</b>				
<b>LABORATORIO DE MACNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>				
<b>PROYECTO:</b>	Análisis del agregado de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en el comportamiento de una asfalto emulsionado en la Calle San Carlos Urbanización Florida del Golf, Laredo, 2022			
<b>Cantera:</b>	Agregados Trujillo – distrito de El Porvenir			
<b>Muestra:</b>	Piedra chancada			
			<b>Hecho por:</b>	P.
			<b>Ing. Responsable:</b>	C. A.G.C.
			<b>Fecha:</b>	19-04-2022
CUESTIONES	DESCRIPCION	ENSAYOS		
1	<b>Tamaño Máximo (mm)</b>	<b>4.76</b>	<b>4.76</b>	<b>4.76</b>
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	09:12	09:14	09:16
4	Hora de Salida	09:22	09:24	09:26
5	Hora de Entrada	09:24	09:26	09:28
6	Hora de Salida	09:44	09:46	09:48
7	Altura Máxima de Material Fino	<b>35.56</b>	<b>37.26</b>	<b>36.85</b>
8	Altura Máxima de Arena	<b>21.26</b>	<b>22.86</b>	<b>22.60</b>
9	Equivalente de Arena (%)	58.2	61.4	61.3
10	Equivalente de Arena Promedio (%)		<b>61.0</b>	
11	<b>ESPELIFICACION</b>	<b>MINIMA</b>	<b>35.0</b>	<b>OK</b>
		:	%	

### OBSERVACIONES:

*Nota.* En la tabla se aprecia el equivalente de arena que es del 61 lo que cumple con la norma MTC E 114 que prescribe que mínimo debe ser del 35%

La tabla anterior cumple con el MTC (DG - 2013).

### Humedad del agregado fino

La tabla indica los hallazgos tras efectuar el ensayo.

**Tabla 14**

*Porcentaje de humedad de agregado fino.*

Indicador	Medición
Peso del Tarro + Peso del Suelo Húmedo (g)	1,140.21
Peso constante del suelo + Peso del Tarro (g)	1,128.44
Peso del Tarro (g)	151.94
Peso del agua (g)	11.77
Peso Suelo Seco (g)	976.50
Contenido de Humedad (%)	1.21%

*Nota.* Esta tabla determina que el contenido de humedad era de 1.21 %.

### Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

Se eligió el material de acuerdo a la norma (MTC E 201).

**Tabla 15**

*Resultado del peso específico y absorción.*

Indicador	Cantidad	Procedimiento
Masa de muestra secada al horno	493.50	muestra sedada al horno
Masa del picnómetro lleno de agua	687.00	
Masa del picnómetro, muestra y agua	949.50	
Masa de la superficie saturada seca	500.00	Muestra saturada en agua
Densidad relativa (gravedad específica)	2.08	$A/(b+S-C)$
Densidad relativa de la superficie saturada seca	2.11	$S/(B+S-C)$
Densidad relativa aparente	2.14	$A/(B+A-C)$
% de Absorción	1.32	$100[(S-A)/A]$

*Nota.* En la tabla se muestra que el % de absorción del agregado fino es de 1.32, en

la misma que se detalla el calculo

De acuerdo con MTC (EG-2013), la Permeabilidad cuenta con un valores máximos de 1% , estando muy cerca al porcentaje de lo permisible.

## Índice de Plasticidad

Esta prueba se efectuó sobre agregado fino que pasaban la malla número 40 y número 200 especificadas en el manual de ensayo, por lo que esta prueba es para encontrar el índice de plasticidad. Se tomó una muestra de 20 gramos para determinar el límite del líquido, que pasaba por la criba número 40, en la medida en que se preparaba la muestra, se añadió agua destilada para formar una masa que tardaría entre 1,5 gramos y 2,0 gramos.

**Tabla 16**

*Resumen de las pruebas de Ll y Lp.*

Malla	N° 40	N° 200
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		
1 Muestra	1	2
2 P. Tarro + S. Húmedo	28.7	23.86
3 P. Taro + S. Seco	25.98	21.48
4 Agua	2-3 2.72	2.38
5 Peso del Tarro	11.91	11.9
6 Suelo Seco	14.07	9.58
7 % Humedad	4/6 0.19	0.25
8 N° de Golpes	15	26
<b>LIMITE PLASTICO</b>		
N° de Tarro		1
P. Tarro + S. Húmedo		<b>24.78</b>
P. Taro + S. Seco	N.P.	<b>21.86</b>
Agua		<b>2.92</b>
Peso del Tarro		<b>14.14</b>
Suelo Seco		<b>7.72</b>
<b>% Humedad</b>		<b>20.65%</b>

*Nota.* En la tabla se aprecia las mediciones para el cálculo de limite líquido y plástico tanto en malla 40 como en pasante malla 200, los resultados definitivos se muestran en la tabla 16

Cuando se crea un punto, se tiene en cuenta la siguiente fórmula:

$$H\left(\frac{N^{\circ} \text{ de Golpes}}{25}\right)^{0.121}$$

**Tabla 17**

*Resultados de las comprobaciones de Ll y Lp.*

Malla	N° 40	N° 200
Límite Líquido	17	26
Límite Plástico	-	22
Índice Plástico	-	4

*Nota.* Resultados de límite líquido y límite plástico

**Ensayo de sales solubles del agregado fino**

La intención de esta prueba es determinar el grado de reactividad en agua de los agregados hasta utilizados en la producción de asfaltos emulsionados, que pueden afectar negativamente a su rendimiento utilizando el azul de metileno como reactivo de medida. Seleccionado por el número de malla 200 que se secó hasta un peso constante. La producción de azul de metileno consiste en mezclar 5 gramos de azul de metileno por cada 1 litro de agua (azul de metileno al 0.5%) con lo que se titula el contenido de sales.

**Tabla 18**

*Hallazgos de comprobaciones de sales solubles.*

Identificación	Resultado (mg/g)	%
Agregado; Arena Procesada; Cantera	20.1	2%
Agregados Trujillo		

*Nota.* Esta tabla se aprecia las comprobaciones de sales solubles en agregados para superficies flexibles que es de 0.0112 % lo cual no excede del 0.5%, por lo que en este aspecto el material es excelente.



**Tabla 19**

*Parámetros de azul de Metileno.*

Ensayo	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		≤ 3.000	> 3.000
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.	8 máx.

*Nota.* Se desempeña bajo exigencias de la norma.

### Cualidades de asfalto emulsionado

#### Granulometría de asfaltos emulsionados en caliente (MAC 2)

**Tabla 20**

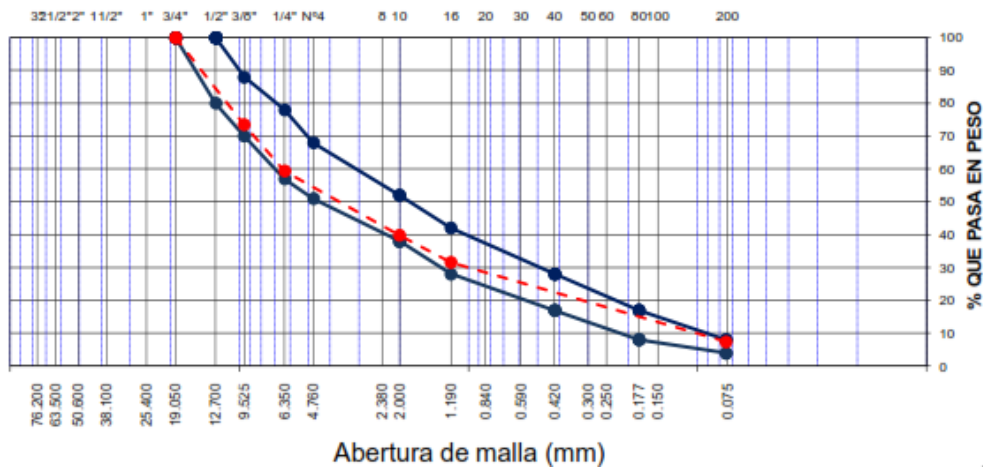
*Granulometría para MAC 2.*

Tamiz N°	Apertura mm	Granulometria			
		Retiene %	% Pasa	GRADACIÓN MAC - 2	
(1")	25,0				
(3/4")	19,0		100	100	
(1/2")	12,5	14.97	85.03	80	100
(3/8")	9,5	11.57	73.46	70	88
(1/4")	6.35	14.07	59.39		
(N°4)	4,75	2.17	57.22	51	68
(N°6)	3.36	7.27	49.95		
(N°8)	2.38	7.67	42.28		
(N°10)	2,00	2.47	39.81	38	52
(N°16)	1.19	8.27	31.54		
(N°20)	0.84	3.17	28.37		
(N°30)	0.59	2.47	25.9		
(N°40)	0.425	1.77	24.13	17	28
(N°50)	0.297	2	22.13		
(N°80)	0.18	5.6	16.53	8	17
(N°100)	0.149	4.9	11.63		
(N°200)	0.075	4.2	7.43	4	8
- (N°200)		7.43			

*Nota.* En esta tabla se aprecia el empleo granulométrico de MAC-2 con 3/4".

**Figura 5**

*Curva de distribución granulométrica de asfalto emulsionado.*



*Nota.* Esta figura permite saber la codificación y que los porcentajes pasantes residan dentro de las medidas del MAC-2.

**Tabla 21**

*Porcentajes de agregados para el diseño Marshall.*

1	Agregado grueso	=	35%
2	Agregado fino	=	65%

*Nota:* - No se empleará > 3/4"

*Nota.* Se puede apreciar que los porcentajes de agregados, los cuales deben cumplir un porcentaje de 100%.

### **Mezcla agregado bitumen**

#### **Ensayo de adherencia al agregado grueso**

Se utilizó cementante para asfaltos (Pen 60/70).

**Tabla 22**

*Cubrimiento de agregados con materiales asfálticos.*

Identificación	Revestimiento (%)	Cubrimiento (%)
Cantera	100	+95

*Nota.* No halló desprendimiento del revestimiento de conglomerante hidráulico de asfalto.

### Comprobación de adherencia al agregado fino (Riedel Weber)

Según la observación visual realizada en el ensayo de Riedel Weber, se puede decir que recién se notó desprendimiento entre el agregado y el asfalto en el tubo de prueba con la concentración octava 5.3% por lo que cumple la norma > 4%.

**Tabla 23**

*Porcentaje de adherencia al agregado fino.*

Solución de ensayo	CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> (gr/lit)	Índice de adhesividad Riedel - Weber	Observación	%
Desplazamiento total con agua destilada		0	No hay desprendimiento	
Carbonato sódico				
M/256	0.414	1	No hay desprendimiento	
M/128	0.828	2	No hay desprendimiento	
M/64	1.656	3	No hay desprendimiento	
M/32	3.313	4	No hay desprendimiento	0.331
M/16	6.625	5	No hay desprendimiento	
M/8	13.25	6	No hay desprendimiento	
M/4	26.5	7	No hay desprendimiento	
M/2	53	8	No hay desprendimiento	5.3
M/1	106	9		
		10		

*Nota.* Resultados de adherencia al agregado fino Índice de adhesividad

Riedel - Weber

### 3.2.1 Ensayo mezcla asfáltica convencional

#### Elaboración de briquetas

Se analizaron 5 porcentajes de ligante 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7 %, confeccionándose 3 briquetas por cada porcentaje según prescribe el método MTC E-504. Cada briqueta pesa aproximadamente 1200 gramos y se divide en porcentajes para satisfacer los pesos específicos de la tabla alfa; se puede encontrar un resumen en la tabla 40. La cantidad de asfalto utilizado para este estudio fue de aproximadamente 3 galones. El procedimiento comienza calentando las muestras de agregados y el asfalto a una temperatura de 145°, por lo que cuando el agregado es golpeado por el soporte, no produce un choque caliente-frío que pueda afectar al comportamiento.

**Tabla 24**

*Simetría de agregados para la asfalto emulsionado.*

N°	AGREGADOS		PROPORCIÓN
1	Piedra 1/2"	=	20%
2	Piedra 3/8"	=	15%
3	Arena Chancada	=	35%
4	Arena Zarandeada	=	30%

*Nota.* Los porcentajes de los agregados es del 100%.

#### Gravedad específica aparente y peso unitario

Finalidad de la prueba: Determinar la gravedad específica y el peso unitario de cada aglomerante asfáltico emulsionado compactado mediante la norma MTC E 514. Los resultados se exhiben en la tabla 25.

**Tabla 25**

*Pesos específico y unitarios de las briquetas solo cemento asfáltico.*

Porcentaje de C.A.	Nº de briketa	Peso de la briketa (gr) al aire	Peso de la briketa (gr.) superficialmente seca	Peso de la briketa en agua (gr.)
5	1	1,210.42	1,216.15	726.11
	2	1,228.41	1,232.33	716.67
	3	1,222.48	1,226.80	721.59
5.5	1	1,218.76	1,226.10	725.61
	2	1,219.27	1,225.10	726.62
	3	1,222.58	1,229.12	727.62
6	1	1,226.80	1,229.62	739.38
	2	1,181.58	1,184.09	706.62
	3	1,211.63	1,214.04	728.63
6.5	1	1,225.60	1,226.80	744.20
	2	1,236.85	1,238.66	750.63
	3	1,231.13	1,232.33	748.73
7%	1	1,233.54	1,234.34	745.51
	2	1,237.86	1,239.27	746.41
	3	1,237.16	1,238.16	744.71

*Nota.* Los resultados de la tabla 25 se observa los pesos de las briquetas, lo cual representa que la gravedad específica y el peso unitario es variable respecto a las briquetas compactas.

**Tabla 26**

*Gravedad específica bulk*

Porcentajes de cemento asfáltico	Gravedad específica en kg/m <sup>3</sup>			
	1	2	3	Promedio
5 % C.A.	2,482.35	2,393.91	2,432.10	2,436.12
5.5 % C.A.	2,447.18	2,458.23	2,450.19	2,451.87
6 % C.A.	2,514.51	2,487.38	2,508.48	2,503.46
6.5 % C.A.	2,552.70	2,546.67	2,547.68	2,549.02
7 % C.A.	2544.51	2527.37	2,522.56	2,531.48

*Nota.* La gravedad específica de las 3 briquetas de cada porcentaje de asfalto, los valores indican que a más contenido de asfalto la gravedad específica se incrementa.

### **Peso específico teórico máximo (Rice)**

El propósito de la prueba: Encontrar la gravedad específica del asfalto emulsionado sin compactar dónde se determina la máxima gravedad específica teórica. Los resultados se muestran en la tabla 27 y se detalla en el anexo 5

**Tabla 27**

*Peso específico teórico máximo.*

<b>Porcentaje de cemento asfáltico</b>	<b>Peso específico Max. En (gramos)</b>
5.0	2,71
5.5	2.68
6.0	2.67
6.5	2.64
7.0	2.61

*Nota.* El peso máximo logrado de un emulsionado suelto puede observarse que el peso teórico aumenta a niveles más altos de contenido de asfalto, esto es importante para determinar el porcentaje de vacíos totales en asfalto emulsionado

### **Vacíos de Aire en la mezcla (V.A)**

**Tabla 28**

*Parámetros de vacíos de aire.*

Especificación	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		Carpeta y base		Carpeta y base	
Porcentajes de vacíos	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
	3	5	3	5	3	5

*Nota.* Manual de Carreteras MTC

Los vacíos de aire en la mezcla compacta se controlan por el número de golpes de la niveladora y se supone que están relacionados con el tráfico esperado, donde el

número de golpes para la compactación es más fiable. Los vacíos, en cambio, están directamente relacionados con la permeabilidad de la mezcla compacta a la intemperie porque cuanto mayores son los vacíos, más susceptible está en la infiltración de agua.

**Tabla 29**

*Porcentaje de vacíos de aire.*

%Cemento asfáltico	Porcentaje de Vacíos			
	1	2	3	Promedio
5	8.44	11.66	10.25	10.12
5.5	8.94	8.54	8.84	8.77
6	5.63	6.73	5.83	6.06
6.5	3.71	3.72	3.72	3.72
7	3.42	3.82	4.02	3.75

*Nota.* Se muestra la media de las cantidades indicadas de asfalto y el número de iteraciones de la mezcla compacta, que fue de 3 por cada porcentaje de asfalto, con un contenido de asfalto del 6%, dando el valor aproximado más alto y el mejor valor.

