



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la
incorporación de biopolímero Lignina, Lima-2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Flores Romero, Roddy Ronald (ORCID: 0000-0001-9720-8021)

Orosco Cajas, Gian Carlos (ORCID: 0000-0003-1526-8686)

ASESOR:

Mg. Ing. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2020

Dedicatoria:

Se lo dedicamos a Dios que siempre guía nuestro camino.

Agradecimiento:

Agradecemos a todos los docentes de la Universidad César Vallejo.

ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Índice de figuras	v
Índice de tablas	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo y diseño de investigación	17
3.2 Variables, operacionalización.....	18
3.3 Población, muestra y muestreo	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5 Procedimiento	23
3.6 Método de análisis de datos.....	28
3.7 Aspectos Éticos.....	29
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN	97
VI. CONCLUSIONES.....	98
VII. RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS	Error! Bookmark not defined.
ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i>	Monómeros de la lignina.....	9
<i>Figura 2.</i>	Lignina en polvo.....	9
<i>Figura 3.</i>	Agregados distribuidos según el %CA.....	24
<i>Figura 4.</i>	Temperatura de la mezcla asfáltica	25
<i>Figura 5.</i>	Baño María de las briquetas a 60°C	27
<i>Figura 6.</i>	Ensayo Marshall	28
<i>Figura 7.</i>	Agregado grueso en la prueba de abrasión.....	30
<i>Figura 8.</i>	Agregado grueso en la prueba de abrasión.....	31
<i>Figura 9.</i>	Seleccionando el agregado fino con los tamices	33
<i>Figura 10.</i>	Procedimiento de la prueba Equivalente de arena	34
<i>Figura 11.</i>	Procedimiento de la prueba Equivalente de arena	35
<i>Figura 12.</i>	Procedimiento de la prueba Equivalente de arena	36
<i>Figura 13.</i>	Curva de la granulometría	39
<i>Figura 14.</i>	Briquetas de le mezcla asfáltica convencional sin Lignina	40
<i>Figura 15.</i>	Taras con agregados en el horno	41
<i>Figura 16.</i>	Temperatura de la mezcla asfáltica	41
<i>Figura 17.</i>	Mezcla asfáltica en el molde.....	42
<i>Figura 18.</i>	Compactación de la mezcla asfáltica en el molde	42
<i>Figura 19.</i>	%CA vs Peso unitario	49
<i>Figura 20.</i>	%CA vs %Vacíos.....	49
<i>Figura 21.</i>	%CA vs %VMA	50
<i>Figura 22.</i>	%CA vs %VFA.....	50
<i>Figura 23.</i>	%CA vs Flujo	51
<i>Figura 24.</i>	%CA vs Estabilidad	51
<i>Figura 25.</i>	Extracción.....	53
<i>Figura 26.</i>	Precipitación	54

<i>Figura 27.</i>	Proceso de secado	54
<i>Figura 28.</i>	Producto final lignina	55
<i>Figura 29.</i>	Curva granulométrica de la Lignina	56
<i>Figura 30.</i>	Lignina y cemento asfáltico previo a la combinación de ambos	57
<i>Figura 31.</i>	Lignina y cemento asfáltico en proceso de combinación.....	57
<i>Figura 32.</i>	%CA vs Peso unitario	65
<i>Figura 33.</i>	%CA vs %Vacíos	65
<i>Figura 34.</i>	%CA vs %VMA	66
<i>Figura 35.</i>	%CA vs %VFA.....	66
<i>Figura 36.</i>	%CA vs Flujo	67
<i>Figura 37.</i>	%CA vs Estabilidad	67
<i>Figura 38.</i>	Curvas comparativas de Peso específico.....	69
<i>Figura 39.</i>	Curvas comparativas de Peso específico teórico máximo.....	71
<i>Figura 40.</i>	Curvas comparativo de Porcentaje de vacíos.....	72
<i>Figura 41.</i>	Curvas comparativas de Vacíos en el agregado mineral.....	73
<i>Figura 42.</i>	Curvas comparativas de Vacíos llenos de asfalto	75
<i>Figura 43.</i>	Curvas comparativas de Estabilidad Marshall	76
<i>Figura 44.</i>	Curvas comparativas de Flujo Marshall.....	77
<i>Figura 45.</i>	Briqueta después del ensayo de Cántabro	78
<i>Figura 46.</i>	Comparativo entre mezcla asfáltica patrón sin Lignina y mezcla asfáltica con 5% de Lignina.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Porcentaje de Lignina según tipo de planta	10
Tabla 2.	Selección del tipo de asfalto PEN	12
Tabla 3.	Diseño Patrón	19
Tabla 4.	Diseño 1 (Asfalto 95% - 5% Lignina)	20
Tabla 5.	Diseño 2 (Asfalto 90% - 10% Lignina)	20
Tabla 6.	Diseño 3 (Asfalto 85% - 15% Lignina)	20
Tabla 7.	Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)	24
Tabla 8.	Valores obtenidos del ensayo de abrasión	32
Tabla 9.	Valores obtenidos del ensayo de partículas chatas y alargadas	32
Tabla 10.	Valores obtenidos la prueba equivalente de arena	36
Tabla 11.	Sales solubles del agregado fino y grueso	37
Tabla 12.	Granulometría	38
Tabla 13.	Porcentajes según agregado del diseño Patrón	40
Tabla 14.	Peso específico del diseño Patrón	43
Tabla 15.	Peso específico teórico máximo del diseño Patrón	44
Tabla 16.	Porcentaje de vacíos del diseño Patrón	44
Tabla 17.	Porcentaje Vacíos en el agregado mineral (VMA) del diseño Patrón	45
Tabla 18.	Porcentaje Vacíos llenos de asfalto (VFA) del diseño Patrón	46
Tabla 19.	Estabilidad Marshall del diseño Patrón	47
Tabla 20.	Flujo Marshall del diseño Patrón	48
Tabla 21.	%CA elegibles para ser el óptimo	52
Tabla 22.	%CA 5.8 el óptimo	52
Tabla 23.	Granulometría de la Lignina	55
Tabla 24.	Peso específico de las mezclas asfálticas con Lignina	58
Tabla 25.	Peso específico teórico máximo de las mezclas asfálticas con Lignina	59

Tabla 26.	Porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas con Lignina	59
Tabla 27.	Porcentaje Vacíos en el agregado mineral (VMA) de las mezclas asfálticas con Lignina	61
Tabla 28.	Porcentaje Vacíos llenos de asfalto (VFA) de las mezclas asfálticas con Lignina	62
Tabla 29.	Estabilidad Marshall de las mezclas asfálticas con Lignina	63
Tabla 30.	Flujo Marshall de las mezclas asfálticas con Lignina.....	64
Tabla 31.	Parámetros de las mezclas asfálticas con Lignina	68
Tabla 32.	Comparativo de Peso específico	68
Tabla 33.	Comparativo de Peso específico teórico máximo	70
Tabla 34.	Comparativo de Porcentaje de vacíos	71
Tabla 35.	Comparativo de Porcentaje Vacíos en el agregado mineral (VMA)..	73
Tabla 36.	Comparativo de Porcentaje Vacíos llenos de asfalto (VFA)	74
Tabla 37.	Comparativo de Estabilidad Marshall	75
Tabla 38.	Comparativo de Flujo Marshall	77
Tabla 39.	Valores del ensayo de Cántabro mezcla asfáltica patrón sin Lignina	79
Tabla 40.	Valores del ensayo de Cántabro mezcla asfáltica con 5% de Lignina	79
Tabla 41.	Pruebas de normalidad respecto al peso específico bulk.....	81
Tabla 42.	ANOVA respecto al peso específico bulk	82
Tabla 43.	Igualdad de varianzas respecto al peso específico bulk.....	82
Tabla 44.	Comparaciones múltiples respecto al peso específico bulk.....	83
Tabla 45.	Pruebas de normalidad respecto al porcentaje de vacíos	84
Tabla 46.	ANOVA respecto al porcentaje de vacíos.....	84
Tabla 47.	Igualdad de varianzas respecto al porcentaje de vacíos	85
Tabla 48.	Comparaciones múltiples respecto al porcentaje de vacíos	86

Tabla 49.	Pruebas de normalidad respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral	87
Tabla 50.	Kruskal-Wallis respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral	88
Tabla 51.	Comparaciones respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral	88
Tabla 52.	Pruebas de normalidad respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto	89
Tabla 53.	ANOVA respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto	90
Tabla 54.	Igualdad de varianzas respecto a los vacíos llenos de asfalto	90
Tabla 55.	Comparaciones múltiples respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto	91
Tabla 56.	Pruebas de normalidad respecto a la estabilidad Marshall.....	92
Tabla 57.	Kruskal-Wallis respecto a la estabilidad Marshall	93
Tabla 58.	Comparaciones respecto a la estabilidad Marshall.....	93
Tabla 59.	Pruebas de normalidad respecto al flujo Marshall	94
Tabla 60.	Kruskal-Wallis respecto al flujo Marshall.....	95
Tabla 61.	Comparaciones respecto al flujo Marshall	95

RESUMEN

En la presente tesis se tiene como objetivo principal analizar la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero lignina, asimismo, la presente investigación tiene como características ser metodológicamente aplicada, descriptiva, cuasiexperimental y transversal.

Primero se realizó el estudio de los agregados, puesto que, a diferencia de la elaboración de concreto, en el diseño de mezcla asfáltica los agregados tienen que cumplir con todos los requisitos exigidos por norma. Asimismo, se ya con el visto bueno de todos los agregados, se procedió a realizar la mezcla asfáltica convencional. Además, se realizó la mezcla asfáltica para 3 grupos adicionales los cuales tuvieron adición de lignina en 5%, 10% y 15%.

Luego, se realizaron los ensayos Marshall, así como también la prueba de cántabro, de los cuales se llegó a las siguientes conclusiones, con el 5.8% de cemento asfáltico cumple con todas las exigencias requeridas, siendo dicho valor el óptimo contenido de asfalto en el diseño de mezcla asfáltica en caliente sin modificar. Asimismo, la mezcla asfáltica con 5% de Lignina es la que cumple con los requisitos que exige el MTC a través de las EG-2013. Además, se obtuvo un valor de desgaste de 7.2% en la mezcla patrón sin Lignina, y un valor de desgaste de 5.5% en la mezcla asfáltica con 5% de Lignina, siendo la variación de la resistencia al desgaste de 1.7%.

Palabras clave: asfalto, lignina, Marshall, cántabro.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to analyze the useful life of the hot asphalt mix with the incorporation of lignin biopolymer, likewise, the present investigation has the characteristics of being methodologically applied, descriptive, quasi-experimental and transversal.

First, the study of the aggregates was carried out, since, unlike the preparation of concrete, in the design of asphalt mix the aggregates have to comply with all the requirements demanded by standard. Likewise, with the approval of all the aggregates, the conventional asphalt mixture was carried out. In addition, the asphalt mixing was carried out for 3 additional groups which had lignin addition in 5%, 10% and 15%.

Then, the Marshall tests were carried out, as well as the Cantabrian test, from which the following conclusions were reached, with 5.8% of asphalt cement complying with all the requirements, said value being the optimal asphalt content in the design of unmodified hot mix asphalt. Likewise, the asphalt mix with 5% Lignin is the one that meets the requirements required by the MTC through EG-2013. In addition, a wear value of 7.2% was obtained in the standard mixture without Lignin, and a wear value of 5.5% in the asphalt mixture with 5% Lignin, the variation in wear resistance being 1.7%.

Keywords: asphalt, lignin, Marshall, Cantabrian.

I. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos flexibles son los más utilizados en todo el mundo, siendo así un componente de mayor importancia dentro del patrimonio de una nación. Los diseños de las mezclas asfálticas están enfocados principalmente en establecer los siguientes datos: Estabilidad, Flujo, V.M.A, Vacíos de Aire e Índice de Rigidez; los cual serán obtenidos a través del Ensayo Marshall y otros ensayos relacionados al diseño de la mezcla asfáltica. Lo que se quiere en esta investigación es tener una mezcla asfáltica que presente mayor tiempo de vida útil, así como reducir el costo en los mantenimientos.