### Densidad

La densidad de la mezcla compacta afecta al rendimiento de una carretera duradera y se mide directamente por su peso unitario y sus unidades están en kg/cm, estos datos dan los hallazgos de la densidad del soporte compacto se puede obtener multiplicando por el agua a una temperatura determinada, los hallazgos se exhiben en la Tabla 30, en cuyo caso el agua probada tiene una temperatura de 25°C. La densidad del agua es de 1 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 30**

*Vinculación de peso específico bulk y peso específico efectivo*

<b>% CA</b>	<b>Peso específico gr/cm3</b>	<b>Peso específico efectivo gr/cm3</b>
5 % C.A.	2.73	2.93
5.5 % C.A.	2.74	2.94
6 % C.A.	2.72	2.94
6.5 % C.A.	2.72	2.94
7 % C.A.	2.72	2.93

*Nota.* Resultados de ensayos en laboratorio (filas 20,23)

**Vacíos de aire en el agregado mineral (V.M.A)**

La intención es calcular los vacíos de agregado grueso en una mezcla compacta más los vacíos restantes después de la mezcla con asfalto. Los parámetros admisibles para la clasificación de los agregado gruesos utilizados establecen que para un valor nominal máximo de 19,0 mm, los agregado utilizados deben tener al menos un 14% de vacíos.

**Tabla 31**

*Exigencias de vacíos pequeños en el agregado mineral.*

<b>Criba</b>	<b>Vacíos mínimos del agregado mineral Marshall</b>
2.36 mm (N.º 8)	21
4.75 mm (N.º 4)	18
9.50 mm (3/8)	16
12.5 mm (1/2)	15
19.0 mm (3/4)	14
25.0 mm (1")	13
37.5 mm (1 1/2 ")	12
50.0 mm (2")	11.5

*Nota.* Vacíos mínimos del agregado mineral Marshall según diámetro de Criba

adaptado de MTC 423-08.



## Vacíos de agregado mineral en briquetas

**Tabla 32**

*Vacíos de agregado mineral en las briquetas.*

% conglomerante hidráulico de asfalto	Vacíos de Aire en el agregado mineral (%)			
	1	2	3	Promedio
5	13.47	16.58	15.28	15.11
5.5	15.18	14.77	15.08	15.01
6	13.27	14.27	13.47	13.67
6.5	12.46	12.56	12.56	12.53
7	13.47	13.87	13.97	13.77

*Nota.* El resultado indica que el valor obtenido no guarda relación con el valor mínimo aceptable para la relación asfalto-cemento.

## Vacíos de aire llenos de asfalto (V.F.A)

**Tabla 33**

*Valores permisibles del V.F.*

Especificación	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		Carpeta y base		Carpeta y base	
Porcentajes de vacíos rellenos de asfalto	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
	70	80	65	78	65	75

*Nota.* Con el fin de obtener resultados fiables y precisos, se realizó una media global para cada porcentaje de asfalto.

**Tabla 34**
*Vacíos llenos de asfalto en las briquetas.*

%	Vacíos de Aire llenos de asfalto (%)			
	1	2	3	Promedio
<b>Cemento</b>				
<b>Asfáltico</b>				
5	37.89	29.75	32.96	33.53
5.5	41.51	24.52	41.81	35.95
6	57.89	53.47	56.68	56.01
6.5	72.06	70.65	70.95	71.22
7	75.07	72.56	71.56	73.06

*Nota.* El valor aceptable más cercano se halla en la proporción del 6% de asfalto con respecto al agregado empleado.

### Estabilidad y Flujo

**Tabla 35**
*Valores permisibles de Estabilidad y Flujo.*

Especificación	Tráfico medio		Hallado
	Carpeta y base		
	Mín.	Máx.	<b>75</b>
Compactación, números de golpes en cada	75		
Estabilidad, (N) (kg)	8006 800	---	3240,0 (14,41)
Flujo, (0.25 mm) (0.01)	8	14	17,5 (4,4)

**Tabla 36**

*Resultados generales para cada briqueta Estabilidad – Flujo.*

% C.A.	N° Briquetas	Estabilidad sin corregir	Factor de estabilidad	Estabilidad corregida	Flujo
5	1	884.4	1.04	919.58	12.1
	2	934.7	1.05	971.8	10.1
	3	904.5	1.05	940.7	11.1
	<b>Promedio</b>	<b>907.9</b>	<b>1.0</b>	<b>944.0</b>	<b>11.1</b>
5.5	1	1085.4	1.05	1128.6	15.1
	2	934.7	1.05	971.8	16.1
	3	1005	1.05	1045.2	15.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,008.4</b>	<b>1.1</b>	<b>1,048.5</b>	<b>15.4</b>
6	1	1,256.30	1.05	1,306.50	16.1
	2	1,082.40	1.05	1,125.60	16.1
	3	1,185.90	1.05	1,132.60	16.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,174.9</b>	<b>1.1</b>	<b>1,188.2</b>	<b>16.1</b>
6.5	1	1,356.80	1.05	1,411.00	17.1
	2	1,427.10	1.05	1,484.40	17.1
	3	1,457.30	1.05	1,515.50	17.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,413.7</b>	<b>1.1</b>	<b>1,470.3</b>	<b>17.1</b>
7	1	1,256.25	1.05	1,306.50	19.1
	2	1,130.63	1.05	1,175.85	20.1
	3	1,306.50	1.05	1,358.76	19.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,231.1</b>	<b>1.1</b>	<b>1,280.4</b>	<b>19.4</b>

*Nota.* Estos indican que cuanto mayor es el porcentaje de contenido de asfalto, menor es la estabilidad al principio y luego aumenta hasta el 6%, lo que indica que el asfalto rigidiza la briqueta. Fuente Anexo 05

### **Relación de estabilidad – flujo**

Podemos especificar que la relación estabilidad-flujo es el parámetro que queremos alcanzar, y éste es de 1700 – 4000 kg/cm.

## Resumen de parámetros óptimos del asfalto emulsionado convencional

**Tabla 37**

*Síntesis del contenido óptimo de asfalto convencional.*

- N° de golpes por cara	75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5,7	5.9	6.1
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	2604	2625	2627.1
- Vacíos, %	5.46	4.515	4
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	65.1	71.4	72
- V.M.A., %	15.12	15.12	14.3
- Estabilidad, lb (kN)	3748.5 (16.67)	3360,0 (14,95)	3280,0 (14,59)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	16.8 (4.2)	16,8 (4,2)	17,0 (4,3)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	3636.4		
- Absorción de Asfalto, %	2.1		
- Temperatura de la Mezcla, °C	150		

*Nota.* Estos resultados determinan los parámetros óptimos para cada especificación, por lo que el contenido óptimo de cemento asfáltico del  $\pm 2$  debe tenerse en cuenta a la hora de aplicarlo sobre el terreno.

Los gráficos expuestos son resultados de parámetros óptimos de contenido de asfalto y variaciones de estabilidad, flujo y vacíos concerniente a las comprobaciones de asfaltos emulsionados convencionales con el contenido máximo de C.A de 6%.

### 3.2.2 Ensayo de asfaltos con lignina (8 % y 12 %) Preparación – dosificación

Se preparó 1 molde de cementante para asfaltos sin modificar y 2 moldes de cementante para asfaltos con distintos porcentajes de polímero aromático sin carbohidratos (8 % y 12 %).

**Tabla 38**

*Medida de polímero aromático sin carbohidratos inmerso con el conglomerante hidráulico de asfalto.*

<b>Pesos en (gr)</b>	<b>ORIGINAL</b>	<b>Lignina 8%</b>	<b>Lignina 12%</b>
Peso de Lata	235.9	233.1	251.3
Peso asfalto	2062.7	2065.5	2116.2
Peso lignina adicionado		206.55	317.43
Peso total teórico	2298.6	2505.15	2684.93
Peso Total modificado		2501.8	2681.23
<b>PERDIDA POR LIGNINA</b>		3.35	3.7

*Nota. El compuesto ligninico fue purificada, y molida entre malla 100 y 200*

**Elaboración de briquetas modificadas con polímero aromático sin carbohidratos**

El asfalto rectificado con los porcentajes de 8 % y 12 %. Se prepararon 15 briquetas en su totalidad con diferentes porcentajes.

**Figura 6**

*Muestras de polímero aromático sin carbohidratos procesada, molida y cernida facción malla 100-200*



*Nota. Realizado por los autores*

### Gravedad específica aparente y peso unitario

Después del procedimiento se repite los mismos instrucciones para las asfaltos emulsionados en caliente adicionando el biopolímero aromático sin carbohidratos 8 % y 12 %.

**Tabla 39**

*Gravedad específica y peso unitario del asfalto emulsionado 8 % y 12%.*

% de C.A.	Nº de briqueta	Asfalto + 8 % lignina				Asfalto + 12 % de lignina		
		Peso de la briqueta (gr) al aire	Peso de la briqueta (gr.) superficialmente seca	Peso de la briqueta en agua (gr.)	Peso de la briqueta (gr) al aire	Peso de la briqueta (gr.) superficialmente seca	Peso de la briqueta en agua (gr.)	
5	1	1209.0	1213.9	714.6	1,219.3	1,230.1	726.7	
	2	1214.4	1220.6	717.6	1,212.8	1,222.1	722.5	
	3	1212.8	1219.1	709.5	1,215.0	1,223.4	717.6	
5.5	1	1212.2	1216.7	724.6	1,212.1	1,217.1	728.4	
	2	1217.7	1227.4	723.7	1,210.2	1,217.9	722.9	
	3	1215.0	1220.1	730.0	1,211.0	1,217.1	725.0	
6	1	1,220.97	1,226.20	730.03	1225.4	1232.9	737.7	
	2	1,225.50	1,233.64	728.42	1224.0	1231.8	732.6	
	3	1,221.88	1,229.12	726.01	1224.5	1232.1	738.7	
6.5	1	1,222.08	1,223.49	744.00	1202.5	1205.5	712.9	
	2	1,231.73	1,233.84	744.91	1228.7	1232.8	735.2	
	3	1,227.51	1,229.52	744.40	1226.5	1230.7	732.6	
7	1	1217.055	1219.065	728.1225	1249.4	1250.8	734.7	
	2	1233.537	1234.2405	739.68	1215.4	1218.0	719.6	
	3	1235.145	1236.351	737.67	1228.1	1230.0	722.6	

*Nota.* Se aprecia los pesos de las briquetas rectificadas a las cuales se les añadió 8 % y 12 % de polímero aromático sin carbohidratos en el cementante para asfaltos.

**Tabla 40**

*Peso específico bulk 8 % y 12 %*

% CA	CA + 8 % de lignina				CA + 12 % de lignina			
	Gravedad específica en gr/cm3				Gravedad específica en gr/cm3			
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
5 % C.A.	2.43	2.43	2.392	2.42	2.43	2.44	2.41	2.43
5.5 % C.A.	2.47	2.43	2.49	2.46	2.49	2.46	2.47	2.47
<b>6 % C.A.</b>	<b>2.47</b>	<b>2.44</b>	<b>2.44</b>	2.45	2.48	2.46	2.49	2.48
6.5 % C.A.	2.56	2.53	2.54	2.54	2.45	2.48	2.47	2.47
7 % C.A.	2.49	2.51	2.49	2.50	2.43	2.45	2.43	2.44

*Nota.* Los hallazgos medios indican que existe una diferencia; el mejor contenido del 8% tiene una diferencia favorable del 12%.

### Peso teórico óptimo

**Tabla 41**

*Peso específico teórico óptimo.*

% CA	CA + 8% Lignina	CA + 12 % Lignina
	Peso específico Max. en (gramos)	Peso específico Max. en (gramos)
5	2.69	2.61
5.5	2.67	2.61
<b>6</b>	<b>2.72</b>	<b>2.59</b>
6.5	2.72	2.57
7	2.61	2.61

*Nota.* El **porcentaje** de 8% de C.A el más provechoso respecto a la mezcla adicionado con 12% de aditivo

### Vacíos de aire en el emulsionado (V.A)

**Tabla 42**

*Vacíos de aire en las briquetas*

% CA	CA 8% lignina				CA 12 % lignina			
	Porcentaje de Vacíos				Porcentaje de Vacíos			
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
5	9.7	9.9	11.3	10.30	7.6	7.3	8.3	7.73
5.5	7.4	9.2	6.8	7.80	4.6	6	5.4	5.33
<b>6</b>	<b>6.9</b>	<b>8.2</b>	<b>8.1</b>	7.73	<b>4.1</b>	<b>5</b>	<b>3.8</b>	4.30
6.5	2.8	3.9	3.5	3.40	4.7	3.6	3.9	4.07
7	4.7	4.1	4.8	4.53	4.72	4.02	4.72	4.49

*Nota.* CA: *cemento asfáltico*; el porcentaje mejorado fue 6% de cementante para asfaltos para los dos porcentajes (8 % y 12 % de polímero basado en polímeros aromáticos sin carbohidratos).

### Densidad

**Tabla 43**

*Vinculación de peso específico bulk y peso específico efectivo.*

Porcentajes de cementante asfáltico	CA 8% lignina		CA 12 % lignina	
	Peso específico Bulk	Peso específico efectivo	Peso específico Bulk	Peso específico efectivo
	gr/cm3	gr/cm3	gr/cm3	gr/cm3
5 % C.A.	2.73	2.90	2.72	2.84
5.5 % C.A.	2.74	2.90	2.72	2.85
6 % C.A.	2.7	2.93	2.72	2.85
6.5 % C.A.	2.7	2.93	2.72	2.85
7 % C.A.	2.72	2.94	2.74	2.85

*Nota.* La asfalto emulsionado incrementa al añadir la aditamento del contenido de asfalto para los dos casos de aditamento (8% y 12%). Los valores más altos se exhiben con el asfalto + 8 % de polímero aromático sin carbohidratos, por tanto el más favorable en comparación con 6% CA.

**Vacíos de aire en el agregado mineral (V.M.A)**

**Tabla 44**

*Vacíos de aire en el agregado mineral.*

% Cemento asfáltico	Mezcla asfáltica + 8 % lignina				Mezcla asfáltica + 12 % lignina			
	Vacíos de Aire en el agregado mineral (%)				Vacíos de Aire en el agregado mineral (%)			
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
5	9.7	9.9	11.3	10.30	7.6	7.3	8.3	7.73
5.5	7.4	9.2	6.8	7.80	4.6	6	5.4	5.33
6	6.9	8.2	8.1	7.73	4.1	5	3.8	4.30
6.5	2.8	3.9	3.5	3.40	4.7	3.6	3.9	4.07
7	4.7	4.1	4.8	4.53	4.72	4.02	4.72	4.49

*Nota.* El porcentaje máximo del 6% es el más propicio que se da con el asfalto emulsionado + 8 % de polímero basado en polímeros aromáticos sin carbohidratos.



### Vacíos de aire llenos de asfalto (V.F.A)

**Tabla 45**

*V.F.A de las briquetas con asfaltos 8 % y 12 % de polímero aromático sin carbohidratos.*

% Cemento asfáltico	Mezcla asfáltica + 8 % lignina				Mezcla asfáltica + 12 % lignina			
	Vacíos de Aire llenos de asfalto (%)				Vacíos de Aire llenos de asfalto (%)			
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
5	36.2	35.8	32.9	34.97	50.1	51	47.5	49.53
5.5	47.6	41.9	49.7	46.40	66	59.6	62.4	62.67
6	53.3	48.4	48.8	50.17	71.5	67	72.9	70.47
6.5	77.4	70.8	73.2	73.80	70.8	76.1	74.7	73.87
7	68.84	71.86	68.54	69.75	68.84	71.86	68.54	69.75

*Nota.* Los porcentajes de la tabla anterior deben estar en un rango de 65 y 75%.