La infraestructura vial en el Perú está comprendida de 78,687 km de carreteras, en la cual están clasificados en tres tipos: Nacional (22%), Departamental (18%) y Vecinal (60%). Uno de los problemas más importantes en el Perú y el mundo es el envejecimiento prematuro de las mezclas asfálticas, producido por la pérdida de componentes del ligante asfáltico, la cual en el proceso de oxidación producen endurecimiento del betún y seguidamente perdida de componentes del aglomerante. También está relacionada con la temperatura, radiación solar y etc.

El envejecimiento está directamente relacionado con la vida útil de los pavimentos, ya que no alcanzan a cumplir el tiempo de vida planteado. Según D, Hugo, MIRO, Rodrigo y PERÉZ, Félix (2012) nos dice que “La vida útil del pavimento se ve mermada en forma directa por el envejecimiento de la mezcla bituminosa” (p. 3).

El envejecimiento es causado por el oxígeno atmosférico, lo cual reacciona con el asfalto; causando reacciones químicas como: oxidación, deshidrogenación, condensación y polimerización. Las consecuencias de este gas ocasionan incremento en contenido de asfáltenos, reducción de resinas y otros compuestos aromáticos (ORENCIO, José [et al.], 2015. p. 2).

Las reacciones químicas que produce el oxígeno atmosférico en conjuntamente con las elevadas o bajas temperaturas en la mezcla asfáltica provocan: desprendimiento

de los agregados pétreos debido al asfalto que se vuelve frágil, fractura y fisuración (ORENCIO, José [et al.], 2015. p. 2).

Por consiguiente, debido al problema mencionado anteriormente se dice que existen otras consecuencias ya sea en la disminución de confort, en lo económico y en continuos mantenimientos (D, Hugo, MIRO, Rodrigo y PERÉZ, Félix. p. 3).

Ante esta realidad es importante buscar nuevos materiales que mejoren su comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente, es decir que la mezcla asfáltica no presente problemas de envejecimiento antes de cumplir su vida útil. Según D, Hugo, MIRO, Rodrigo y PERÉZ, Félix (2012) nos dice que “Casi todas las pruebas realizadas de envejecimiento se han realizado solo sobre los ligantes, a través del ensayo de película delgada, sin considerar la mezcla asfáltica que es el conjunto en si” (p. 3).

La mayoría de investigaciones están enfocados principalmente en el envejecimiento solo del asfalto, motivo por el cual en esta investigación se quiere analizar en envejecimiento de la mezcla asfáltica en caliente en conjunto con la metodología UCL.

Hoy en día los productos asfálticos han tenido un desarrollo trascendental debido a un gran desarrollo puesto que se cuenta con nuevas emulsiones asfálticas, producto de que han podido realizar diferentes pruebas y que se han logrado obtener buenos resultados. Las características de estas nuevas emulsiones permiten abrir paso a nuevas tecnologías empleando materiales como la (lignina) aprovechando su ventaja ante la composición química y su empleo de trabajar en condiciones atmosféricas.

Bajo este contexto nos preguntamos:

- ¿Mejorará la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar el biopolímero lignina?

Para poder responder esta pregunta nos encontramos en necesidad de responder preguntas específicas:

- ¿Cuál será la proporción óptima de asfalto sin modificar en el Diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional de forma que cumplan los parámetros recomendados por el MTC?
- ¿Cuál será la proporción óptima de asfalto modificado con biopolímeros lignina en los Diseños de las mezclas asfálticas modificadas en caliente de forma que cumplan los parámetros recomendados por el MTC?
- ¿Mejorará la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar el biopolímero lignina?

En la presente investigación se busca adquirir conocimientos nuevos, a través de nuevos resultados para mejorar el rendimiento de las mezclas asfálticas en caliente convencional, la cual serán modificados con biopolímeros de lignina.

Con este tipo de proyecto de investigación científica se busca analizar el envejecimiento de la mezcla asfáltica modificada con biopolímeros de lignina. En investigaciones previas sobre mezclas asfálticas usando biopolímeros: VAN, Dave [et al.] (2015); BARROS, Kenia (2017) y DOS SANTOS, Filávio [et al.] (2016); no llegaron a realizar los ensayos de envejecimiento para poder determinar si las mezclas asfálticas modificadas pueden soportar factores externos que causen el envejecimiento prematuro. Por lo tanto, en esta investigación se emplea la utilización de lignina de caña de azúcar con fines de obtener mejores rendimientos de la mezcla asfáltica, la cual permita reducir fallas de ahuellamiento, agrietamiento térmico y fatiga, etc.

El presente proyecto de investigación tiene como propósito principal generar mezclas asfálticas modificados, la cual contengan mejor rendimiento ante los envejecimientos prematuros.

Las mezclas asfálticas modificadas traerán grandes beneficios en la construcción de carreteras, ya que con esta investigación se quiere lograr mezclas asfálticas de mayor capacidad estructural que aporte tanto mejores características de rendimiento, costo y durabilidad.

Esta investigación será inicio de otras investigaciones que permitan seguir mejorando las características de la mezcla con biopolímero lignina u otro tipo de componente.

Para responder a estas preguntas de investigación se plantean los siguientes objetivos:

- El Objetivo General de la tesis será Analizar la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero lignina.

Los Objetivos Específicos son:

- Realizar el diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional para establecer la proporción óptima de asfalto sin modificar.
- Realizar los diseños de las mezclas asfálticas modificadas en caliente para establecer la proporción óptima de asfalto modificado con distintas proporciones de biopolímero lignina.
- Analizar la variación de la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente incorporado con biopolímero lignina.

Para responder a la investigación en base a los antecedentes se tuvo como hipótesis general:

- La incorporación de biopolímero lignina mejora la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente.

Las hipótesis específicas son:

- La proporción óptima de asfalto sin modificar es de 6% en la mezcla asfáltica en caliente convencional.
- La proporción óptima de asfalto modificado es de 5.5% en las mezclas asfálticas modificadas en caliente utilizando 5% de biopolímero lignina.
- La resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente mejora al incorporar el biopolímero lignina.

II. MARCO TEÓRICO

En los estudios efectuados a nivel nacional no se encuentran referencias de la utilización del polímero lignina para la modificación de mezclas asfálticas, pero si estudios de la utilización de otros materiales como se señala a continuación:

-ESTRADA, Víctor (2017), en la investigación desarrollado, estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional pen 85/100 plus y mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS en dicha investigación se planteó como objetivo: Evaluar el desempeño de una mezcla asfáltica convencional y compararla con el desempeño de una mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS PG 70-28. Siendo un estudio experimental y a su vez de tipo aplicada. Llegando a la conclusión que, en la mezcla tradicional los factores como volumen de tránsito, mayores cargas, así como también los factores del clima, afectan directamente en su desempeño. Asimismo, en el comparativo, la mezcla modificada con polímeros SBS presenta mejor desempeño respecto a la tradicional, incrementando considerablemente la vida útil del pavimento en general.

-CHÁVEZ, Janina (2017), en la tesis desarrollada, análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli, tiene como finalidad de estudio, analizar la resistencia la carpeta asfáltica, en la cual incluyo en la composición de la mezcla asfáltica polímeros SBS. Siendo un estudio experimental y tipo aplicada. Llegando a la conclusión que, dichos polímeros aumentan significativamente las cualidades de la carpeta de asfalto, el cual es idóneo para lugares con climas fríos como la región Junín.

-HERENCIA, Wendy (2001), en la investigación desarrollada, modificación de asfaltos con polímeros, tiene como objetivo de investigación: Presentar varios tipos de polímeros y demostrar experimentalmente que pueden mejorar las cualidades físicas y químicas de los asfaltos. En dichos ensayos encontró que para polímeros del tipo PE, SBS y EVA en las mezclas asfálticas las propiedades mecánicas se mejoraban para una cantidad de 5% de polímeros, de la misma forma se realizaron prueba de envejecimiento donde se encontró que los polímeros se separaban en cuanto la temperatura bajaba.

-MARTINEZ, Robert (2003), en la tesis desarrollada, empleo del polímero SBR en la fabricación de mezclas asfálticas para zonas de altura, el objetivo de la investigación es: Analizar el comportamiento del asfalto al adicionar el polímero del tipo SBS. Los resultados obtenidos revelan un incremento en la Temperatura del Punto de Ablandamiento con las concentraciones establecidas (2% y 3% en peso del asfalto) del polímero en la mezcla, este incremento es un indicador de aumento en la resistencia al ahuellamiento de las mezclas asfálticas.

Las investigaciones de envejecimiento de las mezclas asfálticas modificadas con lignina realizadas en diferentes países del mundo, no se ha desarrollado completamente en su gran dimensión, pero si se han realizado investigaciones internacionales similares con diferentes tipos de residuos ya sean polímeros y biopolímeros.

-VAN, Dave [et al.] (2015), en su investigación, Lignin as a green alternative for bitumen, definió como objetivo principal: Analizar las propiedades químicas y mecánicas del asfalto modificado con biopolímero lignina. Se tuvieron como resultados que el tipo y la cantidad afectan directamente en el comportamiento viscoelástico, así como también afectan en la rigidez.

-RODRIGUEZ, D[et al.] (2016), en su investigación, Evaluation of the aging effect of 80-100 asphalt cement modified with lignin, definió como objetivo principal: Determinar las propiedades físicas del asfalto modificado y si reduce el envejecimiento de las mezclas asfálticas con lignina. Se encontró que el porcentaje óptimo que mejora de manera substancial las propiedades físicas son de 15% de lignina, la cual hay una mejora sustancial en la rigidez, así como también se incrementó el comportamiento reológico, la cual se refleja en un 33.7% con respecto al asfalto convencional.

-BARROS, Kenia (2017), en su investigación, desenvolvimiento de ligantes asfálticos modificado con lignina como aditivo anti envejecimiento, definió como objetivo principal: Evaluar el efecto del envejecimiento de asfalto modificado con diferentes niveles de lignina. Se encontró que el asfalto modificado con biopolímero de lignina de madera mostró una mayor resistencia a altas temperaturas y una

mayor resistencia a bajas temperatura, así como también cumplió con la función antioxidante

-CASADO, Raque, PORTUGUÉS, Carlos y GUEDELLA, Edith (2019), en el artículo de la revista científica llamado, Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid el objetivo en dicha investigación fue: Evaluar el comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas con lignina sub producto de etanol la cual será sometido a tráfico y efectos atmosféricos en un tiempo de 12 meses. Los resultados a un tiempo son favorables ya que las deflexiones se encuentran por debajo de lo permitido en las normas, de la misma forma también hay buenos resultados de 10% en resistencia al deslizamiento.

-DOS SANTOS, Filívio [et al.] (2016), en la revista científica, Estudio das propiedades químicas do ligante asfáltico cap 50/70 modificado por adición de lignina proveniente del eucalipto, cuyo objetivo en la investigación fue: Aumentar la resistencia a las deformaciones permanentes, como las grietas causadas por la fatiga o las variaciones térmicas. Se realizaron distintos especímenes de mezcla asfáltica con polímero de eucalipto, la cual el porcentaje que mejor comportamiento tiene es cuando se agrega 6 %, ya que previene la oxidación del ligante asfáltico modificado.

-DA SILVA, Therezinha, ALBUQUERQUE, Ben y DE MIRANDA, Marcelo (2014), en la revista científica, Estudio la lignina como potencial como bioaditivo para uso en misturas asfálticas, cuyo objetivo en su investigación es: Investigar el uso de la lignina como bioaditivo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica. Se utilizaron lignina derivado del papel y pulpa, la cual se agregaron a la mezcla asfáltica en caliente, puesto que se tuvieron resultados favorables en cuanto a la viscosidad y penetración.

-RAMESH, Anjana, P, Anita y K, Joel (2020), en el artículo científico llamado, Experimental Study on Partial Replacement of Bitumen with Lignin, cuyo objetivo principal es: Analizar el comportamiento del ligante asfáltico modificado con polímero lignina. Se realizaron una serie de muestras con distintos % de polímero entre las cuales podemos mencionar 5%, 10%, 15%, 20% y 25%; en la cual la más representativa fue cuando de 10% de lignina, ya que puede soportar altas

temperaturas, incremento de la prueba de penetración hasta 60 mm y finalmente la ductilidad disminuye hasta 45 cm según se incrementa lignina en el asfalto.