### Estabilidad y Flujo

**Tabla 46**

*Estabilidad y flujo para las asfaltos emulsionados con 8% de polímero aromático sin carbohidratos.*

% CA	Asfalto emulsionado adicionado con 8 % de polímero aromático sin carbohidratos				
	N° Briquetas	Estabilidad sin corregir (kg)	factor de estabilidad	Estabilidad corregida	Flujo (mm)
5	1	1251.2	1.04	1301.5	12.1
	2	1180.9	1.04	1228.1	12.1
	3	1251.2	1.04	1301.5	11.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,227.8</b>	<b>1.04</b>	<b>1,277.0</b>	<b>11.8</b>
5.5	1	1251.2	1.04	1301.5	13.1
	2	1305.5	1.04	1357.8	13.1
	3	1271.8	1.04	1322.6	15.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,276.2</b>	<b>1.04</b>	<b>1,327.3</b>	<b>13.8</b>
6	1	1403.985	1.04	1460.3	16.08
	2	1489.41	1.04	1548.7	16.08
	3	1409.01	1.04	1465.3	15.08
	<b>Promedio</b>	<b>1,434.1</b>	<b>1.04</b>	<b>1,491.4</b>	<b>15.7</b>
6.5	1	1502.48	1.04	1562.8	17.09
	2	1511.12	1.04	1571.8	17.09
	3	1585.89	1.04	1649.2	18.09
	<b>Promedio</b>	<b>1,533.2</b>	<b>1.04</b>	<b>1,594.6</b>	<b>17.4</b>

7	1	1197	1.04	1245.2	19.1
	2	1394.9	1.04	1451.2	18.1
	3	1251.2	1.04	1301.5	19.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,281.0</b>	<b>1.04</b>	<b>1,332.6</b>	<b>18.8</b>

*Nota.* La varianza de estabilidad va incrementando hasta el valor más alto de estabilidad con el C.A del 5.5%.

### Cemento asfáltico con 12%

**Tabla 47**

*Estabilidad y flujo para las asfaltos emulsionados con 12% de polímero aromático sin carbohidratos.*

Porcentaje de conglomerante hidráulico de asfalto	N° Briquetas	CA con 12 % lignina			Flujo (mm)
		Estabilidad sin corregir (kg)	factor de estabilidad	Estabilidad corregida	
5	1	1,150.70	1.05	1,197.00	13.1
	2	1,070.30	1.05	1,113.50	12.1
	3	1,194.90	1.05	1,243.20	12.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,138.6</b>	<b>1.05</b>	<b>1,184.6</b>	<b>12.4</b>
5.5	1	1,331.60	1.05	1,384.90	14.1
	2	1,317.60	1.05	1,369.80	13.1
	3	1,492.40	1.05	1,551.70	14.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,380.5</b>	<b>1.05</b>	<b>1,435.5</b>	<b>13.8</b>
6	1	1484.4	1.05	1543.7	17.1
	2	1593.9	1.05	1657.2	16.1
	3	1508.5	1.05	1568.8	16.1
	<b>Promedio</b>	<b>1434.1</b>	<b>1.04</b>	<b>1491.4</b>	<b>15.7</b>
6.5	1	1318.6	1.05	1370.8	18.1
	2	1363.8	1.05	1418.1	17.1
	3	1351.7	1.05	1406	17.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,344.7</b>	<b>1.05</b>	<b>1,398.3</b>	<b>17.4</b>
7	1	1194.9	1.05	1243.2	20.1
	2	1190.9	1.05	1238.2	20.1
	3	1090.4	1.05	1133.6	19.1
	<b>Promedio</b>	<b>1,158.7</b>	<b>1.05</b>	<b>1,205.0</b>	<b>19.8</b>

*Nota.* Analizando la vinculación entre el porcentaje de aditamento de polímero aromático sin carbohidratos del 8% y el 12% se alcanza un alto nivel en diferentes porcentajes de contenido de asfalto, por tanto, el valor más alto de las briquetas con un 8% %. Se logra un comportamiento más estable con un valor de 1965 kg y una deformación de 4,4.

### Resumen de parámetros óptimos de CA al 8% y 12% de compuesto ligninico

**Tabla 48**

*Resumen de parámetros óptimos de CA al 8% y 12% de compuesto ligninico*

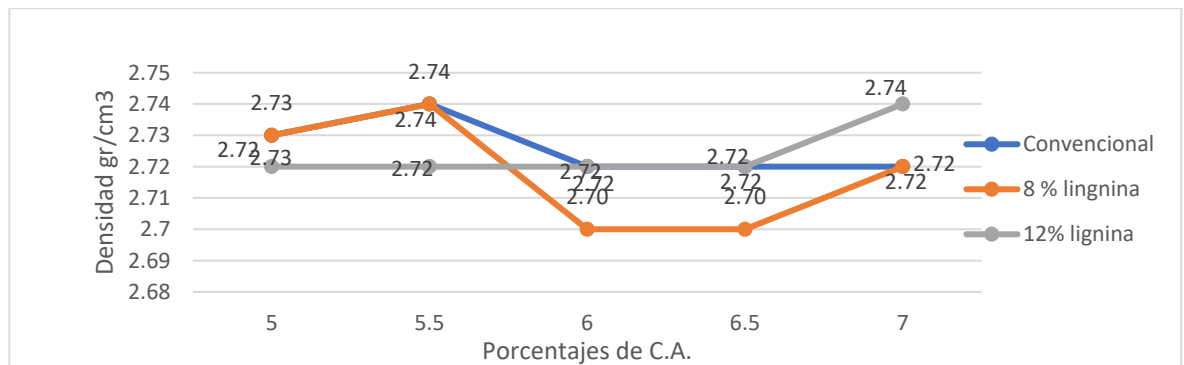
	CA 8%			CA 12%		
- N° de golpes por cara	75			75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5,7	5,9	6,1	5,7	5,9	6,1
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	2604	2625	2627.1	2604	2625	2627.1
- Vacíos, %	5.46	4.515	4.2	5.46	4.515	4.2
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	65.1	71.4	75.6	65.1	71.4	75.6
- V.M.A., %	1484.7	15.12	15.015	15.12	15.12	15.015
- Estabilidad, lb (kN)	3748.5 (15.88)	3748.5 (14.95)	4920 (14.59)	3748.5 (15.88)	3748.5 (14.95)	4920 (14.59)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	17.6 (4.0)	17.6 (4.2)	17.6 (4.3)	17.6 (4.0)	17.6 (4.2)	17.6 (4.3)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	3818.22			3837.3		
- Absorción de Asfalto, %	2.205			2.22		
- Temperatura de la Mezcla, °C	15760.5			158.29		

### Evaluación estadística comparativamente de hallazgos de asfaltos os convencional y asfaltos con 8 y 12% lignina.

#### Peso específico bulk

**Figura 7**

*Comparación peso específico bulk*

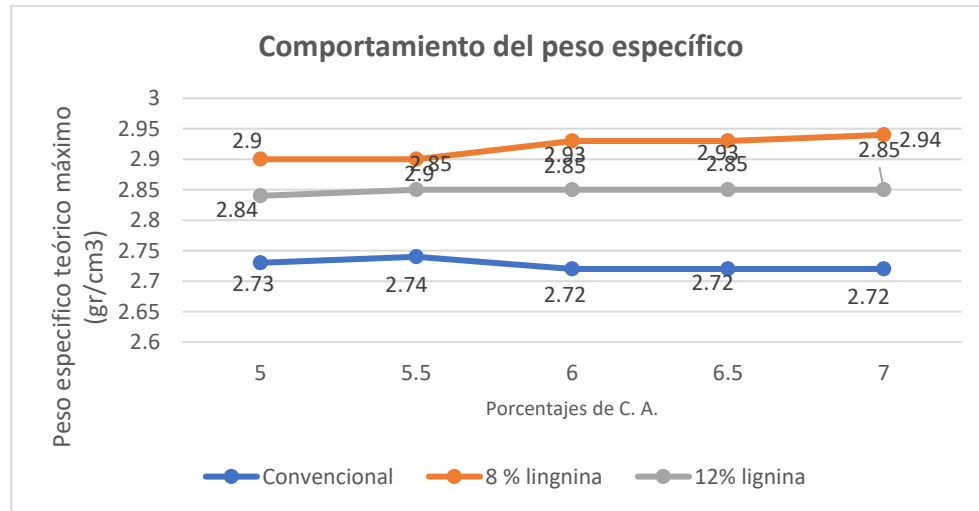


*Nota.* Los porcentajes cementante para asfaltos de (8% y 12%) va en ascenso a comparación del convencional.

## Peso específico efectivo

**Figura 8**

*Comparación en peso específico efectivo*

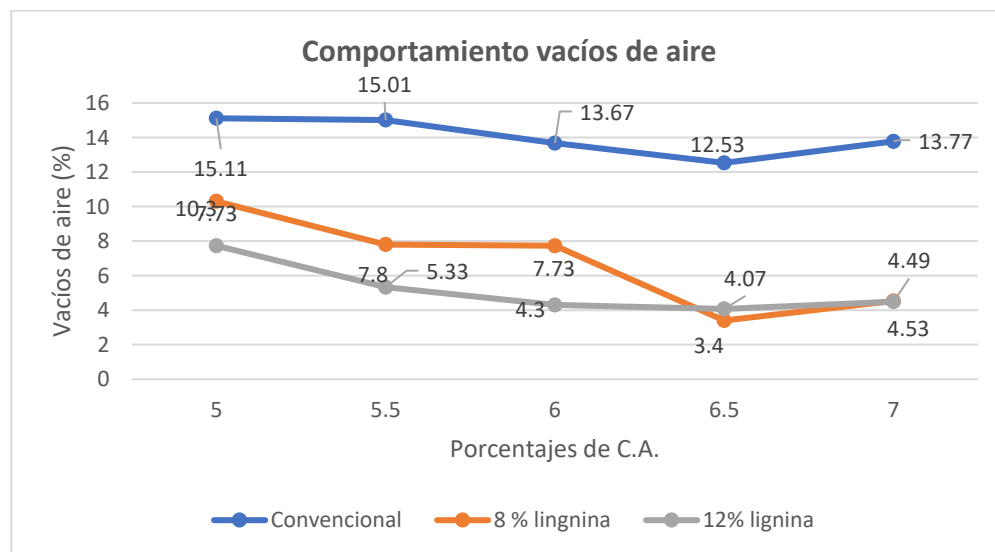


*Nota.* El óptimo en 8% con 2.552 gr/cm<sup>3</sup>.

## vacíos de aire

**Figura 9**

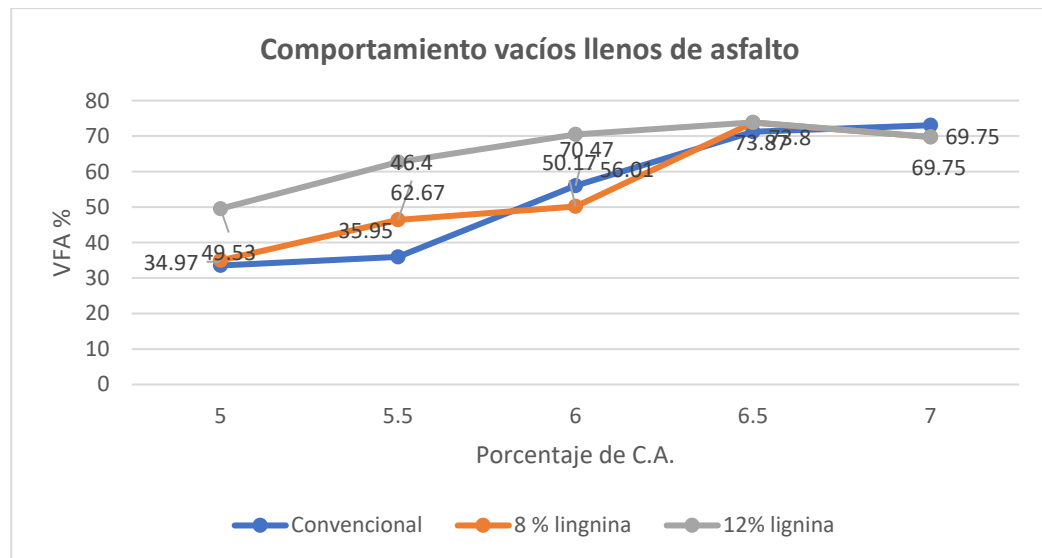
*Comparación en vacíos de aire.*



*Nota.* El desempeño del 8% es mejor.

**Figura 10**

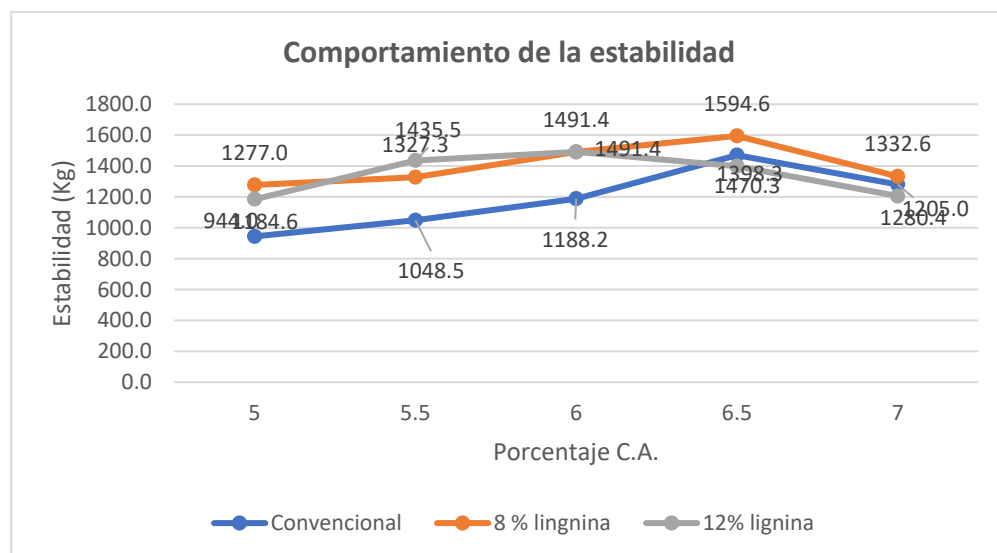
*Comparación % de los vacíos llenados por asfalto.*



*Nota.* El desempeño del 8% es mejor.

**Figura 11**

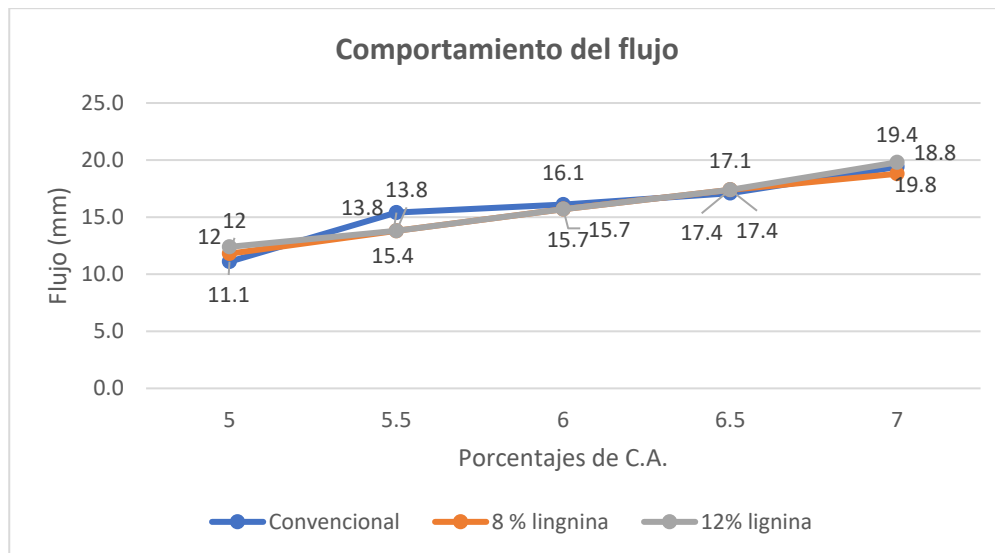
*Comparación de estabilidad.*



*Nota.* El desempeño del 8% es mejor.