El marco teórico de este proyecto de investigación se realizó considerando los planteamientos teóricos y conceptos basados al tema principal de la investigación, como también los planteamientos teóricos relacionados a los variables dependientes e independientes.

En esta tesis se ha decidido trabajar con polímero lignina en el cual se encuentra en diferentes productos como el eucalipto, papel y madera, etc.

La lignina es uno de los biopolímeros que más existen en todo el mundo, ya que compone el 30 % de carbono orgánico y un tercio de la masa de la madera. La lignina está representada como recurso renovable, la cual es de uso industrial y se estima que existe una producción de 40 a 50 millones de toneladas (CHAVEZ, Sifontes y MARCELO, Domine. 2013, p. 16).

Por consiguiente, definimos a la lignina como un biopolímero que es extraído por desechos agrícolas o vegetales y cáscara de los árboles; así como también podemos mencionar que la lignina es utilizada principalmente en la producción de papel.

También se puede definir a la lignina como un componente importante de la pared vegetal, esto significa que es básicamente formada por celulosa, hemicelulosa, pectina, proteínas y sales minerales (LAGUNES, Erika y ZAVALETA, Emma. 2015, p. 45).

En la figura n.º 1, se muestra a la lignina que está compuesta por tres monómeros, entre las cuales podemos mencionar: alcohol p-cumarílico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico.

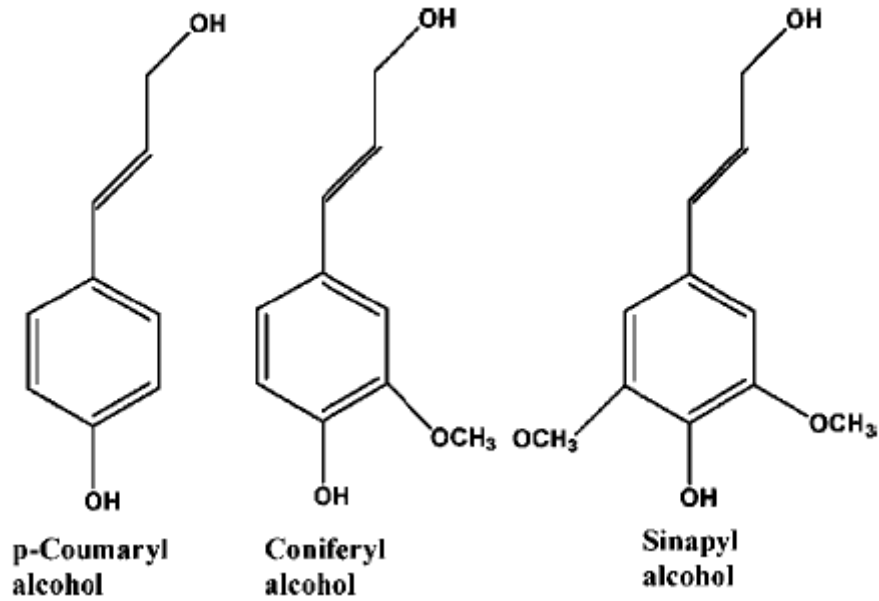


Figura 1. Monómeros de la lignina

Fuente: Ortiz, 2017

La lignina es obtenida de un proceso empleado alcalino-peróxido, la cual serán precipitadas por un proceso con ácido acético, y finalmente solubilizada con sodio. La lignina es procesada en polvo, en la cual son pequeñas partículas tal y como se muestra en la figura n.º 2.



Figura 2. Lignina en polvo

Fuente: Carbonero, 2020

En la presente tabla n.º 1, se muestra los porcentajes de lignina en diversas plantas con mayor producción en el mundo.

Tabla 1. *Porcentaje de Lignina según tipo de planta*

Planta - Nombres Científico	Nombre común	Contenido de lignina (%)
Picea abies	Abeto Noruego	28-29
Tsuga canadensis	Abeto Oriental	31
Panicum virgatum	Pasto varilla	33
Pseudotsuga menziesii	Abeto de Douglas	29
Pinus sylvestris	Pino de Escocia	28
Pinus radiata	Pino de Monterrey	27
Prunus amygdalus	Almendro	26
Eucalyptus grandis	Eucalipto rosa	25
Eucalyptus globulus	Eucalipto de goma azul	22
Acacia mollissima	Acacia negra	21
Betula verrucosa	Abedul	20
Populus tremula	Álamo europeo	19
Olea europaea	Olivo	19
Gossypium hirsutum	Algodón	16
Saccharum species	Bagazo de caña	14
Oryza species	Paja de arroz	6.1

Fuente: Chávez 2013

El porcentaje de lignina varía de acuerdo al vegetal

Lignina tipo Kraft

La lignina tipo kraft es uno de los más predominantes en el mercado para la fabricación de pulpa de celulosa, ya que se han convertido en instalaciones de alta ingeniería. La materia prima es procesada a través de una digestión con hidróxido de sodio y sulfuro de sodio a una temperatura de 170° C, de este proceso químico se obtiene lignina y carbohidratos (CHÁVEZ, Marvin y DOMINE, Marcelo, 2013, p. 20).

La lignina tipo kraft puede soportar altas temperaturas y presiones, es un producto muy importante para la fabricación de papel. Estas ligninas tienen alto peso molecular, así como también son impenetrables ante efectos del agua (CHÁVEZ, Marvin y DOMINE, Marcelo, 2013, p. 20).

Respecto a las propiedades generales de la lignina podemos decir: es insoluble a la disolución cuando se separa de su fuente fundamental. Las ligninas de tipo

comercial son disolventes en el agua, en disposiciones básicas acuosas, algunas son mezclas naturales oxigenadas con disolventes, es insoluble en el agua cuando todavía está en el material lignocelulósico de la raíz. Una de sus propiedades fundamentales es su densidad 1.3 g/ml. Por otro lado, físicamente es un polvillo de color marrón y de partículas tan finas que al ser tamizadas por la malla numero 200 tienden a pasar sin ningún problema.

TEJADA (2007) "Las ligninas son fuertes, generalmente polvos, no tienen una estructura cristalina. Dependiendo de su raíz, el grosor particular de la lignina difiere de 1.3 a 1.4 y la lista de refracción es de 1.6. su sombreado es típicamente de color oscuro." (p.9)

En cuanto a las mezclas asfálticas modificadas con lignina. El utilizar ciertos materiales adicionales como la lignina en la mezcla asfáltica ha conllevado a un gran avance en las propiedades y cualidades de dicha mezcla, esto comprobado en diversos estudios a nivel mundial, puesto que mejora notablemente la estabilidad, resistencia al desgaste, durabilidad y otras cualidades. (CATARINA, 2009).

Hace algunas décadas las principales propiedades del pavimento se obtenían a través de la mezcla asfáltica, y dichas propiedades eran suficientes para cumplir con los requisitos exigidos de esa época. Sin embargo, hoy en día el tránsito ha aumentado en volumen drásticamente, así como también los vehículos son sobrecargados con mucho mayor peso, por ello, es que al pavimento actualmente se le exige mayores cualidades, dichas cualidades conllevan a buscar aditivos que mejoren las características de la mezcla asfáltica y por ende se llegue a obtener un pavimento con mayores cualidades en todos los aspectos. (PRECIADO, Bolívar y SIERRA, Martínez, 2013 p.25).

El cemento asfáltico es un material bituminoso de cubierta fuerte cuyo color es oscuro, es un derivado refinado del petróleo que se vuelve líquido cuando se somete a temperaturas altas, la cual son utilizado para hacer mezclas asfálticas. El asfalto tiene la capacidad de adherirse a los agregados pétreos, así como también proporciona flexibilidad a temperaturas elevadas y buena trabajabilidad.

Según LOPEZ, Stalin y VELOZ, Yadira (2013) nos dice que “Es una sustancia negra, pegajosa, solida o semisólida según la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad” (p. 8). El asfalto es un material viscoso a altas temperaturas, por lo que aporta flexibilidad a la mezcla asfáltica.

En la siguiente tabla n.º 2, se muestra el tipo de cemento asfáltico que es elegido según la penetración (PEN), para el departamento de lima, de acuerdo con lo recomendado por el MTC (2013).

Tabla 2. Selección del tipo de asfalto PEN

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

Fuente: MTC EG-2013

Las mezclas asfálticas en caliente es una mezcla con agregados minerales, asfalto y aditivos. Todos los agregados son mezclados homogéneamente en una planta mezcladora con el objetivo de que los agregados como la piedra y la arena se adhieran al asfalto (Secretaria de Transportes y Comunicaciones, 2016, p. 1).

Lo primero cuando se realiza una mezcla asfáltica es calentar los agregados minerales a elevadas temperaturas, la cual estará en un intervalo de 140° C- 150° C. Seguidamente se pasará a calentar el asfalto a ese mismo intervalo de temperatura, finalmente se realizará a combinar con los agregados y conseguir una mezcla homogénea en planta.

La principal característica de la mezcla asfáltica en caliente es la flexibilidad y la resistencia, por consiguiente, una de las ventajas de utilizar mezcla asfáltica en las carreteras es la fácil colocación, la cual esta debe estar a una temperatura adecuada para poder soportar cargas vehiculares o cargas de tráfico.

Existen formas de aplicación de la lignina en la mezcla asfáltica en caliente:

La aplicación de la lignina y otros polímeros que mejoren la propiedades físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica es muy impórtate para la durabilidad de una vía. Por ellos es indispensable determinar la vía de aplicación de los modificadores en la mezcla asfáltica ya sea la vía húmeda o vía seca.

Según FAJARDO, Luis y VERGARAY, Douglas (2014) nos dice que “Hay dos formas de aplicar el modificador a la mezcla asfáltica. En el proceso húmedo, el material a incorporar actúa modificando el cemento asfaltico, mientras que, en el proceso seco, el material a incorporar es usado como una porción de agregado fino o grueso” (p.58).

Vía húmeda

En este proyecto de investigación se ha seleccionado el tipo vía húmeda debido a que esta forma de incorporar los modificadores en una mezcla consiste adicionar la lignina en el cemento asfaltico, para realizar esta mezcla se tendrá que poner a una temperatura de 140 °C – 150 °C y mezclar hasta homogenizar, seguidamente serán mezclados con los demás agregados pétreos (piedra, arena y filler). Con esta vía se consigue una mejor reacción química entre Asfalto- Modificador.

Vía seca

En este proceso consiste en reemplazar un % de la granulometría, es decir reemplazar un % de filler por el polímero lignina, la cual que seguidamente una vez realizado el mezclado con los diferentes agregados como piedra chancada y arena; serán mezcladas con el cemento asfaltico.

El flujo es la deformación vertical de una briqueta provocado por un esfuerzo, por lo cual sus valores numéricos están representados en mm. Las briquetas de mezcla asfáltica en caliente no deberán tener valores demasiados altos, así como también no deberán tener valores demasiados bajos. El intervalo de deformación es de 2mm a 3.5 mm, la cual es recomendado por el MTC, estas especificaciones son dadas para evitar ahuellamientos.

Las mezclas asfálticas que presentan valores demasiados bajos en flujo y valores demasiados altos en estabilidad tendrán un comportamiento demasiado frágil, así como también si el flujo es demasiado alto tendrán un comportamiento altamente

plástico y con más facilidad de deformarse rápidamente (CHUMAN, Jorge, 2017. p. 68).

Según COICUE, Luis y SEPÚLVEDA, Cristhian (2017) nos dice que “Al utilizar el Marshall podemos conocer la resistencia a la deformación plástica de la muestra en estudio, esto es conocido como el flujo. Dicho método es aplicable bajo ciertas condiciones como, por ejemplo, que las mezclas sean elaboradas con agregados de un tamaño máximo de 1 pulgada” (p.13). El ensayo Marshall es utilizado para poder determinar la deformación vertical de cada espécimen con distintos % de asfalto, la cual los valores que arrojan son importantes para determinar el % óptimo de asfalto.

La estabilidad es la capacidad de soportar cargas impuestas al desplazamiento y deformación.