**Figura 12**

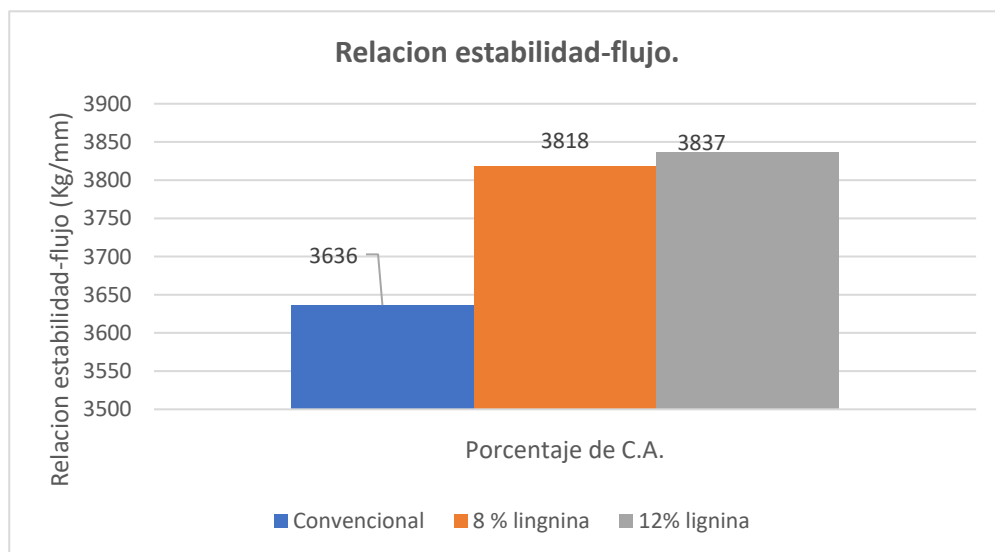
*Comparación de comportamiento de flujo.*



*Nota.* Los desempeños 8% y 12% varían por valores mínimos, y el convencional logra un ascenso importante.

**Figura 13**

*Comparación estabilidad-flujo.*



*Nota.* Los desempeño 8% y 12% logran incrementarse.

### 3.3 Analizar el agregado de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en el comportamiento de una asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf, Laredo, 2022.

Para validar y evaluar la conducta del asfalto emulsionado con polímero aromático sin carbohidratos, se sometieron los resultados a la prueba ANOVA y en caso de haber diferencia significativa a la prueba Post Hoc.

#### Contrastación de Hipótesis

##### Prueba de normalidad

**H0:** La estabilidad en el diseño convencional se distribuye normalmente

**H1:** La estabilidad en el diseño convencional no se distribuye normalmente

De acuerdo con la tabla 1. Se observa lo siguiente:

Si el P-value  $< \alpha$  se rechaza la hipótesis H0. Como la muestra es  $< 30$  entonces utilizaremos la prueba de Shapiro-Wilk.

**Tabla 49**

*Determinación de normalidad de la muestra*

Diseño	Shapiro-Wilk		
	Estadística	gl	Sig.
M.A. Convencional	0.947	15	0.481
Estabilidad M.A. Modificado con 8%	0.925	15	0.233
M.A. Modificado con 12%	0.895	15	0.80

*Nota.* Se aprecia  $0.481 > 0.05$ , entonces no se rechaza la H0 por lo tanto se emplea ANOVA.

## Estabilidad

### Primer supuesto específico:

**Ho:** La estabilidad del asfalto emulsionado en caliente no tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**H1:** La estabilidad del asfalto emulsionado en caliente tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos.

**Tabla 50**

*Prueba de ANOVA para demostrar estabilidad*

Estabilidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1139081.38	2	569540.689	22.263	0.000
Dentro de grupos	1074467.73	42	25582.565		
Total	2213549.11	44			

*Nota.* El  $p = 0.00 < 0.05$  entonces se rechaza la Ho.

### Analisis post hoc

**Tabla 51**

*Analisis Post Hoc de prueba ANOVA de estabilidad*

(I) diseño	(J) diseño	Diferencia de medidas	Desv. Error	Sig.
M.A. convencional	M.A. modificada con 8 %	-	58.404	0.000
	M.A. modificada con 12 %	-115.400	58.404	0.131
<b>M.A. Modificado con 8 %</b>	<b>M.A. convencional</b>	<b>380.067'</b>	<b>58.404</b>	<b>0.000</b>
	<b>M.A. modificada con 12 %</b>	<b>264.667'</b>	<b>58.404</b>	<b>0.000</b>
M.A. Modificado con 12 %	M.A. convencional	115.400	58.404	0.131
	M.A. modificada con 8 %	-	58.404	0.000

*Nota.* De acuerdo con la tabla 3 de post hoc se observa lo siguiente: el diseño de muestra con 8% de polímero aromático sin carbohidratos presenta diferencia significativa tanto en la convencional como en la modificada, por lo que el diseño de 8% presenta mejor diferencia estadística.



## Estabilidad de flujo

### Segundo supuesto específico:

**Ho:** El flujo del asfalto emulsionado en caliente no tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**H1:** El flujo del asfalto emulsionado en caliente tendrá variación adicionando al 8% y 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**Tabla 52**

*Prueba ANOVA para estabilidad de flujo*

Flujo					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.009	2	0.005	0.011	0.989
Dentro de grupos	17.163	42	0.409		
Total	17.172	44			

*Nota.*  $P = 0.989 > 0.05$ , no se rechaza la Ho. El flujo de mezcla es homocedastico.

## Peso Específico efectivo

### Tercer supuesto específico:

**Ho:** El peso específico efectivo del asfalto no tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% de ligninas .

**H1:** El peso específico efectivo del asfalto si tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% de ligninas.

**Tabla 53**

*Prueba ANOVA para densidad de mezcla*

Densidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.004	2	0.002	4.84	0.13
Dentro de grupos	0.019	42	0.000		
Total	0.023	44			

*Nota.*  $P = 0.013 < 0.05$  entonces se acepta la H1.

## Vacios de aire

### Cuarto supuesto específico:

**Ho:** Los vacíos de aire (V.A) del asfalto emulsionado en caliente no tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**H1:** Los vacíos de aire (V.A) del asfalto emulsionado en caliente tendrá variación adicionando al 8% y 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos.

### Tabla 54

*Prueba ANOVA para vacíos de aire*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2.103	2	1.052	0.250	0.780
Dentro de grupos	176.468	42	4.202		
Total	178.571	44			

*Nota.*  $P = 0.780 > 0.05$  entonces no se rechaza la Ho. Los vacíos de aire es homocedastico.

## Vacios De Agregado Mineral

### Quinto supuesto específico:

**Ho:** Los vacíos de agregado mineral (V.M.A) del asfalto emulsionado en caliente no tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**H1:** Los vacíos de agregado mineral (V.M.A) del asfalto emulsionado en caliente tendrá variación adicionando al 8% y 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**Tabla 55**

*Prueba ANOVA para vacíos de agregado mineral*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4.963	2	2.482	35.499	0.000
Dentro de grupos	2.936	42	0.070		
Total	7.899	44			

*Nota.*  $P = 0.00 < 0.05$  entonces se rechaza la  $H_0$ . Los V.M.A del asfalto emulsionado

en caliente tendrá variación 8% y 12%.

**Tabla 56**

*Analisis post hoc de prueba ANOVA*

Variable dependiente: V.M.A.				
(I) diseño	(J) diseño	Diferencia de medidas (I-J)	Desv. Error	Sig.
M.A. convencional	M.A. modificada con 8 %	0.8133'	0.0965	0.000
	M.A. modificada con 12 %	0.4200'	0.0965	0.000
M.A. Modificado con 8 %	M.A. convencional	-0.8133'	0.0965	0.000
	M.A. modificada con 12 %	-0.3933'	0.0965	0.001
M.A. Modificado con 12 %	M.A. convencional	-0.4200'	0.0965	0.000
	M.A. modificada con 8 %	0.3933	0.0965	0.001

*Nota.* De acuerdo con el cuadro 9 de comparaciones múltiples se observa lo siguiente:

Que todas las comparaciones muestran diferencia significativa

### Vacíos llenos de asfalto

#### Sexto supuesto específico:

**H<sub>0</sub>:** Los vacíos llenos de asfalto del asfalto emulsionado en caliente no tendrá

variación adicionando al 8% ni al 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**H<sub>1</sub>:** Los vacíos llenos de asfalto del asfalto emulsionado en caliente tendrá

variación adicionando al 8% y 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**Tabla 57**

*Prueba ANOVA para vacíos llenos de asfalto*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4.963	2	2.482	35.499	0.000
Dentro de grupos	2.936	42	0.070		
Total	7.899	44			

*Nota.*  $P = 0.000 < 0.05$  entonces se rechaza la  $H_0$ .

**Tabla 58**

*Analisis post hoc de vacíos llenos de asfalto*

(I) diseño	(J) diseño	Diferencia de medidas (I-J)	Desv. Error	Sig.
M.A. convencional	M.A. modificada con 8 %	0.8133'	0.0965	0.000
	M.A. modificada con 12 %	0.4200'	0.0965	0.000
M.A. Modificado con 8 %	M.A. convencional	-0.8133'	0.0965	0.000
	M.A. modificada con 12 %	-0.3933'	0.0965	0.001
M.A. Modificado con 12 %	M.A. convencional	-0.4200'	0.0965	0.000
	M.A. modificada con 8 %	0.3933	0.0965	0.001

*Nota.:* Procesamiento de datos no hay diferencia significativa entre grupos

Según el cuadro 11 indica a continuación: que todas las comparaciones muestran diferencia significativa.

### Comportamiento del flujo

#### Séptimo supuesto específico:

**H<sub>0</sub>:** El comportamiento del flujo no tendrá mejora con la adición del biopolímero aromático sin carbohidratos en la asfalto emulsionado en caliente.

**H<sub>1</sub>:** El comportamiento del flujo tendrá mejora con la adición del biopolímero aromático sin carbohidratos en la asfalto emulsionado en caliente.

**Tabla 59**

*Prueba de ANOVA para comportamiento de flujo*

<b>Comportamiento de Flujo</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	1159081.378	2	574540.689	22.273	0.000
Dentro de grupos	1096367.733	42	21182.565		
Total	2321549.111	44			

*Nota.*  $P = 0.00 < 0.05$  entonces se rechaza la  $H_0$ .

**Tabla 60**

*Analisis Post Hoc de prueba ANOVA de comportamiento de flujo*

<b>(I) diseño</b>	<b>(J) diseño</b>	<b>Diferencia de medidas</b>	<b>Desv. Error</b>	<b>Sig.</b>
M.A. convencional	M.A. modificada con 8 %	-	58.404	0.179
	M.A. modificada con 12 %	-115.400	58.404	0.131
M.A. Modificado con 8 %	M.A. convencional	380.067'	58.404	0.000
	M.A. modificada con 12 %	264.667'	58.404	0.000
M.A. Modificado con 12 %	M.A. convencional	115.400	58.404	0.131
	M.A. modificada con 8 %	-	58.404	0.000

*Nota.* De acuerdo con la tabla 9 de post hoc se observa lo siguiente: el diseño de muestra con 8% de polímero aromático sin carbohidratos presenta diferencia significativa tanto en la convencional como en la modificada de 12%, por lo que el diseño de 8% presenta mejor diferencia estadística.

### **Curva de relación estabilidad-flujo.**

#### **Octavo supuesto específico:**

**H<sub>0</sub>:** La curva de relación estabilidad-flujo del asfalto emulsionado en caliente no tendrá variación adicionando al 8% ni al 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**H1:** La curva de relación estabilidad-flujo del asfalto emulsionado en caliente tendrá variación adicionando al 8% y 12% del biopolímero aromático sin carbohidratos .

**Tabla 61**

*Prueba de ANOVA para demostrar la relación estabilidad-flujo*

<b>Relación estabilidad-flujo</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	1785421.378	2	579540.689	22.263	0.000
Dentro de grupos	1098567.733	42	26582.565		
Total	2213549.111	44			

*Nota.*  $P = 0.00 < 0.05$  entonces se rechaza la  $H_0$ .

**Tabla 62**

*Analisis Post Hoc de prueba ANOVA de curva de relación estabilidad-flujo*

<b>(I) diseño</b>	<b>(J) diseño</b>	<b>Diferencia de medidas</b>	<b>Desv. Error</b>	<b>Sig.</b>
M.A. convencional	M.A. modificada con 8 %	-	58.404	0.000
	M.A. modificada con 12 %	-115.400	58.404	0.137
M.A. Modificado con 8 %	M.A. convencional	380.067'	58.404	0.000
	M.A. modificada con 12 %	264.667'	58.404	0.000
M.A. Modificado con 12 %	M.A. convencional	115.400	58.404	0.137
	M.A. modificada con 8 %	-	58.404	0.000

*Nota.* De acuerdo con la tabla 15 de post hoc se observa lo siguiente: el diseño de muestra con 8% de polímero aromático sin carbohidratos presenta diferencia significativa tanto en la convencional como en la modificada, por lo que el diseño de 8% presenta mejor diferencia estadística.

### 3.5.1 Consolidación de resultados

Convencional	C
8 % polímero aromático sin carbohidratos	A
12% polímero aromático sin carbohidratos	B

**Tabla 63**

Comparación de resultados descriptivos e inferenciales

Prueba	Concentración de brea					ANOVA PH
	5	5.5	6	6.5	7	
Contenido de asfalto	A	A	A	A	A	8%
Comportamiento del peso específico con los diferentes contenidos de asfalto.	AB	AB	AB	AB	AB	No significativo
comportamiento de vacíos	B	BC	BC	B	B	No significativo
Densidad						No significativo
Comportamientos vacíos del agregado mineral	C	C	C	C	C	8%, 12%
Comportamientos vacíos llenos de asfalto	CA	CA	CA	CA	CA	8%, 12%
Comportamiento de la estabilidad	A	A	A	A	A	No significativo
Comportamiento del flujo	AB	C	C	AB	AB	8%
Curva de relación estabilidad-flujo.	B	B	B	B	B	8%

*Nota.* Los resultados de la prueba ANOVA muestran que la dosificación más adecuada es 8% de polímero aromático sin carbohidratos .

### Conclusión

Los resultados son mejores para un contenido de 8% de Polímero aromático sin carbohidratos .

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

Se analizó en el agregado de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en el comportamiento de un asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf, Laredo, 2022, demostrándose un mejor desempeño para la adición de 8% de polímero aromático sin carbohidratos en estabilidad de asfalto emulsionado, comportamiento de flujo, relación estabilidad flujo, vacíos de agregado mineral y vacíos llenos de asfalto, los cuales presentan mejores valores de desempeño en estos parámetros u una concentración de cementante para asfaltos al 6%.

Estos resultados convergen con los hallados con Flores y Orosco (2020), quien encontró un 5.8% de contenido óptimo de conglomerante hidráulico de asfalto, y una dosis efectiva de polímero aromático sin carbohidratos de 5%, que cumplía los requisitos del MTC, aunque difiere de nuestros resultados, esto se puede deber a las características granulométricas y pureza de la polímero aromático sin carbohidratos, así como factores asociados a los agregados, sin embargo tiene paralelo que es menor la dosificación de polímero aromático sin carbohidratos.

Los resultados son significativos también, por cuanto Luo et al. (2019), documenta el mejoramiento de los asfaltos con residuos de polímero aromático sin carbohidratos, destacando su importancia, por la falta de alternativas al cementante para asfaltos (brea), la polímero aromático sin carbohidratos actúa como aditivo mejorando las propiedades, y logrando cumplir los requisitos, los mismos que muchas veces son difíciles, por diferentes motivos naturaleza de canteras, composición de las rocas, o cualidades del cemento asfáltico, por otro lado, puede ser que se requiera fortalecer parámetros específicos de los múltiples



que se necesitan, así como requisitos de climas extremos, entre otros, por ello contar con sustancias que pueden servir de aditivo es extremadamente útil.

Se determinó las características de residuos de polímero aromático sin carbohidratos, esta fue una polímero aromático sin carbohidratos purificada, entre malla 100 y 200; solubilidad de 0% y una densidad de 1.3 g/ml, resultados concuerdan con los hallados por Luo et al. (2019), quien señala resultados muy similares tanto por encima del valor de 1.3 g/ml como por debajo, así mismo concuerda con el sustento teórico de (Poletto, 2018), quien señala que la variabilidad en la polímero aromático sin carbohidratos, depende de los diferentes tipos de plantas, condiciones de crecimiento y métodos de extracción que influyen en las propiedades, asimismo converge con el sustento teórico de Reto et al (2020) quien señala que las polímero aromático sin carbohidratos son totalmente insolubles, lo concuerda con nuestros resultados que dieron una solubilidad del 0%, y las cualidades físicas de solubilidad, digestibilidad, mecánicas y térmicas dependerán de la planta, a modo de ejemplo, se tiene la polímero aromático sin carbohidratos de cascara de mamey y la polímero aromático sin carbohidratos de cascara de nuez o castaña, sus densidades y cualidades mecánicas son distintas..

Se diseñó la asfalto emulsionado con 5 porcentajes de cementante para asfaltos 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7 %, siendo la mezcla con 6% la que mejor cumple los requisitos reglamentarios fue la de 6%, resultados que convergen con la mayoría de antecedentes, en particular los de Atachagua y Rosales (2019), quien señala que este valor del 6%, es típico para los agregados nacionales y las formaciones rocosas de las canteras peruanas. De igual forma esto converge con el sustento teórico de (Speight, 2015) quien señala que los porcentajes de cementante para asfaltos oscila del 3 al 7% según las diversas canteras en el mundo, su naturaleza química, su firmeza y muchos otros parámetros de origen geológico.

Se determinó la dosificación de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en el asfalto emulsionado los mismos que en base a antecedentes se escogieron las dosificaciones de 8% y 12% del contenido de cemento asfáltico. Estos resultados difieren con los hallados por Ramírez y Florez (2015), quien en promedio usó un porcentaje de 17.8%, sin embargo, este utilizó polímero aromático sin carbohidratos rigidizada en estado natural (posiblemente molida), en el caso de nuestra investigación el promedio fue 10% y la polímero aromático sin carbohidratos aplicada fue pura, extraída, secada y tamizada condiciones de malla 100-200, por ello los resultados de promedio usado son diferentes, en la presente investigación no se observaron fisuramiento, ondulaciones, abultamientos u otras patologías anormales, posiblemente a falta de su estandarización, como fue la presente investigación donde además de purificarla, se la estandarizó entre malla 100 y malla 200 dándole homogeneizar, contribución homogénea a las cualidades del cemento asfáltico. En el caso del antecedente, la irregularidad produce islas donde se diferencian las cualidades y lo debilitan, sin embargo, todo depende también de las condiciones climáticas.

En esta línea de ideas, los hallazgos de la presente investigación concuerdan con los hallados por Rodríguez et al. (2016), quien señala la importancia de estandarizar el tamaño y la calidad de la polímero aromático sin carbohidratos, a fin de que no se formen grumos o de otra manera por su tamaño logre adherir sus cualidades al cemento asfáltico, en este caso, el antecedente lo logra estandarizando a un tamaño 75  $\mu\text{m}$  (micrómetros) su estándar fue malla 200, lo que denota, la importancia de la estandarización de cualidades de la polímero aromático sin carbohidratos, tanto en pureza, densidad así como en la estandarización de sus partículas a utilizarse, en particular para que los resultados sean reproducibles o replicables.

**Se determinó el comportamiento del polímero aromático sin carbohidratos** en el asfalto emulsionado convencional y adicionado el residuo de polímero aromático sin carbohidratos mediante el ensayo de Marshall demostrándose que la adición del 8% mejora la estabilidad de asfalto emulsionado, comportamiento de flujo, estabilidad de flujo, para 12% y 8% se presenta mejora en los vacíos de agregado mineral y en los vacíos llenos de asfalto.

Estos resultados convergen con los hallados por Zarei et al. (2019), quien señala la influencia de los bajos porcentajes de polímero aromático sin carbohidratos en la modificación de cualidades de sulfato, de uso de brea y sus ventajas con adición de vidrio que no posee porosidad como agregado fino, lo que hace mejorar las cualidades del asfalto en un momento en que el transporte de carga pesada y su frecuencia se ha incrementado exponencialmente y las mezclas naturales de asfalto requerirían gran espesor, no económicamente posible.

Estos resultados convergen con los hallados por Zhang et al. (2020), quien encontró que mezcla de asfalto con asfalto modificado con polvo de polímero aromático sin carbohidratos mejoró el rendimiento mecánico general, sin embargo, si no tiene tamaño y cualidades estándar, puede tener efectos contradictorios, por ello se tiene que precisar, la densidad, la fuerza, el tamaño y así debe ser aplicado (haber suficiente cantidad) para poder satisfacer los resultados de laboratorio y los requerimientos de la obra, otro aspecto es el tiempo de fusión con el cementante para asfaltos caliente.

### **Limitaciones**

Entre las limitaciones encontradas en el presente estudio fue la falta de estandarización de la polímero aromático sin carbohidratos, ya que hay muchas variedades (polímero aromático sin carbohidratos de cascara de nuez, y polímero aromático sin

carbohidratos de peciololes vegetales como el caso de la presente investigación), dado que la polímero aromático sin carbohidratos es un polímero de diferente peso molecular según su fuente, estructuras vegetales grandes o estructuras vegetales pequeñas, esto se superó describiendo la fuente, la purificación y las características físicas.

### **Implicancias**

Las implicancias de la presente investigación son importantes, pues el cementante para asfaltos tiene poco margen de manipulación de propiedades, existen pocos aditivos y cada vez más se requiere cualidades específicas, por lo que este estudio aporta un material que puede ser alternativa para requerimientos específicos.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- Se analizó el diseño de un asfalto cuyo cemento asfáltico fue enriquecido con 8% y 12% de lignina purificada de residuos vegetales en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf, Laredo, 2022, los resultados estadísticos muestran un mejor desempeño se presenta en la adición de 8% de ligninas, con valores más adecuados de comportamiento de flujo, relación estabilidad flujo, vacíos de agregado mineral y vacíos llenos de asfalto, los cuales presentan mejores valores de desempeño que en el caso del testigo con solo cemento asfáltico y la otra dosificación 12% de ligninas.
- Se determinó las características de residuos de ligninas purificadas, de residuos vegetales que se las preparo con una granulometría entre malla 100 y 200; solubilidad de 0% y una densidad de 1.3 g/ml.
- Se diseñó un asfalto emulsionado con 5 porcentajes de cementante para asfaltos 5% 5.5%, 6%, 6.5% y 7 %, siendo la mezcla con 6% la que mejor cumple los requisitos reglamentarios.
- Se determinó la dosificación de residuos de ligninas las mezclas asfálticas diseñadas, los mismos que fueron en base a antecedentes escogiéndose dosificaciones de 8% y 12% del cemento asfáltico diseñado.
- Se determinó el comportamiento de un diseño de asfalto convencional y con ligninas adicionada en 8% y 12% de aditivo, las mismas mediante el ensayo de Marshall y estadística ANOVA y Tukey Post hoc se demostró que la adición del 8% mejora la mezcla asfáltica.

## **CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Tener en cuenta la polímero aromático sin carbohidratos como aditivo del cemento asfáltico (brea) para las diferentes condiciones particulares de diseño asfáltico.
- ✓ Es necesario establecer las condiciones y cualidades de la polímero aromático sin carbohidratos a fin de que los estudios puedan servir de mejor referencia, entre ellos la densidad, pureza (de extracción), y el punto de sinterización (antes de su fusión que alteraría sus cualidades físicas)
- ✓ Dado que el cementante para asfaltos se puede considerar de cualidades constantes de su ficha técnica, las variables vienen fundamentalmente del % de humedad y absorción del agregado pétreo, por lo que, estandarizando la polímero aromático sin carbohidratos , se haría más fácil el cálculo, por ello se recomienda estudios con los parámetros de polímero aromático sin carbohidratos estandarizados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atachagua, J. P., & Rosales, A. M. (2019). *Análisis del comportamiento mecánico del asfalto emulsionado en caliente adicionado con el Biopolímero Polímero aromático sin carbohidratos* , Lima 2019 [Tesis Titulación, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45563>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3<sup>a</sup> ed.). Grupo Editorial Patria.
- Beckham, G. T. (2018). *Lignin Valorization: Emerging Approaches*. Royal Society of Chemistry.
- Concytec. (2018). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica—Reglamento renacyt*.  
[https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento\\_renacyt\\_version\\_final.pdf](https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf)
- El-Badawy, S., & El-Hakim, R. A. (2018). *Recent Developments in Pavement Design, Modeling and Performance: Proceedings of the 2nd GeoMEast International Congress and Exhibition on Sustainable Civil Infrastructures, Egypt 2018 – The Official International Congress of the Soil-Structure Interaction Group in Egypt (SSIGE)*. Springer.
- Flores, R. D. C., & Orosco, G. C. (2020). *Análisis de la vida útil del asfalto emulsionado en caliente con la incorporación de biopolímero Polímero aromático sin carbohidratos* , Lima-2020 [Tesis Titulación, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57393>
- González, M. (2021). *What to Know about Lignin*. Nova Science Publishers.

- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1ª ed.). Mc Graw - Hill.
- Herrera, R. R., & Martín, C. A. (2006). *Diseño de un compactador automático de suelos para ensayos Marshall*.
- Huaquía, J. L., & Farfán, F. J. (2021). *Análisis de la influencia de las fibras de basalto y polímero aromático sin carbohidratos en las cualidades mecánicas de asfaltos emulsionados en caliente de pavimentos flexibles* [Tesis Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654546>
- Jackson, S. L. (2015). *Research Methods and Statistics: A Critical Thinking Approach*. Cengage Learning.
- Kett, I. (2012). *Asphalt Materials and Mix Design Manual*. William Andrew.
- Luo, D., Khater, A., Yue, Y., Abdelsalam, M., Zhang, Z., Li, Y., Li, J., & Iseley, D. T. (2019). The performance of asphalt mixtures modified with lignin fiber and glass fiber: A review. *Construction and Building Materials*, 209, 377–387.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.126>
- Masad, E., Bhasin, A., Scarpas, T., Menapace, I., & Kumar, A. (2018). *Advances in Materials and Pavement Prediction: Papers from the International Conference on Advances in Materials and Pavement Performance Prediction (AM3P 2018)*. CRC Press.
- Mohammad, L. N. (2006). *Performance Tests for Hot Mix Asphalt (HMA) Including Fundamental and Empirical Procedures*. ASTM International.
- Montaña, H. (2021). *Uso de residuos de caucho en pavimento de asfalto para el mejoramiento de carreteras terciarias en el municipio de Pesca departamento de*



- Boyacá [Universidad Militar Nueva Granada].  
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/39602>
- Nicholls, C. (2017). *Asphalt Mixture Specification and Testing*. CRC Press.
- Poletto, M. (2018). *Lignin: Trends and Applications*. BoD – Books on Demand.
- Ramirez, S. P., & Florez, C. C. (2015). *Evaluación del efecto del envejecimiento del cementante para asfaltos 80-100 modificado con polímero aromático sin carbohidratos en el horno de película delgada* [Tesis Titulación, Universidad Piloto de Colombia]. <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002931.pdf>
- Retto, P., Rojas, M. L., Lescano, L., Sánchez-González, J., & Luján, G. L. (2020). *Lignocellulosic agroindustrial waste in Peru: Potential for bioethanol, energy, and reduction of CO2 emission*. <https://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/meta/FP463.html>
- Rodríguez, D., Rodríguez, C., Ramírez, S., & Flórez, C. (2016). Evaluación del efecto del envejecimiento del cementante para asfaltos 80-100 modificado con polímero aromático sin carbohidratos . *Ingeniare*, 20, 47–62.
- Speight, J. G. (2015). *Asphalt Materials Science and Technology*. Butterworth-Heinemann.
- Transportation Research Board. (2011). *A Manual for Design of Hot Mix Asphalt with Commentary*. Transportation Research Board.
- Velvizhi, G., Goswami, C., Shetti, N. P., Ahmad, E., Kishore Pant, K., & Aminabhavi, T. M. (2022). Valorisation of lignocellulosic biomass to value-added products: Paving the pathway towards low-carbon footprint. *Fuel*, 313, 122678. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122678>

- Yue, Y., Abdelsalam, M., Luo, D., Khater, A., Musanyufu, J., & Chen, T. (2019). Evaluation of the Properties of Asphalt Mixes Modified with Diatomite and Lignin Fiber: A Review. *Materials*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ma12030400>
- Zarei, A., Zarei, M., & Janmohammadi, O. (2019). Evaluation of the Effect of Lignin and Glass Fiber on the Technical Properties of Asphalt Mixtures. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(5), 4085–4094. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-3273-4>
- Zhang, H. (2019). *Asphalt and Asphalt Mixtures*. BoD – Books on Demand.
- Zhang, Y., Wang, X., Ji, G., Fan, Z., Guo, Y., Gao, W., & Xin, L. (2020). Mechanical Performance Characterization of Lignin-Modified Asphalt Mixture. *Applied Sciences*, 10(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/app10093324>

## ANEXOS

### ANEXO N° 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Instrumento	Escala
Residuos de polímero aromático sin carbohidratos	Residuos estandarizados vegetales con una composición no menor al 80% de fibra de polímero aromático sin carbohidratos , entre malla 50 y 150 (Ramírez y Florez, 2015),  Agregados Trujillo	Este elemento se colocará en la asfalto emulsionado en proporciones para poder encontrar los cambios en sus resultados	Características	Color	Guía de observación	Intervalo
				Forma	Guía de observación	Intervalo
				Composición	Guía de observación	Intervalo
			Dosificación	8% de residuos de polímero aromático sin carbohidratos	Guía de observación	Intervalo
				12 % de residuos de polímero aromático sin carbohidratos	Guía de observación	Intervalo
Mezclas asfáltica	Combinación de agregados minerales, aglomerados mediante un ligante asfáltico y mezclados de tal manera que los agregados pétreos queden cubiertos por una película uniforme de asfalto(Palacio, 2015) .	Debajo de lo requerido Dentro de lo requerido Sobre lo requerido	Ensayo Marshal	Estabilidad	Guía de observación	Intervalo
				% de flujo	Guía de observación	Intervalo
				Densidad	Guía de observación	Intervalo
				% de Vacíos	Guía de observación	Intervalo
				% Vacíos en Agregado Mineral	Guía de observación	Intervalo

**ANEXO N° 2 Matriz de consistencia.**

Problema	Objetivo	Hipótesis	VARIABLES	Dimensión	Indicador	Metodología
¿Cuál es el análisis del agregado de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en el comportamiento de una asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf Laredo 2022?	<p><b>GENERAL</b> Analizar el agregado de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en el comportamiento de una asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf Laredo 2022</p> <p><b>ESPECIFICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar las características de residuos de polímero aromático sin carbohidratos</li> <li>-Diseñar la asfalto emulsionado</li> <li>-Determinar la dosificación de residuos de polímero aromático sin carbohidratos en la asfalto emulsionado</li> <li>-Determinar el comportamiento de la polímero aromático sin carbohidratos en la asfalto emulsionado convencional y adicionado el residuo de polímero aromático sin carbohidratos mediante el ensayo de Marshall</li> </ul>	El agregado de residuos de polímero aromático sin carbohidratos mejora el comportamiento del asfalto emulsionado en la calle San Carlos Urbanización Florida del Golf Laredo 2022	Residuos de polímero aromático sin carbohidratos	Características	Color	<p><b>Tipo de investigación</b> Aplicada</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Experimental</p> <p><b>Población</b> Todas asfaltos emulsionados en el distrito de Laredo</p> <p><b>Muestra</b> La muestra estará compuesta de briquetas de 3 asfalto emulsionado convencionales y 9 asfalto emulsionado con diferentes porcentajes de residuos de Polímero aromático sin carbohidratos (3%-5%-7%).</p> <p><b>Muestreo</b> No probabilístico</p> <p><b>Análisis de datos</b> El análisis se hará estadística ANOVA</p>
					Forma	
					Composición	
					5% de residuos de polímero aromático sin carbohidratos	
					10 % de residuos de polímero aromático sin carbohidratos	
			Mezclas asfáltica	Ensayo Marshal	15 % de residuos de polímero aromático sin carbohidratos	
					Estabilidad	
					% de flujo	
					Densidad	
					% de Vacíos	
% Vacíos en Agregado Mineral						

**ANEXO N° 3 Ficha de observación de polímero aromático sin carbohidratos**

Pesos en (gr)	ORIGINAL	POLÍMERO AROMÁTICO SIN CARBOHIDRATO S AL 8%	POLÍMERO AROMÁTICO SIN CARBOHIDRATO S AL 12%
Peso de Lata			
Peso asfalto (*)			
Peso Polímero aromático sin carbohidratos entrante			
Peso total teórico			
Peso Total modificado			

Nota: Polímero aromático sin carbohidratos procesada según metodología de Fig. 3.