Según AVELLÁN, Martha (2007) nos dice que “La estabilidad que caracteriza a la mezcla asfáltica, es la capacidad de poder resistir la deformación a pesar de recibir cargas. Asimismo, dicha estabilidad está vinculada a la fricción que presenta el material, así como también de la cohesión de la misma” (p.8). La estabilidad está relacionada directamente con el esfuerzo vertical aplicado a una briqueta, la cual podrá resistir deformación, así como también está relacionada a la cohesión y fricción interna de la mezcla asfáltica.

Las mezclas asfálticas planteadas deberán estar por encima de las especificaciones técnicas de estabilidad para poder soportar adecuadamente el tránsito diseñado, así como también es importante que la mezcla no sea demasiado estable, ya que la carpeta asfáltica estará muy rígida, por ende, perderán sus propiedades de durabilidad.

La estabilidad está relacionada principalmente con la cohesión y fricción interna de los agregados pétreos en la mezcla asfáltica, por consiguiente, la cohesión de la mezcla asfáltica está relacionada principalmente por su capacidad del ligante bituminoso asfáltico. La fricción de una mezcla asfáltica está relacionada principalmente por el rozamiento que existe entre los agregados pétreos, así como su textura y forma física (ASPHALT Institute, 2014, p. 16).

Vida útil de las mezclas asfálticas

Es el periodo de diseño que una mezcla asfáltica deberá de durar ante efectos de envejecimiento (provocado por efectos climáticos) y desgaste (provocado por el tránsito de vehículos) (MARÍN, Alberto, 2004, p. 24).

El Envejecimiento de las mezclas asfálticas es un fenómeno provocado por distintos factores, ya sea por efectos internos o externos, las cuales producen un endurecimiento en la mezcla asfáltica. El endurecimiento es producido por tres mecanismos entre los cuales se puede mencionar: la volatilización de la mezcla en planta, la oxidación provocado por el ambiente y el endurecimiento estérico producido por los cambios de temperatura (TANIMOTO, Roberto, 2018, p. 7)

Los mecanismos de volatilización y oxidación, están relacionado directamente a la reacción química del asfalto y son irreversibles; mientras que el endurecimiento estérico está relacionado con el reacomodamiento estructural producidos por trabajo mecánico o mediante la exposición al calor.

Método de Universal de Caracterización de Ligantes (UCL)

Esta metodología de Origen Española fue desarrollada por los Doctores Pérez Jiménez y Miró Recanses, ambos de la Universidad Politécnica de Cataluña-España. Es una metodología que es basado en el ensayo de Cántabro, un proceso directo y fácil; evalúa las propiedades como la susceptibilidad cohesión, térmica, adherencia, envejecimiento (D, Hugo, MIRÓ, Rodrigo y Pérez, Félix, 2012, p. 4).

Envejecimiento por el Método de Universal de Caracterización de Ligantes (UCL)

La metodología UCL es aplicado para determinar el envejecimiento, el ensayo consiste en someter a las briquetas de mezcla asfáltica a distintos periodos de elevadas y bajas temperaturas en un horno o estufa, con ventilación forzada y finalmente son ensayados por el ensayo cántabro (máquina de los ángeles) (D, Hugo, MIRÓ, Rodrigo y Pérez, Félix, 2012, p. 5).

Esta metodología consiste en poner las briquetas de mezcla asfáltica a condiciones de envejecimiento acelerado durante varios intervalos de tiempo, seguidamente

serán ensayadas en el ensayo de cántabro a una temperatura de 25° C (MIRO, Jorge, 1994, p. 201).

Seguidamente una vez ensayadas las briquetas por el ensayo de cántabro se pasará a representar mediante gráficos estadísticos en la cual estarán los siguientes datos tiempo de envejecimiento vs pérdidas al cántabro.

Ensayo Cántabro

Es un ensayo que determina el valor de la pérdida por desgaste, colocando la briqueta de mezcla asfáltica a distintas revoluciones por minuto, es empleado para mezclas porosas cuyo tamaño máximo sea de 25 mm. Este ensayo está directamente relacionado con la cohesión, trabazón, resistencia a la disgregación, efectos abrasivos y succión (MTC, 2013, p. 644).

Resistencia al desgaste

Es la resistencia que debe soportar la mezcla asfáltica ante efectos de tráfico, trabazón, disgregación y ante efectos abrasivos (MTC, 2013, p. 644).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de estudio

En el presente trabajo de investigación realizada es de tipo aplicado, según BEHAR, Daniel (2008) “Dicha investigación es conocida también como dinámica, activa o práctica. Asimismo, su principal función es aplicar y brindar soluciones a problemas propuestos con los conocimientos previamente adquiridos” (p.20). Se realizarán ensayos en laboratorio, la cual generarán resultados cuantificados con respecto a la investigación.

Los tipos de investigación obedecen a distintos criterios de clasificación de un mismo estudio que puede clasificarse en distintas categorías según la elección que se asuma los cuales están divididos en dos grandes enfoques: según su finalidad y su enfoque. (RODRIGUEZ, Fernando, 2008, p.1)

La finalidad es aplicada ya que se pretende la búsqueda de nuevos conocimientos y campos partiendo de lo práctico a lo específico del fenómeno y su validez en general. Así también los cambios que podrían ocurrir incorporando el biopolímero lignina a la mezcla asfáltica en caliente

Diseño

El diseño de la presente investigación utilizado será Cuasi Experimental-Transversal porque los ensayos se realizarán en laboratorio bajo condiciones controladas y modificando la variable independiente para estudiar la respuesta de la variable dependiente, en la cual se incorporarán distintos porcentajes de biopolímero lignina en la mezcla asfáltica en un determinado de tiempo, por consiguiente, los datos serán representados en gráficos estadísticos. Según HERNÁNDEZ, [et al.], (2014) Indica que, es de diseño transversal por que la finalidad es obtener los datos y resultados en un momento definido en el tiempo, que quiere decir en un solo lapso de tiempo delimitado.” (p.154).

Nivel de estudio

Dicha investigación es conocida también como dinámica, activa o práctica. Asimismo, su principal función es aplicar y brindar soluciones a problemas propuestos con los conocimientos previamente adquiridos (CABEZAS, Eduardo, 2013, p.68)

Esta investigación se basa en describir el fenómeno de la adición del biopolímero lignina en la mezcla asfáltica en caliente, por lo cual el mejor entendimiento se tomará mediciones para su posterior análisis mediante gráficos respecto a la vida útil, así como también se busca relatar en forma clara y real lo ocurrido en esta investigación.

Enfoque

En cuanto al enfoque es cuantitativo debido que se pretende mostrar la recolección de datos mediante gráficos comparativos y tablas estadísticas.

3.2 Variables, operacionalización

Variables

V1: Vida útil de la mezcla asfáltica en caliente (Variable independiente).

V2: Biopolímero Lignina (Variable independiente).

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

La población o universo es definida desde el punto de vista estadístico, al conjunto de elementos que serán motivo de estudio. La población tiene como propósito principal albergar límites geográficos y el tiempo (HÉRNADEZ, Roberto, 2014, p. 176)

En la presente investigación la población estará conformada por las muestras de mezcla asfáltica con adición del biopolímero lignina, dicha lignina se adicionará en porcentajes de 5%, 10%, y 15%. Asimismo, el total de la población será de 68 briquetas. Además, resaltar que el criterio asumido es el no probabilístico.

Muestra

Si se aplicará la estadística para conocer el número de briquetas a utilizar como muestra, se tiene que considerar la fórmula para población infinita. Asimismo, con un 95% de confiabilidad ($Z= 1.96$) para obtener un resultado significativo. Además, con un margen de error de 0.05%. Entonces se obtendría una muestra de 384

Por ende, en la presente investigación, no se tendrá en cuenta el método probabilístico para definir la cantidad de la muestra, ya que dicho método exigiría utilizar una mayor cantidad de briquetas como muestra, conllevando esto a generar mayores costos. Asimismo, recalcar que para hallar el tamaño de la muestra se ha utilizado el método no probabilístico por conveniencia o intencional a criterio.

El número de muestras propuestas responde a lo indicado en cada normativa del ministerio de transportes, en total se prepara 68 briquetas de mezcla asfáltica.

Tabla 3. Diseño Patrón

DISEÑO PATRÓN	D N°1	D N°2	D N°3	D N°4	D N°5
Peso de muestra (g)	1200	1200	1200	1200	1200
Asfalto (%) + Lignina (%)	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Asfalto (g) + Lignina (g)	54	60	66	72	78
Lignina 0% (g)	0	0	0	0	0
Asfalto 100% (g)	54	60	66	72	78
Cantidad de briquetas	3	3	3	3	3
Total de briquetas	15				

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto de la tabla anterior n.º 3, se observa los porcentajes a utilizar de asfalto, en este caso sin incorporación del biopolímero lignina, por lo tanto, este diseño patrón servirá de base para poder comparar con los otros diseños que si se incorporarán en distintos porcentajes el biopolímero lignina.

Tabla 4. Diseño 1 (Asfalto 95% - 5% Lignina)

DISEÑO 1	D N°1	D N°2	D N°3	D N°4	D N°5
Peso de muestra (g)	1200	1200	1200	1200	1200
Asfalto (%) + Lignina (%)	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Asfalto (g) + Lignina (g)	54	60	66	72	78
Lignina 5% (g)	2.7	3	3.3	3.6	3.9
Asfalto 95% (g)	51.3	57	62.7	68.4	74.1
Cantidad de briquetas	3	3	3	3	3
Total de briquetas	15				

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto de la tabla anterior n.º 4, en el diseño 1, ya se incorpora el biopolímero lignina, en un porcentaje que está en relación al cemento asfáltico.

Tabla 5. Diseño 2 (Asfalto 90% - 10% Lignina)

DISEÑO 2	D N°1	D N°2	D N°3	D N°4	D N°5
Peso de muestra (g)	1200	1200	1200	1200	1200
Asfalto (%) + Lignina (%)	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Asfalto (g) + Lignina (g)	54	60	66	72	78
Lignina 10% (g)	5.4	6	6.6	7.2	7.8
Asfalto 90% (g)	48.6	54	59.4	64.8	70.2
Cantidad de briquetas	3	3	3	3	3
Total de briquetas	15				

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto de la tabla anterior n.º5, en el diseño 2, ya se incorpora el biopolímero lignina, en un porcentaje que está en relación al cemento asfáltico

Tabla 6. Diseño 3 (Asfalto 85% - 15% Lignina)

DISEÑO 3	D N°1	D N°2	D N°3	D N°4	D N°5
Peso de muestra (g)	1200	1200	1200	1200	1200
Asfalto (%) + Lignina (%)	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Asfalto (g) + Lignina (g)	54	60	66	72	78
Lignina 15% (g)	8.1	9	9.9	10.8	11.7
Asfalto 85% (g)	45.9	51	56.1	61.2	66.3
Cantidad de briquetas	3	3	3	3	3
Total de briquetas	15				

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto de la tabla anterior n.º 6, en el diseño 3, ya se incorpora el biopolímero lignina, en un porcentaje que está en relación al cemento asfáltico.

Asimismo, al respecto de las muestras para el la prueba de Cántabro la norma indica que, se preparará un mínimo de cuatro probetas para cada contenido de ligante ensayado.

Por lo tanto, se escogerá 4 probetas del grupo patrón con el porcentaje óptimo de CA para realizar el ensayo de Cántabro. Además, se escogerá 4 probetas del grupo que mejores resultados se haya obtenido agregando lignina entre G1, G2, y G3.

Muestreo

Se adoptará un Muestreo Aleatorio Estratificado. Este tipo de muestreo es utilizado cuando el investigador divide la población en varios subgrupos (BEHAR, Daniel, 2008, p.56). En este caso se ha dividido la muestra en 4 diseños, así como también es utilizada cuando se quiere ver la relación entre subgrupos. Seguidamente es dividida en dos grupos para analizar la resistencia al envejecimiento de mezclas asfálticas en caliente convencional y mezcla asfáltica modificada con biopolímero lignina.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

La técnica que se emplea es la observación directa de los hechos, a través de aplicar el método Marshall para obtener el óptimo contenido de asfalto. Asimismo, se aplica lo que indica el MTC para la prueba de desgaste a través de la prueba de Cántabro.

Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos de los ensayos del diseño de las mezclas asfálticas en caliente y de la prueba de desgaste, se emplearán fichas técnicas. La ficha técnica servirá para anotar datos generales, características de las muestras a ensayar y los resultados directos que brinden los aparatos a utilizar en laboratorio.

Los equipos y herramientas a utilizar son:

Molde ensamblado para Especímenes

Martillo de Compactación con manubrio fijo

Horno de calentado eléctrico

Guantes para maniobrar el equipo caliente

Juego de tamices

Bandeja de metal para colocar la mezcla asfáltica (ensayo máximo densidad teórica).

Balanza

Espátula para mezclar el asfalto

Termómetro para medir la temperatura del asfalto con un rango de 10 a 200 ° C con sensibilidad de 3°C

Taras de metal

Baños María

Tamices para agregado

Pedestal de compactación

Equipo Marshall

Flujómetro

Dispositivo para medir la fuerza.

Máquina de los ángeles

Horno de Calentado eléctrico con aire comprimido

Validez

Para la validación de los instrumentos de recolección de datos (Formatos), se recurrirá al juicio de Expertos para determinar que toda la información recolectado sea consistente con el proyecto de investigación, Todos los resultados obtenidos al respecto a la investigación serán firmados y sellados por personas especializadas en el tema. También se adjuntarán fotos de los ensayos realizados.

Confiabilidad

Para la confiabilidad de los resultados de los ensayos tanto de los agregados, diseño de mezcla asfáltica y envejecimiento de mezcla asfáltica; se adjuntarán los certificados debidamente calibrados para tener resultados precisos y no erróneos

3.5 Procedimiento

Preparación de Briquetas

Numero de Briquetas para el Diseño de Mezcla asfáltica en caliente la cantidad de briquetas serán elaborados en base a diferentes contenidos de asfalto (la cantidad varia en 0.5% con respecto al peso de la briqueta), se elaboran 3 briquetas como mínimo para tener un buen promedio (MTC E-504, 2016).

Se tomarán 5 puntos para el diseño de mezclas asfáltica en esta investigación (4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%) para la cantidad de asfalto, se han seleccionado en base a los antecedentes y la calidad de los materiales, ya que el contenido óptimo de asfalto se encuentra por ese intervalo.

Cantidad de materiales

Para los 4 diseños de mezcla (1 grupo patrón y 3 con adiciones del biopolímero Lignina en 5%, 10% y 15% en relación al cemento asfáltico) se elaborarán 60 briquetas como mínimo, para la elaboración de cada briqueta se necesitarán 1200 g de agregados y asfalto. La cantidad de material variara según el contenido de ligante asfáltico tal como se muestra en la figura n.º 3.



Figura 3. Agregados distribuidos según el %CA

Fuente: Elaboración propia

Al respecto de la tabla n.º 7, previamente se debe definir las proporciones adecuadas tanto de arena y piedra chancada, según la granulometría utilizada. Para este diseño de mezcla asfáltica se utilizó la gradación MAC-2. Seguidamente se pasará a pesar la muestra granular y colocarlos en un recipiente o tara señalando la cantidad de ligante asfáltico (ejemplo: para 5% de PEN, utilizar 95% de agregado).

Tabla 7. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 um (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 um (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µms (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: MTC EG-2013

Una vez ya definida las muestras de agregados para cada briqueta de mezcla asfáltica de 1200 g respectivamente, estos se vaciarán en una tara metálica y se pondrá en el horno a una temperatura constante de 140° C. Así como también se calentará el asfalto a 150° C en el horno. Finalmente se procederá a mezclar ambos materiales en una estufa, para tener una mezcla homogénea y trabajable, así como también se tomará la temperatura de la mezcla para ser compactado de 140°C – 150°C tal como se muestra en la figura n.º 4.



Figura 4. Temperatura de la mezcla asfáltica
Fuente: Elaboración propia

Compactación de las briquetas

Para empezar a realizar la compactación de las mezclas asfálticas, se procederá a hacer una limpieza del molde y cara del martillo de compactación, seguidamente se procederá a calentar el molde y el martillo de compactación a una temperatura que este de 90° C y 150° C según lo indicado en la norma MTC E 504. Es importante colocar un papel circular dentro del molde antes de introducir la mezcla asfáltica.

Para continuar el proceso de compactación se procederá colocar la mezcla asfáltica en el molde, es fundamental chusear de forma espiral la mezcla asfáltica unas 25 veces, una vez ya culminado el proceso de colocación de la mezcla se pasará a poner un molde de papel circular en la parte superior. Finalmente se procederá a la compactación con el martillo de compactación, se aplicarán 75 golpes en ambas caras.

Una vez culminado la compactación de la mezcla asfáltica se procederá a retirar el molde y ponerlo a enfriar. Seguidamente se pasará a quitar las briquetas con la gata hidráulica.

Determinación de Estabilidad y Flujo

Al respecto de la figura n.º 5, para poder pasar al ensayo Marshall se procederá poner las briquetas en el baño María, las briquetas estarán sumergidas en agua a una temperatura de 60° C, en un tiempo de 40 minutos aproximadamente.



Figura 5. Baño María de las briquetas a 60°C

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se procederá a realizar el ensayo Marshall, para lo cual se procederá a retirar la briqueta del baño María, el cual será secado con una toalla y se procederá a colocar en la mordaza. La carga que se aplica a las briquetas será de 50 mm/min según la norma, para lo cual se tomaran los datos de estabilidad (kg) y flujo (mm) tal como se muestra en la figura n.º 6.



Figura 6. Ensayo Marshall
Fuente: Elaboración propia

3.6 Método de análisis de datos

En el presente proyecto de investigación se seguirá los siguientes pasos para la recolección de datos.

Realizar los ensayos de los agregados: análisis granulométrico, límites de consistencia, ensayo de equivalente de arena, peso específico y absorción, abrasión de los ángeles, caras fracturadas, partículas chatas y alargadas y sales solubles.

Preparación de la mezcla asfáltica en caliente con los distintos % de asfalto.

Elaboración de las briquetas.

Rotura de las briquetas con el ensayo Marshall. Ensayo de RICE densidad y contenido de vacíos. Desgaste de la mezcla asfáltica con el ensayo cántabro.

Presentación de resultados en tablas y gráficos estadísticos, para verificar las diferencias entre el grupo de control y grupo experimental.

3.7 Aspectos Éticos

Para la elaboración de este proyecto de investigación, se tomaron reglas éticas esenciales, ya que se citaron adecuadamente como indica la norma ISO 690, así como también nos regimos a las normas del MTC EG-2013, Manual Asphalt Institute y Manual de Ensayos de Materiales. Asimismo, se ha evitado incurrir a la copia de otros autores.

También se tomará lo siguiente: respeto a las convicciones políticas, respeto a la propiedad intelectual, respeto religioso, respeto moral, respeto por el medio ambiente, responsabilidad política-jurídica-social, respeto a la privacidad y honestidad.

IV. RESULTADOS

Para cumplir con los objetivos trazados, se ha realizado el estudio de los agregados, la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall, así como también los ensayos de Cántabro.

Resistencia al desgaste del agregado grueso por abrasión

Para la abrasión se determinó según la granulometría de los agregados y se clasifico en el Tipo B, debido a que los agregados se encuentran entre la malla 1/2" y 3/8", se separó para cada malla 2500 g dando un total de 5000 g. \pm 5. Se efectuó en ensayo en la máquina de los ángeles.



Figura 7. Agregado grueso en la prueba de abrasión
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior n.º7 se puede apreciar que, para el ensayo se llevó la muestra a la máquina de los ángeles empleando una masa de 4584 g (11 esferas) y se programó para que diera 500 vueltas a 30 a 33 rpm.



Figura 8. Agregado grueso en la prueba de abrasión
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior n.º 8, se aprecia el agregado grueso después de realizar los giros en la máquina de los ángeles, posterior a ello se procederá a tamizar por la malla N°12 para después pesar las muestras e indicar el peso pasante por la malla de dicho calibre.

Tabla 8. *Valores obtenidos del ensayo de abrasión*

Descripción	Valores
Número de esferas	11
Masa de la carga (g)	4584
N° de revoluciones	500
Método de ensayo	B
Peso inicial (g)	5002
Peso final (g)	4170
Peso < malla N°12 (g)	832
Desgaste (%)	16.6

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, como indica la tabla anterior n.º 8 y conforme con el manual del MTC E 207, para el ensayo Abrasión de los Ángeles al desgaste de los agregados el requerimiento se clasifica según la altitud a emplearse; para menor de 3000 m.s.n.m el rango establecido es como máximo el 40 %, asimismo, el resultado obtenido se encuentra en el rango con un valor de desgaste de 16.6%.

Ensayo de partículas chatas y alargadas

Para determinar un óptimo desempeño del agregado grueso en el asfalto existe un máximo porcentaje permisibles de partículas chatas y alargadas considerando el tamaño máximo nominal, para el ensayo se considera el retenido de la malla 3/4" (19 mm) y el mínimo 3/8" (9.5 mm) según el manual ASTM 4791.

Tabla 9. *Valores obtenidos del ensayo de partículas chatas y alargadas*

Partículas	(%)
Chatas	1.46
Alargadas	2.75
Chatas y alargadas	0

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 9, se puede apreciar los valores obtenidos del ensayo de partículas chatas y alargadas de los agregados gruesos, por lo tanto, en el manual del ASTM 4791, indica que, existe un valor máximo de 10% de la muestra para la altitud menor de 3000 m.s.n.m, al respecto, el resultado fue de 4.2% entre chatas y alargadas que se encuentra dentro del parámetro establecido.

Equivalente de Arena

En la siguiente figura n.º 9, se aprecia los pasos para el ensayo de equivalente de arena, se tomó una muestra de 1500 g la cual paso por el tamiz N°4, siguiendo las indicaciones del manual de los ensayos de materiales (MTC E 114), es indispensable tener cuidado para obtener buenos resultados y confiables.



Figura 9. Seleccionando el agregado fino con los tamices

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 10, se puede que observar que se colocó la muestra en la lata de medición. Una lata cilíndrica de aproximadamente 57mm (2¼ pulg) de diámetro, con una capacidad de 85 ± 5 ml, asimismo, se enraza. Además, se llenó con la solución de cloruro cálcico en el cilindro de plástico 102 ± 3 mm ($4 \pm 0,1$ pulg) (indicado en el cilindro graduado).



Figura 10. Procedimiento de la prueba Equivalente de arena
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 11 se aprecia que, se colocó la muestra del agregado fino en el cilindro de plástico usando el embudo para evitar derramarlo. Asimismo, se golpeó ligeramente el fondo del cilindro sobre la palma de la mano varias veces para liberar las burbujas de aire y para conseguir el humedecimiento total del espécimen. Además, se mantuvo al espécimen humedecido y al cilindro apoyado sobre algo para evitar su movimiento por 10 ± 1 min.