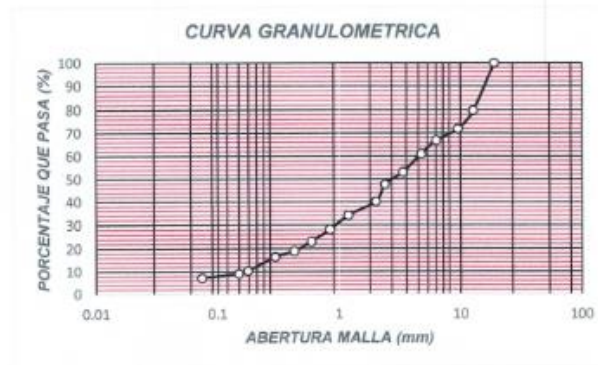
### Anexo N°4 Analisis de agregado grueso



INFORME N° 236			
SOLICITANTE: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Álvarez			
PROYECTO: "ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2022"			
UBICACIÓN: URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO			
Datos de la muestra:			
Cantera	:	Agregados Trujillo El Porvenir	Fecha de Recepción: 20-04-2022
		Agregado fino	Fecha de Ejecución: 26-04-2022
			Fecha de Emisión:

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE			GRADACIÓN MAC-2
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050		100.0	100
1/2"	12.700	20.1	79.9	80 - 100
3/8"	9.525	8.0	71.9	70 - 88
1/4"	6.350	5.0	66.9	
N° 4	4.750	6.0	60.9	51 - 68
N° 8	3.360	7.8	53.1	
N° 8	2.380	5.3	47.8	
N° 10	2.000	7.5	40.3	38 - 52
N° 16	1.180	6.1	34.2	
N° 20	0.840	6.0	28.2	
N° 30	0.590	5.0	23.2	
N° 40	0.426	4.2	19.0	17 - 28
N° 50	0.297	2.5	16.5	
N° 80	0.177	6.2	10.3	8 - 17
N° 100	0.149	1.2	9.1	
N° 200	0.074	1.9	7.2	4-8
- N° 200		7.2	-	

RESUMEN DE ENSAYO	
<b>PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS</b>	
(1) Cant. Dorita - Piedra chancada 1/2"	= 30%
(2) Cant. Dorita - Arena chancada	= 70%
<b>PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE</b>	
- AGREGADO GRUESO	= 39%
- AGREGADO FINO	= 61%
<b>OBSERVACIONES:</b>	
- Especificaciones del MTC EG-2013	



Observaciones:  
- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.

  
Ing. C. Jim C. Anton Fiestas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

### Anexo N°5 Analisis de agregado fino



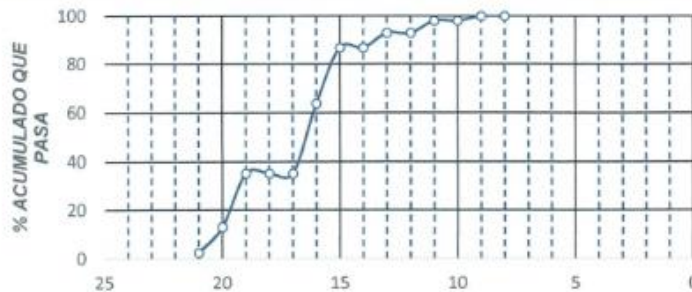
**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INFORME N° 236

<b>SOLICITANTE:</b> Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Alvarez			
<b>PROYECTO:</b> *ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2022*			
<b>UBICACIÓN:</b> URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO			
<b>Datos de la muestra:</b>			
Cantera	Agregados Trujillo	El Porvenir	Fecha de Recepción: 20-04-2022
	Agregado fino		Fecha de Ejecución: 26-04-2022
			Fecha de Emisión:

Tamiz		Material retenido				Especificaciones	
0		Masa (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	mínimo (%)	máximo (%)
Pulgada	mm						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.05						Masa Inicial (g) 298.9
1/2"	12.70						
3/8"	9.53				100.0		
5/16"	6.35				100.0		
N° 4	4.76	5.7	1.9	1.9	98.1		
N° 6				1.9	98.1		
N° 8	2.38	15.3	5.1	7.0	93.0		
N° 10				7.0	93.0		
N° 16	1.19	18.5	6.2	13.2	86.8		
N° 20				13.2	86.8		
N° 30	0.59	68.7	23.0	36.2	63.8		
N° 40	0.30	85.3	28.5	64.7	35.3		
N° 50				64.7	35.3		
N° 80				64.7	35.3		
N° 100	0.15	65.9	22.0	86.8	13.2		
N° 200	0.074	32.1	10.7	97.5	2.5		
Bandeja		7.4	2.5	100.0	0.0		



Observaciones: Realizado por :

*[Firma]*  
 Ing. C. Jim C. Anton Fiestas  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701  
 TRUJILLO - PERU

INDECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim\_0626@hotmail.com

## Anexo N°6 Ensayo de Marshall Muestra testigo de cemento asfáltico



N° INFORME JCH 22-249			
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Marvyn Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"		CANTIDAD
			PRESENTACIÓN
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022	FECHA DE ENSAYO	: 28-04-2023
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL			
Muestra testigo solo cemento asfáltico			

	N° DE BRIQUETAS			1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5			5.5				
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.94			28.50				
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	67.52			66.50				
4	ADITIVO				--				
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1020.10			1010				
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2765.38			2738				
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2745.18			2718				
8		--			--				
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63.0	66.4	64.3	64.3	63.1	63.8		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,210.4	1,228.4	1,222.5	1,218.8	1,219.3	1,222.6		
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,216.2	1,232.3	1,226.8	1,226.1	1,225.1	1,229.1		
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	726.1	716.7	721.6	725.6	726.6	727.6		
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	490.0	503.0	509.5	492.0	503.7	490.0		
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	5.73	3.92	4.32	7.34	5.83	6.53		
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1.18	0.76	0.86	1.48	1.18	1.31		
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (g/cm <sup>3</sup> )	2.47	2.39	2.42	2.44	2.45	2.44		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm <sup>3</sup> ) (A/(B-C))	2.48	2.39	2.43	2.44	2.45	2.45		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041				2.71			2.68	
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8.44	11.66	10.25	8.94	8.54	8.84		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm <sup>3</sup> )				2.73			2.74	
21	V.M.A. (%)	13.47	16.58	15.28	15.18	14.77	15.08		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	37.89	29.75	32.96	41.51	24.52	41.81		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL				2.93			2.94	
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)				2.61			2.60	
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)				2.11			2.60	
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	12.1	10.1	11.1	15.1	16.1	15.1		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	884.4	934.7	904.5	1085.4	934.7	1005.0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	919.58	971.8	940.7	1128.6	971.8	1045.2		

  
Ing. C. Jim C. Anton Fiestas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701






**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240			
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryon Yeraldine Morillo Alvarez	AGREGADOS	: Agregados, Pen 60-70, sin aditivo
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2022"	CANTIDAD	: 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022	PRESENTACIÓN	: Sacos
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL		FECHA DE ENSAYO	: 28-04-2023
Muestra testigo solo cemento asfáltico			

N° DE BRIQUETAS		13A	3B	3C	4A	4B	4C
1	% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.00			6.50		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.49			28.34		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	66.48			66.13		
4	ADITIVO						
5	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1015.05			1015.05		
6	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2751.69			2751.69		
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2731.59			2731.59		
8		--					
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	62.21	60.10	60.50	61.31	62.01	61.51
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,226.80	1,181.58	1,211.63	1,225.60	1,236.85	1,231.13
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,229.62	1,184.09	1,214.04	1,226.80	1,238.66	1,232.33
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	739.38	706.62	728.63	744.20	750.63	748.73
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	490.24	477.48	485.42	482.60	488.03	485.62
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	2.81	2.51	2.41	1.21	1.81	1.21
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.57	0.53	0.50	0.25	0.37	0.25
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m <sup>3</sup> )	2,507.48	2,479.34	2,501.45	2,544.66	2,539.64	2,540.64
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.3) (A/(B-C))	2.51	2.47	2.51	2.55	2.55	2.55
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.67			2.64		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	5.63	6.73	5.83	64.00	3.72	3.72
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.3)	2.72			2.72		
21	V.M.A. (%)	13.27	14.27	13.47	12.46	12.56	12.56
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	57.89	53.47	56.68	72.06	70.65	70.95
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.94			2.94		
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2.61			2.61		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.12			3.52		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	16.1	16.1	16.1	17.1	17.1	17.1
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1256.3	1082.4	1185.9	1356.8	1427.1	1457.3
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1306.5	1125.6	1132.6	1411.0	1484.4	1515.5


  
**Ing. C. Jim C. Anton Fiestas**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryon Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	: Agregados, Pen 60-70, sin aditivo
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2022"		CANTIDAD	: 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022		PRESENTACIÓN	: Sacos
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL			FECHA DE ENSAYO	: 28-04-2023
Muestra testigo solo cemento asfáltico				

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	7.00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.19					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	65.78					
4 ADITIVO						
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,015.05					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,751.69					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,731.59					
8	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	61.71	62.31	62.11			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,233.54	1,237.86	1,237.16			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,234.34	1,239.27	1,238.16			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	745.51	746.41	744.71			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	488.83	492.85	493.45			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.80	1.41	1.01			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.16%	0.29%	0.20%			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m <sup>3</sup> )	2,528.58	2,516.52	2,512.50			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm <sup>3</sup> ) (A/(B-C))	2.54	2.52	2.52			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.61					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3.42	3.82	4.02			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm <sup>3</sup> )	2.72					
21 V.M.A. (%)	13.47	13.87	13.97			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	75.07	72.56	71.56			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.93					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2.7					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.0					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	19.10	20.10	19.10			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1256.25	1130.625	1306.5			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.05	1.05	1.05			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1306.5	1175.85	1358.76			

  
Ing. C. Jim C. Anton Flastas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240					
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	: Agregados, Pen 60-70, sin aditivo	
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"			CANTIDAD	: 100 kg
				PRESENTACIÓN	: Sacos
				FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL					
Muestra testigo solo cemento asfáltico					

MTC E-504 (2000)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla:				
	- N° de golpes por cara			75
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5.7	5.9	6.1	
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	2604	2625	2627.1	
- Vacios, %	5.45	4.515	4	
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	65.1	71.4	72	
- V.M.A., %	15.12	15.12	14.3	
- Estabilidad, lb (kN)	3748.5 (16.67)	3360.0 (14.95)	3280.0 (14.59)	
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	16.8 (4.2)	16.8 (4.2)	17.0 (4.3)	
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm		3636.4		
- Absorción de Asfalto, %		2.1		
- Temperatura de la Mezcla, °C		150		
Proporciones de mezcla:				
1) Agregado grueso, % *		30		
Agregado fino, % *				
(2) Agregado fino, % *		70		
Agregado fino, % *				
Materiales:				
- Tipo de Asfalto				
- Agregado fino Agregado grueso				
- Agregado grueso				
- Agregado fino				
CAUCHO:				

Observaciones :

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.

Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.

Fecha de orden de ensayo: 2023/05/13.

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario

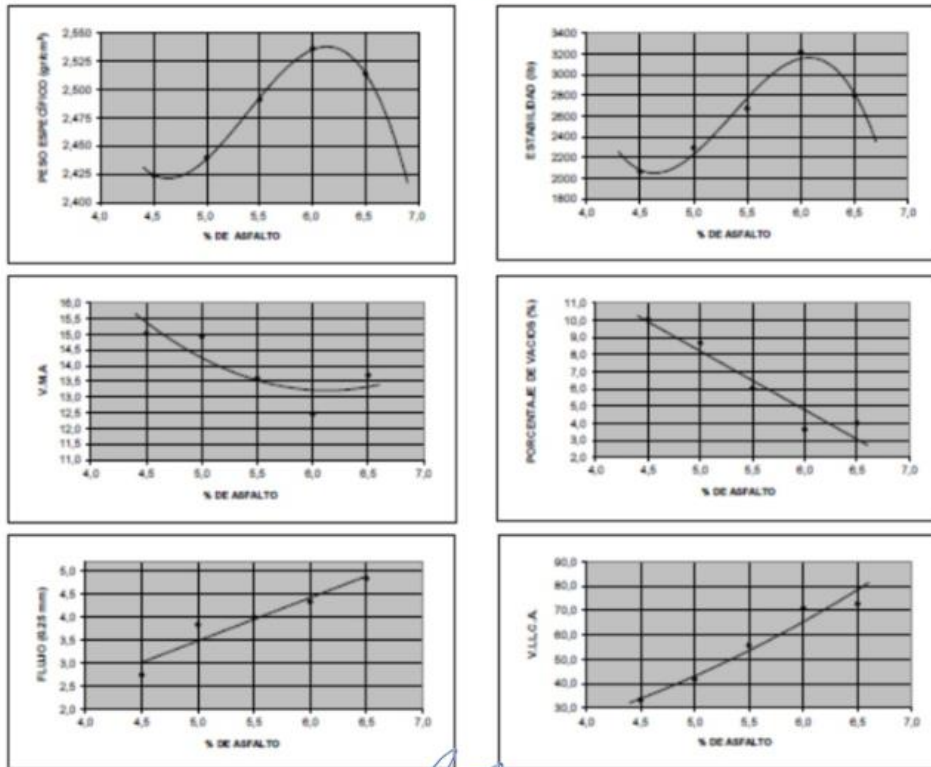
  
**Ing. C. Jim C. Anton Fiestas**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	: Agregados, Pen 60-70, sin aditivo
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"		CANTIDAD	: 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022	FECHA DE ENSAYO	: 28-04-2023	
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL				
Muestra testigo solo cemento asfáltico				

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



*[Signature]*  
Ing. C. Jim C. Anton Piestas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

### Anexo N°7 Ensayo de Marshall Muestra de cementante para asfaltos con 8% de agregado de polímero aromático sin carbohidratos .