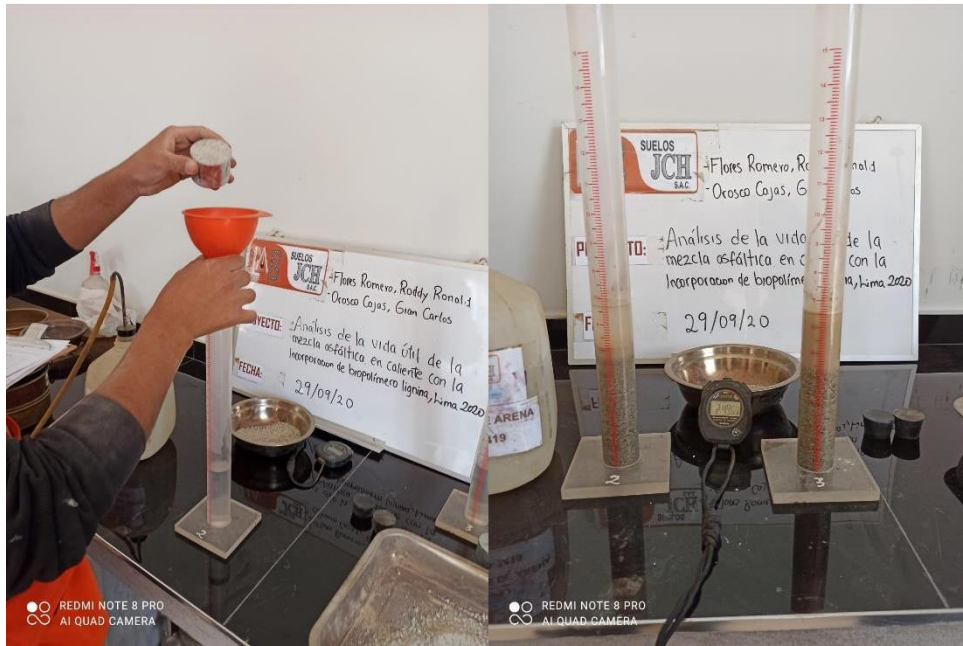


Figura 11. Procedimiento de la prueba Equivalente de arena
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 12 se aprecia que, luego se agitó el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30 s usando un recorrido de 23 ± 3 cm (9 ± 1 pulg). Un ciclo se define como un movimiento completo de ida y vuelta. Asimismo, se insertó el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, y se enjuagó el material de las paredes del cilindro cuando el irrigador estaba siendo bajado. Se forzó el irrigador a través del material en el fondo del cilindro, aplicando una acción de punzonamiento y giro mientras la solución de trabajo fluye del irrigador. Esto hace que el material fino entre en suspensión sobre las partículas de arena más gruesa. Además, se continuó aplicando la acción de punzonamiento y giro mientras los finos continúan fluyendo hacia arriba hasta que el cilindro es rellenado en la gradación de 38,0 cm (15 pulg). Al final de los 20 min del periodo de sedimentación, se registró el nivel de la parte superior de la suspensión de arcilla. Después que se tomó la lectura de arcilla, se colocó el dispositivo de medición el cilindro y se bajó lentamente hasta que descansa sobre la arena. Con cuidado a que el indicador no toque el interior del cilindro. Luego se restó 25,4 cm (10 pulg) del nivel indicado por el borde superior extremo del indicador y se registró este valor como la "lectura de arena".



Figura 12. Procedimiento de la prueba Equivalente de arena
Fuente: Elaboración propia

Al respecto de la tabla n.º 10, se indican los valores de las 3 pruebas realizadas para obtener el equivalente de arena y el promedio de ellas. Por consiguiente, según el manual del MTC EG - 2013 indica que, se debe considerar como valor mínimo 60%. Asimismo, la muestra presenta en promedio 64% por lo cual el resultado es aceptable.

Tabla 10. Valores obtenidos la prueba equivalente de arena

DATOS	1	2	3
Tamaño máximo (mm)	4.75	4.75	4.75
Altura máxima de fino (pulg)	6.30	6.00	5.90
Altura máxima de arena (pulg)	4.00	3.70	4.00
Equivalente de arena (%)	63	62	68
Promedio	64		

Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de sales solubles de los agregado grueso y fino

Este ensayo consiste en determinar las sales solubles en agregados para pavimentos flexibles mediante un método gravimétrico, fue un proceso para la extracción de sales, cuando se trata de una grava se realiza una extracción de 1 en 1, es decir se toma 500 gr de material y 500 ml de agua químicamente pura es decir de grado analítico, con un PH neutro, sin sales, sin iones ni aniones que pudieron

sumarle al que se va a extraer. Para dicho ensayo se emplearon balanzas calibradas, así como certificado de calidad del agua; se agita la muestra y se deja en reposo durante toda la noche a condiciones ambientales, para que se dé el proceso de extracción de sales de dicha grava así mismo del fino(separados), se pasa las sales del material solido al agua. Al día siguiente se filtra en un filtro de 0.45 nitrones, del cual salió un extracto donde se tomó 50 ml por pipeta volumétrica calibrada y luego por duplicado (se realizan dos ensayos) se pone a secar y por diferencia de pesos en vaso al que luego echamos el cual está pesado en la campana, dicha campana debe estar limpia y libre de impurezas.

Tabla 11. Sales solubles del agregado fino y grueso

Agregado	Sales solubles (%)
FINO	0.103
GRUESO	0.128

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 11, se aprecia los valores obtenidos al respecto de las sales solubles del agregado fino y grueso, por lo tanto, siguiendo las pautas del MTC E 219, para el ensayo de sales solubles en agregados para pavimentos flexibles, existe un valor permitido el cual no debe exceder del 0.5%. Asimismo, los valores obtenidos son inferiores al valor permisible tanto en el agregado grueso como en el agregado fino, indicando ello que, los agregados se encuentran dentro de los parámetros.

Granulometría de mezclas asfálticas en caliente (MAC 2)

Al respecto de la tabla n.º 12, se determina la gradación de los agregados y definir que MAC (mezcla asfáltica en caliente) es importante ingresar los valores en porcentaje pasante de los tamices para lo cual esta investigación se determinó a utilizar la gradación de tipo MAC 2

Tabla 12. Granulometría

Tamiz	Abertura (mm)	(%) PASA
3"	75.000	
2 1/2"	63.000	
2"	50.000	
1 1/2"	37.500	
1"	25.000	
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	98.3
3/8"	9.500	83.2
1/4"	6.300	67.2
No4	4.750	63.1
No8	2.360	52.3
No10	2.000	46.9
No16	1.180	33.7
No20	0.850	28.3
No30	0.600	20.7
No40	0.425	17.2
No50	0.300	14.3
No80	0.180	10.5
No100	0.150	9.3
No200	0.075	6.7
PASA		0.0

Fuente: Elaboración propia.

Con los porcentajes que pasan se graficó la curva granulométrica, asimismo, se tuvo en consideración los requisitos y límites para un MAC 2.

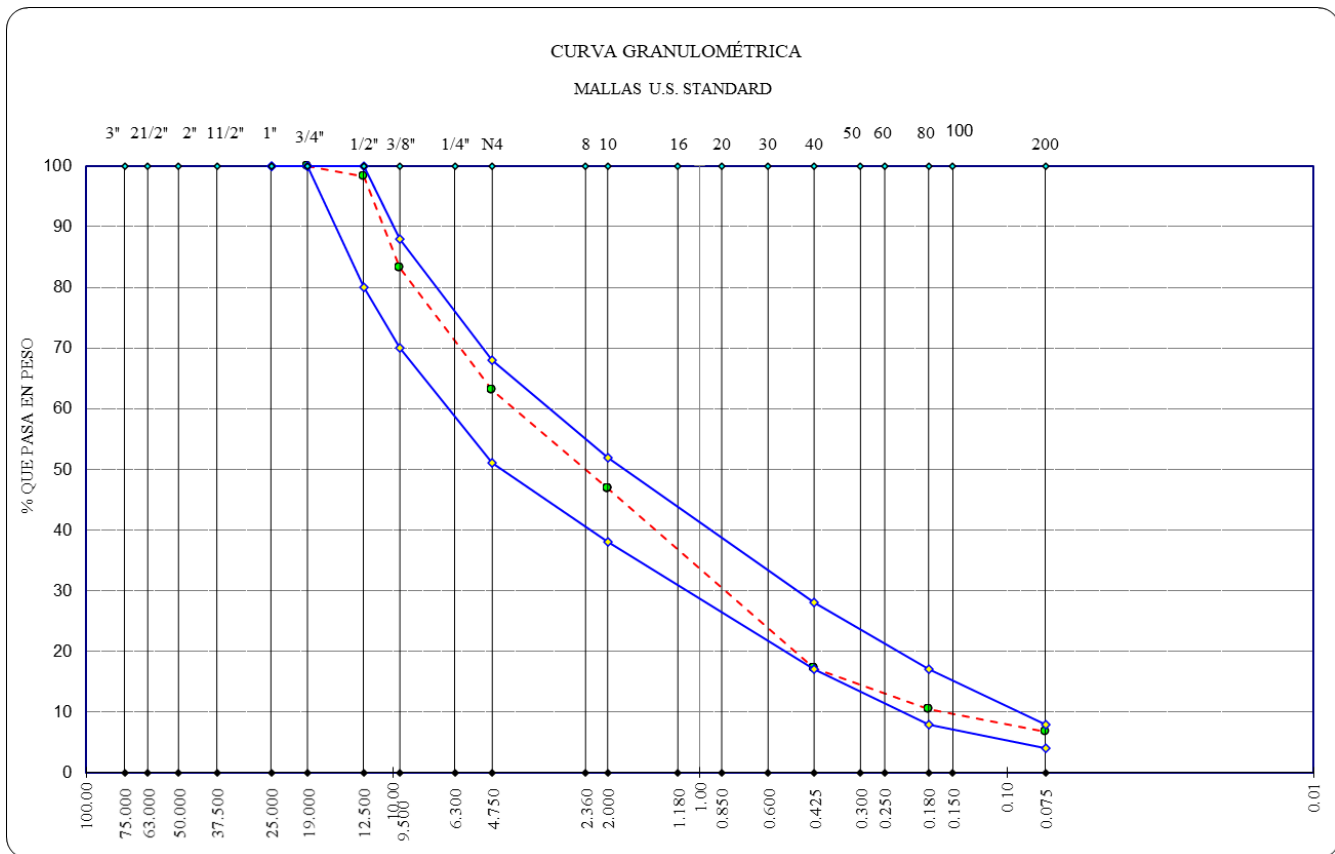


Figura 13. Curva de la granulometría

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior n.º 13 se observa que, la línea roja de la granulometría se encuentra dentro de los límites de las líneas formadas por el MAC 2. Por lo tanto, la granulometría es aceptada para realizar la mezcla asfáltica.

Mezcla asfáltica en caliente convencional

Se elaboraron un total de 15 briquetas con distintos porcentajes de asfalto 3 briquetas para cada punto como mínimo, según el método MTC E 504, considerando 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, y 6.5%. Cada briqueta debe tener un peso aproximado de 1200 g y los agregados deben ser distribuidos en porcentajes para cumplir el peso especificado tal y como se muestra en la figura n.º 14.



Figura 14. Briquetas de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla n.º 13, se aprecia los porcentajes de los agregados, que se encuentra en función del tamizado, cuya sumatoria fue de 100%.

Tabla 13. Porcentajes según agregado del diseño Patrón

Agregados (%)	
Piedra chancada 3/4"	2.0%
Piedra chancada 1/2"	35.0%
Arena chancada	63.0%

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 15, se aprecia que para la elaboración de las briquetas se siguió las pautas del MTC E 504, se pesó en recipientes separados la cantidad necesaria de agregado para producir las briquetas, luego cada tara se coloca al horno.



Figura 15. Taras con agregados en el horno

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 16, se puede apreciar que, dichos agregado se calentaron a 140 °C. además, se mezcló los agregados y el cemento asfáltico rápidamente hasta que estén cubiertos totalmente por 60 s.

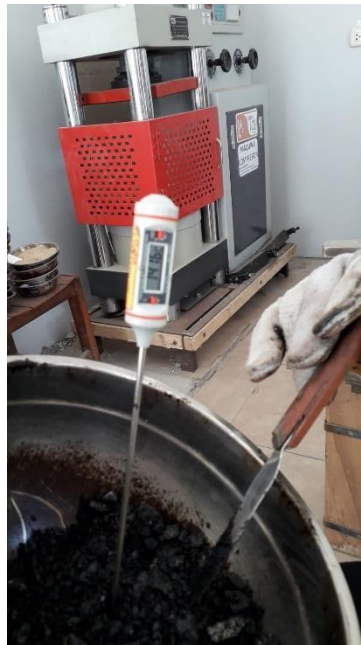


Figura 16. Temperatura de la mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 17 se observa que, se colocó la mezcla en el molde y se chuseó vigorosamente la mezcla con una espátula calentada 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior.



Figura 17. Mezcla asfáltica en el molde

Fuente: Elaboración propia

En la figura siguiente n.º 18 se aprecia que, se pasó al proceso de compactación dando 75 golpes por lado.



Figura 18. Compactación de la mezcla asfáltica en el molde

Fuente: Elaboración propia

Peso específico Bulk ASTM D2726

Al respecto del peso específico bulk según la ASTM D2726, es el que considera para la obtención de dicho valor, al peso seco, al peso sumergido, y al peso húmedo con superficie seca, se obtuvo los siguientes valores.