N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeralaine Morillo Alvarez		AGREGADOS	: Agregados, Pen 60-70
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"		CANTIDAD	: 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022		PRESENTACIÓN	: Sacos
			FECHA DE ENSAYO	: 26-04-2023
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL				
Muestra cemento asfáltico + 8% Lignina				

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.00		5.5			
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.75		28.64			
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	67.18		66.83			
4 ADITIVO % CEMENTO ASFÁLTICO						
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1015.05		1015.05			
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2751.69		2751.69			
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	---		---			
8	0		0			
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	61.7	64.1	62.6	62.0	64.8	63.3
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1209.0	1214.4	1212.8	1212.2	1217.7	1215.0
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1213.9	1220.6	1219.1	1216.7	1227.4	1220.1
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	714.6	717.6	709.5	724.6	723.7	730.0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	499.4	503.0	509.5	492.0	503.7	490.0
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	4.9	6.1	6.2	4.4	9.7	5.0
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.99	1.23	1.23	0.90	1.95	1.04
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m <sup>3</sup> )	2426	2419	2385	2468	2422	2484
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm <sup>3</sup> ) (A)/(B-C)	2433.1	2426.1	2391.9	2476.3	2429.1	2491.4
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.69		2.67			
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	9.7	9.9	11.3	7.4	9.2	6.8
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm <sup>3</sup> )	2.73		2.74			
21 V.M.A. (%)	15.2	15.5	16.7	14.2	15.8	13.6
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	36.2	35.8	32.9	47.6	41.9	49.7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL			2.9		2.9	
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)			2.31		2.41	
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)			2.31		2.71	
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	12.1	12.1	11.1	13.1	13.1	15.1
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1251.2	1180.9	1251.2	1251.2	1305.5	1271.8
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1301.5	1228.1	1301.5	1301.5	1357.8	1322.6

  
 Ing. C. Jim C. Anton Fiestas  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701



**M&M ANTÓN LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: "ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"		CANTIDAD	: 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022		PRESENTACIÓN	: Sacos
			FECHA DE ENSAYO	: 28-04-2023
ASTM D-8927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL				
<b>Muestra cemento asfáltico + 8% Lignina</b>				

N° DE BRIQUETAS						
	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.49					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	66.48					
4 ADITIVO						
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1015.05					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2751.69					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2731.59					
8						
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63.82	61.71	63.01	61.81	62.61	63.32
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,220.97	1,225.50	1,221.88	1,222.08	1,231.73	1,227.51
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,226.20	1,233.64	1,229.12	1,223.49	1,233.84	1,229.52
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	730.03	728.42	726.01	744.00	744.91	744.40
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	496.17	505.21	503.10	479.49	488.93	485.11
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	5.23	8.14	7.24	1.41	2.11	2.01
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1.06	1.62	1.45	0.29	0.43	0.41
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m <sup>3</sup> )	2,465.3	2,430.1	2,433.1	2,553.7	2,524.6	2,535.6
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm <sup>3</sup> ) (A/(B-C))	2.47	2.44	2.44	2.56	2.53	2.54
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.72					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.9	8.2	8.1	2.8	3.9	3.5
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm <sup>3</sup> )	2.7					
21 V.M.A. (%)	14.7	15.9	15.8	12.1	13.2	12.8
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	53.3	48.4	48.8	77.4	70.8	73.2
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.93					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2.41					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.22					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	16.08	16.08	15.08	17.09	17.09	18.09
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1403.985	1489.41	1409.01	1502.475	1511.118	1585.89
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1460.3	1548.7	1465.3	1562.8	1571.8	1649.2

  
**Ing. C. Jim C. Anton Piestas**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240			
SOLICITANTE	Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Alvarez	AGREGADOS	Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2022	CANTIDAD	100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	20-04-2022	PRESENTACIÓN	Sacos
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL		FECHA DE ENSAYO	28-04-2023
<b>Muestra cemento asfáltico + 8% Lignina</b>			

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	7.00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28 19025					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	65 77725					
4 ADITIVO						
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1015.05					
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2751.69					
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2731.59					
8	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64.2195	61.707	66.33			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1217.055	1233.537	1235.145			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1219.065	1234.241	1236.351			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	728.1225	739.68	737.67			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA E (gr.) (B-C)	490.9425	494.5605	498.681			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	2.0	0.7	1.2			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	41.2%	0.14%	0.24%			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m3)	2484.36	2499.435	2481.345			
17 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.3) (A/(B-C))	2491.395	2506.47	2489.385			
18 PESO ESPECIFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.61					
19 PORCENTAJE DE VACIOS (%)	4.7%	4.1%	4.8%			
20 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.3)	2.72					
21 V.M.A. (%)	14.9745	14.472	15.075			
22 PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C. A. (%)	68.84	71.86	68.54			
23 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.94					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2.7					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	19.1	18.1	19.1			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1197.0	1394.9	1251.2			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0452	1.0452	1.0452			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1245.2	1451.2	1301.5			

Ing. C. Jim C. Anton Plasas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240			
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryon Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2022"		: Agregados, Pen 60-70.
			CANTIDAD
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022	PRESENTACIÓN	: 100 kg Sacos
		FECHA DE ENSAYO	: 28-04-2023
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL			
Muestra cemento asfáltico + 8% Lignina			

MTCE-504 (2000)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla:			
- N° de golpes por cara	75.00		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5.7	5.9	6.1
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	2604	2625	2627.1
- Vacíos, %	5.46	4.515	4.2
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	65.1	71.4	75.6
- V.M.A., %	1484.7	15.12	15.015
- Estabilidad, lb (kN)	3748.5 (15.88)	3748.5 (14.95)	4920 (14.59)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	17.6 (4.0)	17.6 (4.2)	17.6 (4.3)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	3818.22		
- Absorción de Asfalto, %	2.205		
- Temperatura de la Mezcla, °C	15760.5		
Proporciones de mezcla:			
1) Agregado grueso, % *		30	
Agregado fino, % *			
2) Agregado fino, % *		70	
Agregado fino, % *			
Materiales:			
- Tipo de Asfalto			
- Agregado fino Agregado grueso			
- Agregado grueso			
- Agregado fino			
CAUCHO:			

Observaciones :

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.

Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.

Fecha de orden de ensayo: 2023/05/13.

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario

  
Ing. C. Jim C. Anton Piastias  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

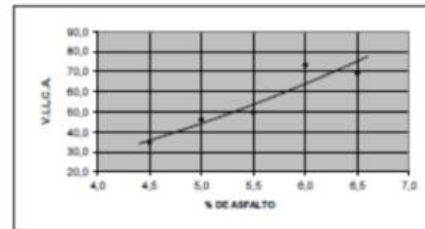
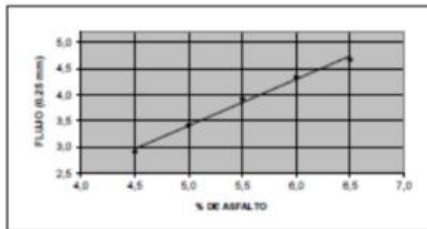
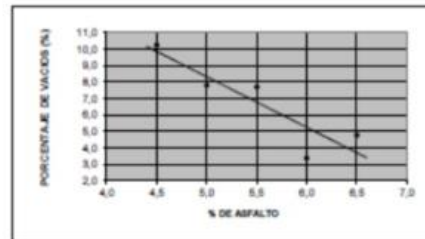
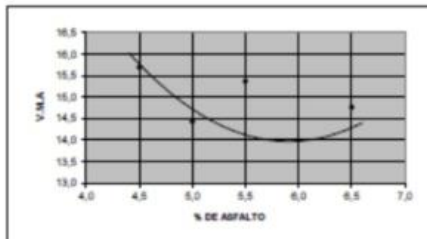
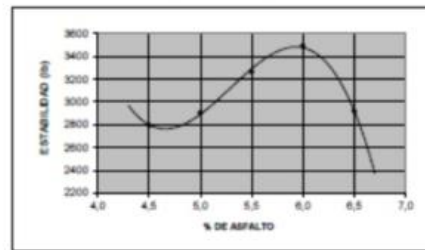
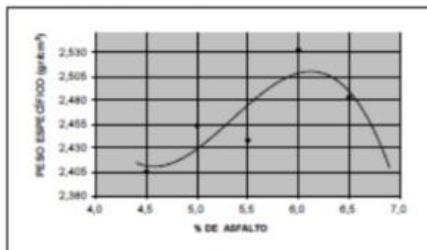




**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryon Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	Agregados, Pen 60-70
PROYECTO	'ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023'		CANTIDAD	100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	20-04-2022		PRESENTACIÓN	Sacos
			FECHA DE ENSAYO	28-04-2023
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL				
Muestra cemento asfáltico + 8% Lignina				

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



*[Signature]*  
Ing. C. Jim C. Anton Piestas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

## **Anexo N°8 Ensayo de Marshall Muestra de cementante para asfaltos con 12% de polímero aromático sin carbohidratos**



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240			
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryon Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS
PROYECTO	*ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023*		: Agregados, Pen 60-70.
FECHA DE RECEPCIÓN	20-04-2022		CANTIDAD
			: 100 kg
			PRESENTACIÓN
			: Sacos
			FECHA DE ENSAYO
			: 28-04-2023
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL			
<b>Muestra cemento asfáltico + 12% Lignina</b>			

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.79					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	67.18					
4 ADITIVO % CEMENTO ASFÁLTICO	1.015.05					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	2.751.69					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.731.59					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	--					
8	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64.62	62.31	63.11	62.51	63.72	63.21
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,219.3	1,212.8	1,215.0	1,212.1	1,210.2	1,211.0
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,230.1	1,222.1	1,223.4	1,217.1	1,217.9	1,217.1
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	726.7	722.5	717.6	728.4	722.9	725.0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA E (gr.) (B-C)	503.4	499.6	505.8	488.6	495.0	492.0
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	10.9	9.2	8.3	4.9	7.6	6.0
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	2.2	1.9	1.7	1.0	1.5	1.2
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m3)	2,427.1	2,432.1	2,407.0	2,485.4	2,450.2	2,466.3
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.3) (A/(B-C))	2.43	2.44	2.41	2.49	2.46	2.47
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.63					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	7.64	7.34	8.34	4.62	6.03	5.43
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.3)	2.72					
21 V.M.A. (%)	15.2	15.0	15.9	13.6	14.8	14.3
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	50.1	51.0	47.5	66.0	59.6	62.4
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.84					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.4					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.12					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	13.1	12.1	12.1	14.1	13.1	14.1
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,150.7	1,070.3	1,194.9	1,331.6	1,317.6	1,492.4
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,197.0	1,113.5	1,243.2	1,384.9	1,369.8	1,551.7

  
**Ing. C. Jim C. Anton Fiestas**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryon Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	: Agregados, Per 60-70
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"		CANTIDAD	: 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022		PRESENTACIÓN	: Sacos
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL			FECHA DE ENSAYO	: 28-04-2023
<b>Muestra cemento asfáltico + 12% Lignina</b>				

N° DE BRIQUETAS						
	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.49					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	66.48					
4 ADITIVO						
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,015.05					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,751.69					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,731.59					
8						
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63.7	66.1	64.4	63.1	63.4	62.6
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1225.4	1224.0	1224.5	1202.5	1228.7	1226.5
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1232.9	1231.8	1232.1	1205.5	1232.8	1230.7
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	737.7	732.6	738.7	712.9	735.2	732.6
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	495.3	499.2	493.5	492.6	497.7	498.1
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	7.5	7.8	7.6	3.0	4.1	4.2
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1.5	1.6	1.6	0.6	0.8	0.9
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m3)	2479.3	2457.2	2486.4	2446.2	2473.3	2467.3
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.3) (A)/(B-C)	2486.4	2464.3	2493.4	2453.2	2481.3	2474.3
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.59					
19 PORCENTAJE DE VACIOS (%)	4.1	5.0	3.8	4.7	3.6	3.9
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.3)	2.72					
21 V.M.A. (%)	14.3	15.0	14.0	15.9	14.9	15.1
22 PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C. A. (%)	71.5	67.0	72.9	70.8	76.1	74.7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.85					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.5					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.1					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	17.1	16.1	16.1	18.1	17.1	17.1
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1484.4	1593.9	1506.5	1318.6	1363.8	1351.7
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1543.7	1657.2	1568.8	1370.8	1418.1	1406.0

  
 Ing. C. Jim C. Anton Plasias  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	: Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	: Agregados, Pen 60-70
PROYECTO	: "ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"		CANTIDAD	: 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 20-04-2022		PRESENTACIÓN	: Sacos
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL			FECHA DE ENSAYO	: 26-04-2023
<b>Muestra cemento asfáltico + 12% Lignina</b>				

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	7.00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28.19					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	65.78					
4 ADITIVO						
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1015.05					
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2751.69					
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2731.59					
8	---					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64.2	62.8	63.3			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1249.4	1215.4	1228.1			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1250.8	1218.0	1230.0			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	734.7	719.5	722.5			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	516.2	498.4	507.4			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1.4	2.5	1.9			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.0	0.0	0.0			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m3)	2425.1	2443.2	2425.1			
17 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.3) (A/(B-C))	2433.1	2451.2	2432.1			
18 PESO ESPECIFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.61					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.72	4.02	4.72			
20 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.3)	2.74					
21 V.M.A. (%)	17.0	16.4	17.0			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	68.84	71.86	68.54			
23 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.85					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.51					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.13					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	20.1	20.1	19.1			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1194.9	1190.9	1090.4			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.05	1.05	1.05			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1243.2	1238.2	1133.6			

  
Ing. C. Jim C. Anton Plasas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryon Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	Agregados, Pen 60-70
PROYECTO	ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023*		CANTIDAD	100 kg
			PRESENTACIÓN	Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	20-04-2022	FECHA DE ENSAYO	28-04-2023	
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL				
<b>Muestra cemento asfáltico + 12% Lignina</b>				

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla:				
- N° de golpes por cara	75			
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, %*	5,7	5,9	6,1	
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	2604	2625	2627,1	
- Vacíos, %	5,46	4,515	4,2	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	65,1	71,4	75,6	
- V.M.A., %	15,12	15,12	15,015	
- Estabilidad, lb (kN)	3748,5 (15,88)	3748,5 (14,95)	4920 (14,59)	
- Flujo, 0.01" (0,25 mm)	17,6 (4,0)	17,6 (4,2)	17,6 (4,3)	
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	3818,22			
- Absorción de Asfalto, %	2,205			
- Temperatura de la Mezcla, °C	157,5			
Proporciones de mezcla:				
1) Agregado grueso, % *		30		
Agregado fino, % *				
(2) Agregado fino, % *		70		
Agregado fino, % *				
Materiales:				
- Tipo de Asfalto				
- Agregado fino Agregado grueso				
- Agregado grueso				
- Agregado fino				
CAUCHO:				

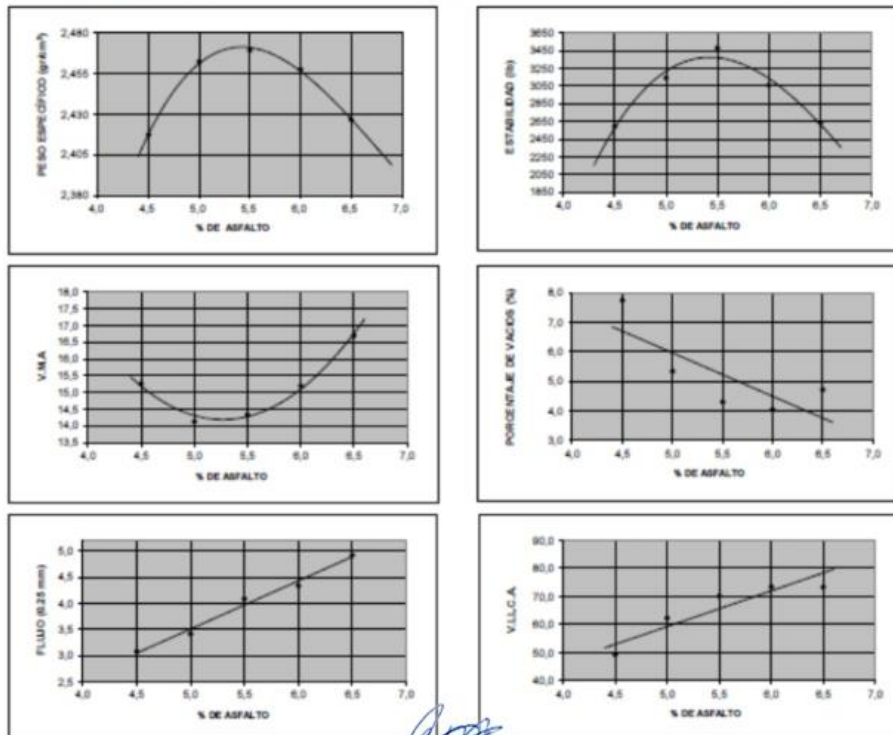
  
**Ing. C. Jim C. Anton Fiestas**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701



**M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

N° INFORME JCH 22-240				
SOLICITANTE	Marvin Jhonel Alvarado Saldaña, Maryori Yeraldine Morillo Alvarez		AGREGADOS	Agregados, Pen 60-70
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL AGREGADO DE RESIDUOS DE LIGNINA EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CALLE SAN CARLOS URBANIZACIÓN FLORIDA DEL GOLF, LAREDO, 2023"		CANTIDAD	100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	20-04-2022		PRESENTACIÓN	Sacos
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL			FECHA DE ENSAYO	28-04-2023
Muestra cemento asfáltico + 12% Lignina				

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



*[Signature]*  
Ing. C. Jim C. Anton Fiestas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

## Anexo N°9 Ficha técnica Asfalto solido 60/70



### Ficha de Datos de Seguridad

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DEL PRODUCTO	: ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN
1.2 SINÓNIMOS	: Cemento asfáltico.
1.3 USO RECOMENDADO	: Construcción y tratamiento de pavimentos.
1.4 DATOS DEL PROVEEDOR	
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01)614-5000, (01)630-4000, (01)630-4079 0800 77 155
Portal Empresarial	: <a href="http://www.petroperu.com.pe">http://www.petroperu.com.pe</a>
Correo electrónico	: <a href="mailto:servcliente@petroperu.com.pe">servcliente@petroperu.com.pe</a>
1.5 TELÉFONO DE EMERGENCIA	: (01) 614-5000, anexo 11444, celular 944-944-667 Horario de atención: 24 horas.

#### 2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

##### 2.1 CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O MEZCLA

2.1.1 Peligros físicos  
No clasificado.

2.1.2 Peligros para la salud  
Corrosión/irritación cutánea: Categoría 2 (Irritante cutáneo); el producto en estado líquido (alta temperatura) ocasiona quemaduras. A temperatura ambiente no hay efectos serios a corto plazo.  
Irritación ocular: Categoría 1 (Lesiones oculares graves), el contacto con el producto en estado líquido (alta temperatura) provoca quemaduras graves y los vapores causan irritación.  
Sensibilización Respiratoria Sub Categoría IB; la inhalación de los vapores del producto caliente provoca dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, tos, mareos y vértigo.

##### 2.2 ELEMENTOS DE LAS ETIQUETAS

###### 2.2.1 Pictograma



Palabra de advertencia: Atención

###### 2.2.2 Códigos de indicación de peligros (Alta temperatura)

H315: Provoca irritación cutánea.  
H319: Provoca irritación ocular grave.  
H335: Puede irritar las vías respiratorias

Fecha de Revisión: 01.04.2019  
Pág. 1 de 7





## Ficha de Datos de Seguridad

### 2.2.3 Códigos de consejos de prudencia

P264: Lavarse cuidadosamente las manos después de la manipulación.  
P280: Usar guantes/ropa de protección/equipo de protección para los ojos/la cara.

### 2.3 OTROS PELIGROS

No indicados.

---

## 3. COMPOSICIÓN

---

Componentes
Mezcla compleja de hidrocarburos derivados del petróleo, no volátiles, de elevado peso molecular. Composición aprox.: Saturados, 18 - 25%; asfaltenos, 10 - 15%; resinas+aromáticos, 60 - 72%.

---

## 4. PRIMEROS AUXILIOS

---

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua por aprox. 15 minutos. Obtener atención médica de inmediato para el tratamiento de las quemaduras, si el contacto ocurrió a alta temperatura.

Contacto con la piel: En caso de contacto con el producto caliente; lavar con abundante agua, no remover el producto si está adherido a la piel, esto debe ser realizado por personal médico. El lavado con jabón y abundante agua es suficiente si el producto está frío, en todo caso, obtener atención médica si el contacto causa una irritación. Quitar la ropa contaminada lo antes posible y lavarla antes de un nuevo uso.

Inhalación: Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario.

Ingestión: Actuar con rapidez. No inducir al vómito a fin de evitar que el producto ingrese a los pulmones por aspiración. Mantener en reposo y obtener atención médica de inmediato.

### 4.2 SÍNTOMAS Y EFECTOS MAS IMPORTANTES

Contacto con los ojos: Irritación, conjuntivitis. Quemaduras si el producto está caliente.

Contacto con la piel: Causa irritación. Puede causar dermatitis si el contacto es prolongado. Quemaduras si el producto está caliente.

Inhalación: Puede causar náuseas, somnolencia, dolor de cabeza fatiga y mareos.

Ingestión: Irritación de la boca, garganta y estómago. El ingreso a los pulmones puede causar edema pulmonar.

### 4.3 INDICACIÓN DE LA NECESIDAD DE RECIBIR ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATA

Solicitar atención médica de inmediato.

---

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

---

Ante un incendio o en caso exista tanques/camiones cisterna involucrados evacuar al personal fuera del área de exposición.

Procurar detener el sistema de calentamiento del producto vertiendo agua en forma de rocío para enfriar los tanques o los recipientes que contienen al producto, de igual manera, en caso exista fuga del producto procurar controlarlo.



## Ficha de Datos de Seguridad

### 5.1 MEDIOS DE EXTINCIÓN APROPIADOS

Polvo químico seco y CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

En caso el incendio supere el uso de los agentes mencionados; con personal especializado utilizar concentrado de espuma (AFFF-AR, AFFF u otros).

### 5.2 PELIGROS ESPECÍFICOS DEL PRODUCTO

Durante el incendio, evitar que el agua entre en contacto directamente con el producto, debido a los riesgos de salpicaduras y erupciones violentas.

### 5.3. MEDIDAS ESPECIALES DE LOS EQUIPOS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

En caso el incendio sea de gran magnitud, la extinción de fuego sólo debe ser realizada por personal especializado, para lo cual debe utilizar equipos de protección personal especiales como:

- Chaqueta y pantalón para combate estructural, casco, y demás indumentaria recomendado para afrontar el incendio.
- Equipo de protección respiratoria autónoma.

En algunas circunstancias se recomienda el uso de Trajes de Material Aluminizado.

---

## 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

---

### 6.1 PRECAUCIONES PERSONALES, EQUIPO PROTECTOR Y PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA

Aislar el área por riesgo de fuego. Eliminar todas las fuentes de ignición. Detener la fuga si no hay riesgo. Si el asfalto está caliente esperar que la temperatura disminuya con la finalidad que el producto se solidifique y trasladarlo hacia un depósito identificado. Ver lo concerniente a equipo protector en el ítem 8 de este documento. Seguir las instrucciones de un plan de contingencia implementado.

### 6.2 PRECAUCIONES RELATIVAS AL AMBIENTE

Evitar si es posible que el producto ingrese al desagüe y fuentes de agua.

En caso de vertimientos en medios acuáticos, los productos que se requieran usar como dispersantes, absorbentes y/o aglutinantes deberán contar con la autorización vigente de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.

### 6.3 MÉTODOS Y MATERIALES PARA LA CONTENCIÓN Y LIMPIEZA DE VERTIDOS

Contener el derrame y dejar enfriar si el producto está caliente. Ventilar la zona afectada. Recoger el producto y si es posible, proceder a su recuperación. Colocar el material contaminado en recipientes identificados para su disposición final según la normatividad vigente.

---

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

---

### 7.1 MANIPULACIÓN

No inhalar los humos o vapores del material calentado. No permita que el material caliente entre en contacto con la piel. Usar un equipo completo de protección durante la manipulación del producto en estado líquido; posteriormente proceder a la higiene personal.

Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto, conectar a tierra los tanques o camiones tanque.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras.

### 7.2 ALMACENAMIENTO

Fecha de Revisión: 01.04.2019  
Pág. 3 de 7



### Ficha de Datos de Seguridad

Almacenar en tanques especialmente diseñados para tal fin; debido a las facilidades para su manipulación, los tanques poseen un sistema de calentamiento, por lo tanto, es necesario realizar un monitoreo permanente de la temperatura para evitar el sobrecalentamiento del producto. Se recomienda mantener la temperatura a 30 °C por debajo del punto de inflamación del producto.

El producto no debe ser almacenado en instalaciones ocupadas permanentemente por personas.

La manipulación y almacenamiento del producto en estado líquido se debe realizar de tal manera que no sea posible el contacto con el agua.

NOTA: El envasado del producto en cilindros y la transferencia a camiones cisterna debe ser realizado siguiendo estrictamente un procedimiento implementado.

---

#### 8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

---

Ante la presencia de asfalto caliente, que emana vapores orgánicos, las medidas de control a implementar son:

##### 8.1 CONTROLES TÉCNICOS APROPIADOS

Instalar sistemas de control de temperatura en los tanques de almacenamiento para evitar el sobrecalentamiento del producto. Contar con duchas y lavajos e identificar las salidas de emergencia en el lugar de trabajo.

##### 8.2 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección de ojos, cara y respiratoria: Ante la exposición a concentraciones de vapores, utilizar máscara cara completa con cartuchos contra vapores orgánicos.

Piel: Guantes de neopreno, nitrilo o polivinilo; traje de protección y calzado de seguridad.

---

#### 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

---

Apariencia	: Sólido a temperatura ambiente; a temperaturas mayores o iguales a 100° C, es líquido, homogéneo y libre de agua.
Color	: Marrón oscuro a negro
Olor	: Característico.
Umbral olfativo	: No se dispone de datos
PH	: No se dispone de datos
Punto de fusión, °C	: No se dispone de datos
Punto inicial y final de ebullición, °C	: No aplica
Punto de inflamación, °C	: 232 mínimo
Tasa de evaporación	: No se dispone de datos
Inflamabilidad	: No se dispone de datos
Límites de inflamabilidad, %Vol. en aire	: No se dispone de datos
Presión de vapor	: No se dispone de datos
Densidad de vapor	: No se dispone de datos
Densidad relativa	: 1.00 – 1.18 aprox.
Solubilidad en agua	: Insignificante
Coefficiente de reparto: n-octanol/agua	: No se dispone de datos
Temperatura de autoinflamación, °C	: 485 aprox.
Temperatura de descomposición	: No se dispone de datos
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	: 200 mín.

---



## Ficha de Datos de Seguridad

### 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

---

**10.1 REACTIVIDAD**

No se dispone de datos.

**10.2 ESTABILIDAD QUÍMICA**

El producto es estable en las condiciones previstas para su manipulación.

**10.3 POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS**

No existen en condiciones previstas para su almacenamiento y manipulación.

**10.4 CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE**

Fuentes de ignición. No exponer los recipientes vacíos a cualquier tratamiento mecánico que generen fuentes de ignición tales como: soldadura, corte, taladrado, etc.  
Cuando se encuentre a temperatura elevada evitar el contacto con agua para prevenir salpicaduras del producto, con potencial de causar quemaduras.

**10.5 MATERIALES INCOMPATIBLES**

Es incompatible con sustancias oxidantes.

**10.6 PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS**

No se dispone de datos.

---

### 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

---

**11.1 TOXICIDAD AGUDA**

No se dispone de datos.

**11.2 CORROSIÓN O IRRITACIÓN CUTÁNEA**

No se dispone de datos.

**11.3 LESIONES O IRRITACIÓN OCULAR GRAVE**

No se dispone de datos.

**11.4 SENSIBILIDAD RESPIRATORIA O CUTÁNEA**

No se dispone de datos.

**11.5 MUTAGENICIDAD EN CÉLULAS GERMINALES**

No se dispone de datos.

**11.6 CARCINOGENICIDAD**

No se dispone de datos.

**11.7 TOXICIDAD PARA LA REPRODUCCIÓN**

No se dispone de datos.

**11.8 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN ÚNICA**

No se dispone de datos.

**11.9 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN REPETIDA**

No se dispone de datos.

Fecha de Revisión: 01.04.2019  
Pág. 5 de 7



## Ficha de Datos de Seguridad

11.10 PELIGRO DE ASPIRACIÓN  
No se dispone de datos.

---

### 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

---

12.1 TOXICIDAD  
No se dispone de datos.

12.2 PERSISTENCIA Y DEGRADABILIDAD  
No se dispone de datos.

12.3 POTENCIAL DE BIOACUMULACIÓN  
No se dispone de datos.

12.4 MOVILIDAD EN EL SUELO  
No se dispone de datos.

12.5 OTROS EFECTOS ADVERSOS  
No se dispone de datos.

---

### 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA DISPOSICIÓN FINAL

---

La disposición final del producto se realiza de acuerdo a la reglamentación vigente.

---

### 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

---

El transporte se realiza de acuerdo a la normatividad vigente aplicable.

PRODUCTO FRIO (Temperatura ambiente)  
No es considerado peligroso para el transporte, usualmente es transportado en cilindros metálicos.

PRODUCTO CALIENTE  
considerar la siguiente información:

14.1 NÚMERO ONU: UN 3257

14.2 DESIGNACIÓN OFICIAL DE TRANSPORTE DE LAS NACIONES UNIDAS: LÍQUIDO A TEMPERATURA ELEVADA, N.E.P.

14.3 CLASE RELATIVA AL TRANSPORTE: Clase 9

14.4 GRUPO DE EMBALAJE: III

14.5 RIESGOS AMBIENTALES: Si

14.6 PRECAUCIONES ESPECIALES PARA EL USUARIO: No precisado.

14.7 TRANSPORTE A GRANEL CON ARREGLO A LOS INSTRUMENTOS DE LA OMI: No precisado.

---

### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

---

Fecha de Revisión: 01.04.2019  
Pág. 6 de 7



### Ficha de Datos de Seguridad

- Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 026-94-EM (10/05/94), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 052-1993-EM (18/11/1993), y modificaciones.
- Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 039-2014-EM (05/11/2014).
- Reglamentos para la Comercialización de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos aprobados por los Decretos Supremos N° 030-1998-EM (03/08/1998) y N° 045-2001-EM (26/07/2001), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 043-2007-EM (22/08/2007), y modificaciones.

---

#### 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

---

Rombo NFPA 704:



Salud: 0  
Inflamabilidad:1  
Reactividad:0

EMERGENCIAS a nivel nacional: 116  
Dirección General de Capitanías y Guardacostas: (511) 209-9300

#### GLOSARIO

NTP: Norma Técnica Peruana  
NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el fuego)  
OMI: Organización Marítima Internacional  
STOT: Specific target organ toxicity (Toxicidad específica en determinados órganos)

---

Nota: El presente documento constituye información básica relacionada a los peligros físicos, a la salud y ambiente, en la manipulación del producto para el Cliente y/o Usuario, quienes deberán evaluar las condiciones de uso, y los cuidados necesarios para un manejo seguro del producto conforme a sus propios procedimientos. PETROPERÚ no se responsabiliza por actividades fuera de su control.

---

### Anexo 10 Evidencia fotográfica



Ensayo granulométrico de agregado grueso



Ensayo granulométrico de agregado fino



### Preparación de aditivo polímero aromático sin carbohidratos



### Revision de maquina de ensayo Marshal





Detalle de maquina de Marshall



Colocacion de muestra en maquina de Marsal



Preparación de briquetas para ensayo de Marshal



Colocación de briquetas preparadas en máquina de Marshal

## Anexo 11 Cualidades del agregado grueso Cualidades de los agregados EG-2013 (MTC, 2013)

**Tabla 64**

*Resumen de cualidades de agregados.*

Ensayo	Norma	Resultado	Significado	Detalle
Ensayo de contenido de Humedad	MTC E-206	19%	Cumple	Anexo
Firmeza al desgaste del agregado grueso por abrasión	MTC E-207	2.872 g/cm	Cumple, porque de acuerdo con MTC E 207 para menor de 3000 m.s.n.m el rango establecido es como máximo el 40 %	
Peso Específico y absorción del agregado grueso	MTC E 206.	0.55%	Cumple la norma E 206 prescribe 1% como máximo	
Ensayo de partículas con cara de fractura	ASTM D 5821	7.7%	Cumple para norma MTC E 19 que prescribe 10% maximo	

*Nota.* Fuente anexos 3 y 4

En la tabla 3 se aprecia que las cualidades de los agregados acorde a las pruebas realizadas cumplen los requisitos que prescribe la norma MTC E 19