Tabla 14. *Peso específico del diseño Patrón*

%CA	Peso específico Bulk (g/cm³)	Promedio (g/cm³)
4.5	2.34	2.341
	2.34	
	2.342	
5	2.358	2.356
	2.355	
	2.354	
5.5	2.368	2.369
	2.367	
	2.371	
6	2.381	2.382
	2.382	
	2.382	
6.5	2.39	2.388
	2.389	
	2.386	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 14, se puede apreciar los valores del peso específico de las 3 briquetas de cada porcentaje de asfalto, los cuales fueron promediadas. Dichos valores indican que existe un ascenso de datos numéricos que a más contenido de asfalto el peso específico aumenta.

Peso específico teórico máximo ASTM D2041 (Rice)

Al respecto el MTC E 508, señala que es importante para poder obtener el porcentaje de vacíos.

Tabla 15. *Peso específico teórico máximo del diseño Patrón*

%CA	Peso específico teórico máximo (g/cm³)
4.5	2.526
5	2.513
5.5	2.495
6	2.479
6.5	2.458

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 15, se puede apreciar los valores del peso específico teórico máximo de cada porcentaje de asfalto. Asimismo, dichos valores indican que existe un descenso conforme el contenido de cemento asfáltico utilizado es mayor.

Porcentaje de vacíos

El porcentaje de vacíos se obtiene relacionando el Peso específico teórico máximo y el Peso específico Bulk, siendo dicho porcentaje muy importante, ya que la MTC delimita sus valores con la finalidad de obtener mezclas asfálticas de calidad.

Tabla 16. *Porcentaje de vacíos del diseño Patrón*

%CA	Porcentaje de Vacíos (%)	Promedio (%)
4.5	7.4	7.4
	7.4	
	7.3	
5	6.2	6.2
	6.2	
	6.3	
5.5	5.1	5.1
	5.1	
	5	
6	3.9	3.9
	3.9	
	3.9	
6.5	2.8	2.8
	2.8	
	2.9	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 16, se puede apreciar los valores del porcentaje de vacíos de cada porcentaje de asfalto. Asimismo, dichos valores indican que existe un descenso conforme el contenido de cemento asfáltico utilizado es mayor.

Vacíos en el agregado mineral (VMA)

Los vacíos en el agregado mineral (VMA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

Tabla 17. *Porcentaje Vacíos en el agregado mineral (VMA) del diseño Patrón*

%CA	Vacíos en el agregado mineral VMA(%)	Promedio (%)
4.5	15.4	15.4
	15.4	
	15.3	
5	15.2	15.3
	15.3	
	15.3	
5.5	15.3	15.3
	15.3	
	15.2	
6	15.3	15.2
	15.2	
	15.2	
6.5	15.4	15.4
	15.4	
	15.5	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 17, se puede apreciar los valores de vacíos en el agregado mineral (VMA) de cada porcentaje de asfalto. Asimismo, dichos valores indican que existe un descenso conforme el contenido de cemento asfáltico utilizado es mayor hasta el 6% de CA, para luego volver a subir en valor en el 6.5% de CA.

Vacíos llenos de asfalto (VFA)

Los vacíos llenos de asfalto VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, y por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de aire de VMA, y luego dividiendo por el VMA, y expresando el valor final como un porcentaje.

Tabla 18. *Porcentaje Vacíos llenos de asfalto (VFA) del diseño Patrón*

%CA	Vacíos llenos de asfalto VFA (%)	Promedio (%)
4.5	51.9	52.0
	51.9	
	52.3	
5	59.2	58.9
	58.8	
	58.8	
5.5	66.7	66.8
	66.7	
	67.1	
6	74.5	74.4
	74.3	
	74.3	
6.5	81.8	81.6
	81.8	
	81.3	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 18, se puede apreciar los valores de vacíos llenos de asfalto VFA de cada porcentaje de asfalto. Asimismo, dichos valores indican que existe un aumento conforme el contenido de cemento asfáltico utilizado es mayor.

Estabilidad Marshall

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador del cuadrante. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall.

Tabla 19. Estabilidad Marshall del diseño Patrón

%CA	Estabilidad corregida (Kg)	Promedio (Kg)
4.5	1222	1234.0
	1245	
	1235	
5	1300	1306.0
	1310	
	1308	
5.5	1321	1329.3
	1337	
	1330	
6	1402	1396.7
	1399	
	1389	
6.5	1185	1175.7
	1164	
	1178	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 19, se puede apreciar los valores de estabilidad Marshall de cada porcentaje de asfalto. Asimismo, dichos valores indican que existe un aumento conforme el contenido de cemento asfáltico utilizado es mayor hasta el 6% de CA, para luego disminuir dicho valor al seguir aumentando la cantidad de CA, en este caso en 6.5%.

Flujo Marshall

El flujo Marshall, es medido en centésimas de pulgada representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta.

Tabla 20. Flujo Marshall del diseño Patrón

%CA	Flujo (0.01 pulgada)	Promedio (0.01 pulgada)
4.5	13	13.0
	13	
	13	
5	13	13.0
	13	
	13	
5.5	13	13.7
	14	
	14	
6	14	14.0
	14	
	14	
6.5	16	15.7
	15	
	16	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 20, se puede apreciar los valores del flujo Marshall de cada porcentaje de asfalto. Asimismo, dichos valores indican que existe un aumento conforme el contenido de cemento asfáltico utilizado es mayor.

Parámetros óptimos de la mezcla asfáltica convencional

El método Marshall permitió obtener el contenido de cemento asfáltico óptimo, el cual a su vez cumple con todos los requisitos que exige el MTC E 504.

Se busca el valor de %CA que cumpla con todos los requisitos, para el cual se grafican los valores de las tablas anteriores, para así poder buscar un punto de equilibrio entre todos los %CA y encontrar los que más se acerquen a cumplir con los parámetros establecidos.

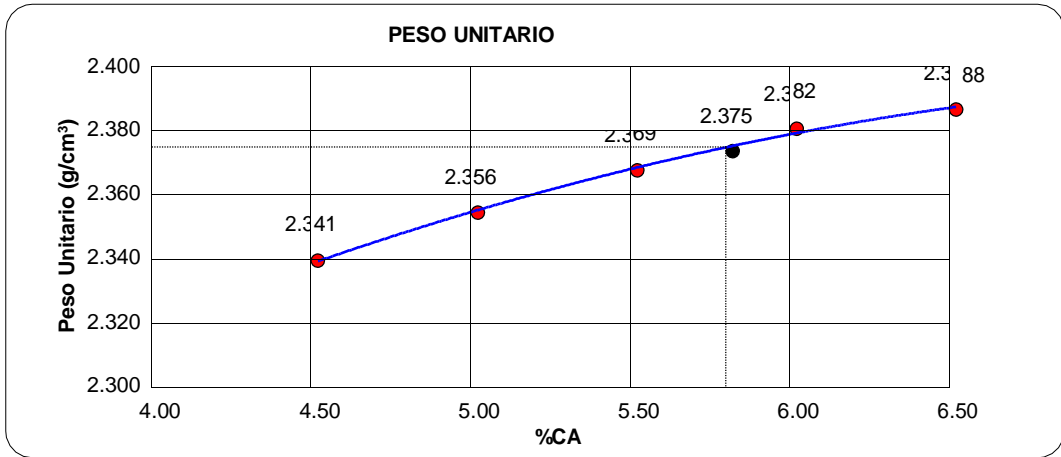


Figura 19. %CA vs Peso unitario

Fuente: Elaboración propia

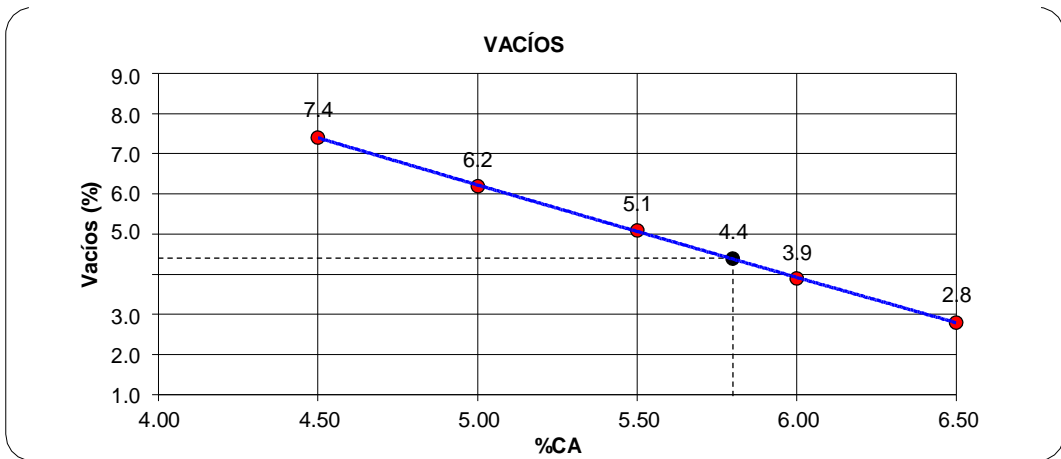


Figura 20. %CA vs %Vacíos

Fuente: Elaboración propia

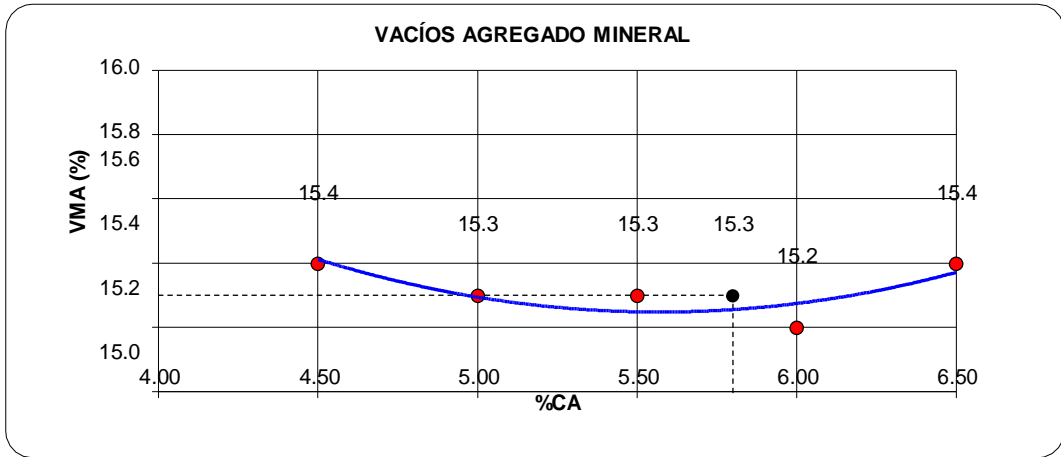


Figura 21. %CA vs %VMA

Fuente: Elaboración propia

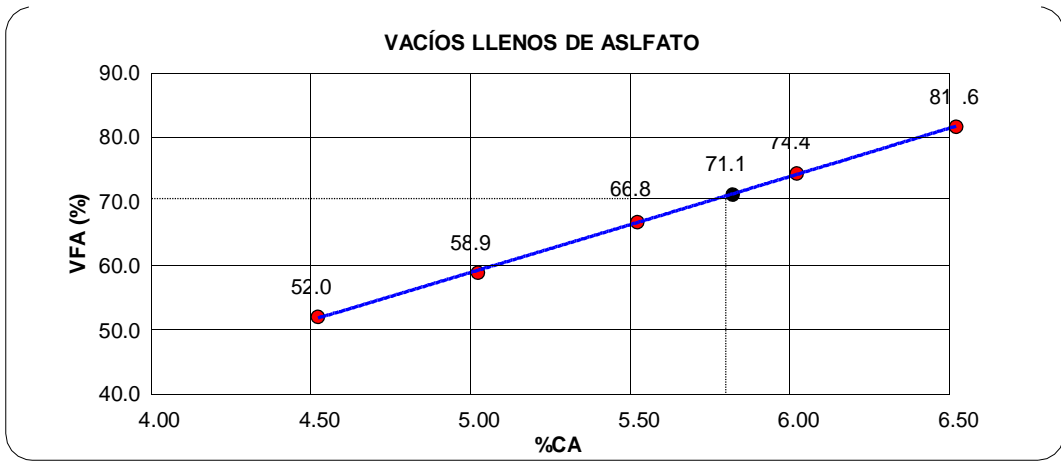


Figura 22. %CA vs %VFA

Fuente: Elaboración propia

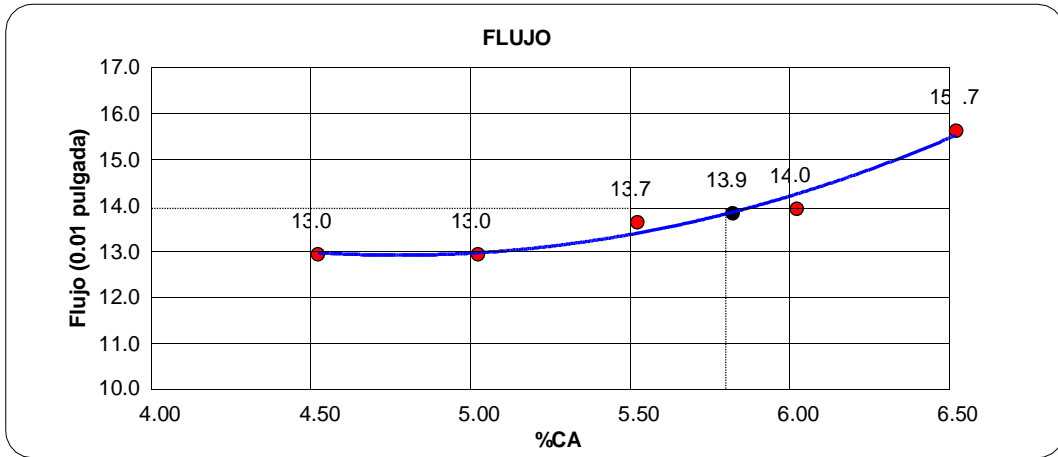


Figura 23. %CA vs Flujo
Fuente: Elaboración propia

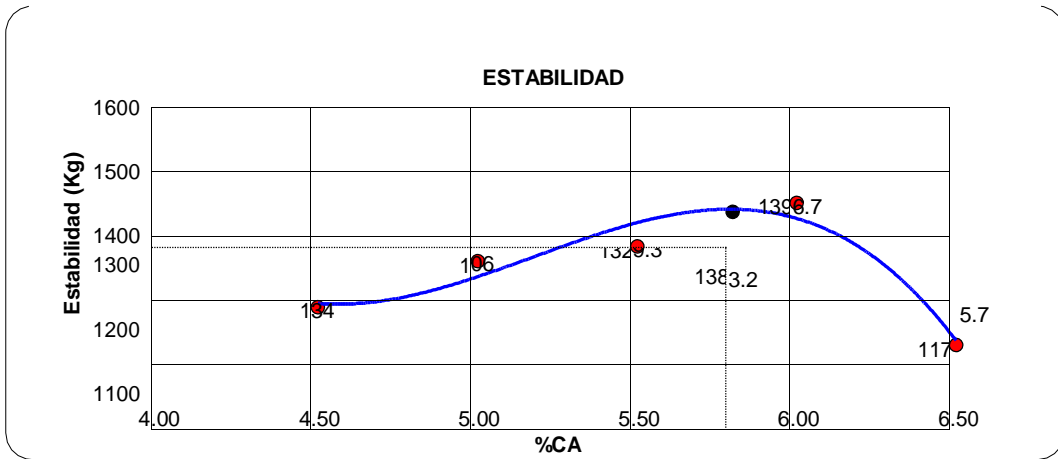


Figura 24. %CA vs Estabilidad
Fuente: Elaboración propia

De los gráficos anteriores de la figura n.º 19, 20, 21, 22, 23, 24 y a través de las funciones generadas, se puede obtener los %CA que más se acercan a cumplir con todos los requisitos que exige el MTC.

Tabla 21. %CA elegibles para ser el óptimo

Parámetros de diseño	Mezcla Asfáltica Valores		
Número de golpes	75		
%CA	5.5	5.8	6.1
Peso específico Bulk (g/cm ³)	2.368	2.375	2.381
Vacíos (%)	5.1	4.4	3.7
VMA (%)	15.2	15.3	15.3
VFA (%)	66.6	71.1	75.7
Flujo 0.01 " (0.25 mm)	13.4	13.9	14.5
Estabilidad (Kg)	1362.4	1383.2	1350.8

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla n.º 22, se cotejaron los valores obtenidos con los que exige el MTC, siendo el %CA de 5.8 el que cumple con todas las exigencias requeridas, siendo dicho valor el óptimo contenido de asfalto en este diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional.

Tabla 22. %CA 5.8 el óptimo

Parámetros de diseño		MIN	-	MAX
%CA	5.8			
Peso específico Bulk (g/cm ³)	2.375			
Vacíos (%)	4.4	3	-	5
VMA (%)	15.3	12		
VFA (%)	71.1	65	-	75
Flujo 0.01 " (0.25 mm)	13.9	8	-	14
Estabilidad (Kg)	1383.2	850		

Fuente: Elaboración propia.

Mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de lignina en 5% 10% y 15%

Lignina procedimiento de extracción

La lignina utilizada en la presente tesis se obtuvo del bagazo de la caña de azúcar. Se adquirió el bagazo de caña, y se llevó a un laboratorio químico con la finalidad que la pueda procesar y obtener así la lignina.

El procedimiento es el siguiente:

El bagazo de la caña fue triturado y posteriormente secado.

Se realizó una extracción con hidróxido de sodio a presión atmosférica.

Se partió de un peso de producto en una relación de 1:15 de producto con hidróxido de sodio 4% (p/V) con agitación constante a 500 rpm y a 80 °C por 6 horas.

Posteriormente se retira el material insoluble y se realiza la precipitación de la lignina mediante la disminución de la solución hasta pH= 2 con ácido sulfúrico.

Se realiza la filtración, se realiza el lavado del material insoluble.

Se realiza el secado a 40 °C por 5 horas.

En la siguiente figura n.º 25, se puede apreciar el proceso de extracción, en el cual el bagazo de la caña de azúcar en trozos se encuentra dentro de un recipiente con hidróxido de sodio a presión atmosférica

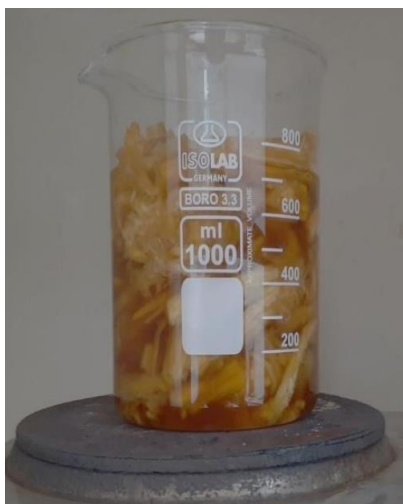


Figura 25. Extracción
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 26, se puede apreciar la precipitación, esto se realizó con ácido sulfúrico.



Figura 26. Precipitación
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 27, se aprecia el horno utilizado a 40 °C durante 5 horas.



Figura 27. Proceso de secado
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 28, se visualiza el producto final obtenido, que es el biopolímero de lignina, que será utilizado en la mezcla asfáltica.



Figura 28. Producto final lignina
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla n.º 23, 24, se muestra la granulometría del biopolímero de Lignina, resaltando que dicha granulometría va desde la malla número 10 con 97.6% que pasa, hasta la malla número 200 con 6.6% que pasa.

Tabla 23. *Granulometría de la Lignina*

Tamiz	Abertura (mm)	(%) PASA
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	100.0
1/4"	6.300	100.0
No4	4.750	100.0
No8	2.360	100.0
No10	2.000	97.6
No16	1.180	97.2
No20	0.850	95.0
No30	0.600	89.0
No40	0.425	75.4
No50	0.300	68.4
No80	0.180	36.6
No100	0.150	16.3
No200	0.075	6.6
PASA		0

Fuente: Elaboración propia.

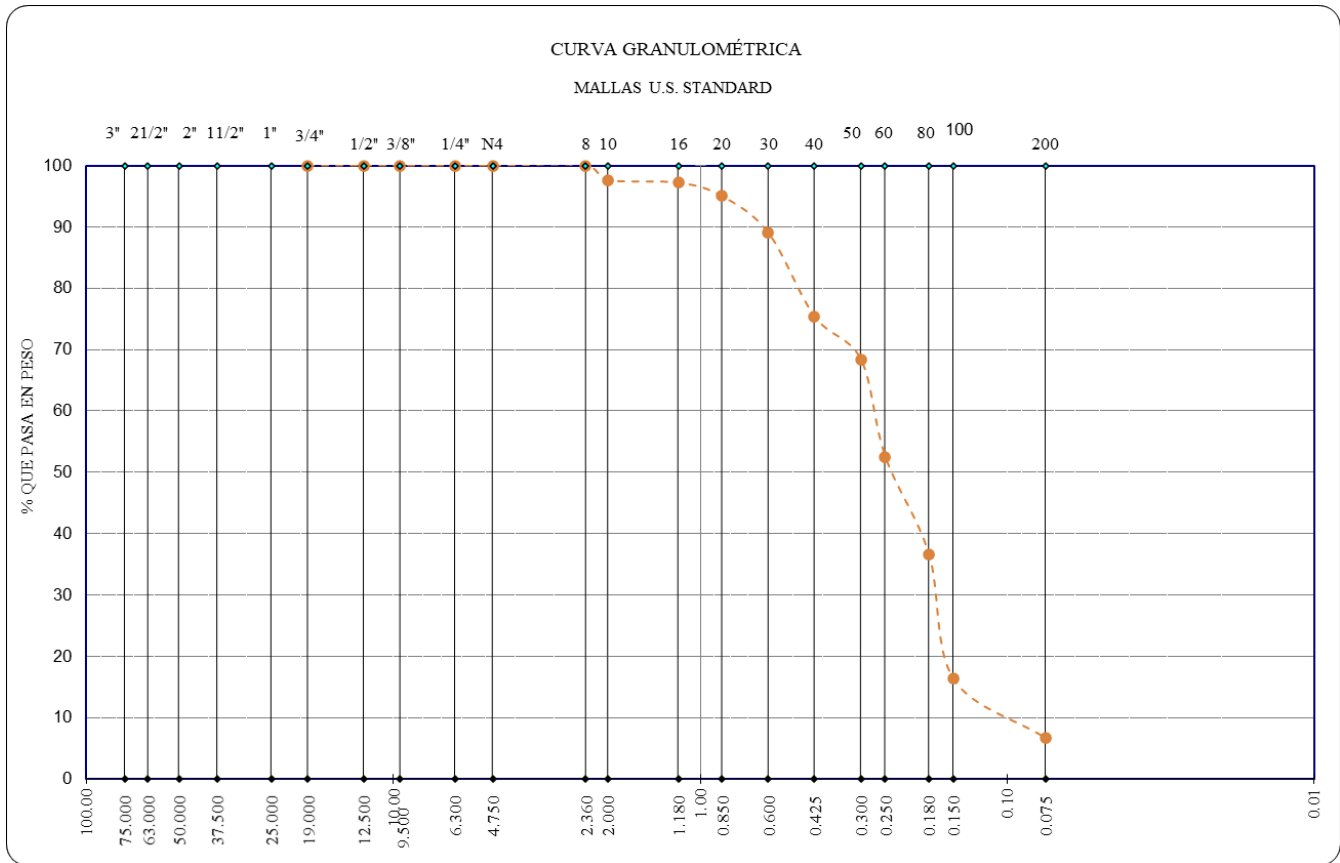


Figura 29. Curva granulométrica de la Lignina

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 30, se puede apreciar al biopolímero de Lignina utilizado, ambos elementos previamente tienen que calentarse hasta una temperatura de 140 grados centígrados.



Figura 30. Lignina y cemento asfáltico previo a la combinación de ambos
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura n.º 31, se puede apreciar, al cemento asfáltico y la Lignina, en plena combinación, posterior a ello, ya se procede a elaborar las briquetas como si fuera una mezcla asfáltica convencional.

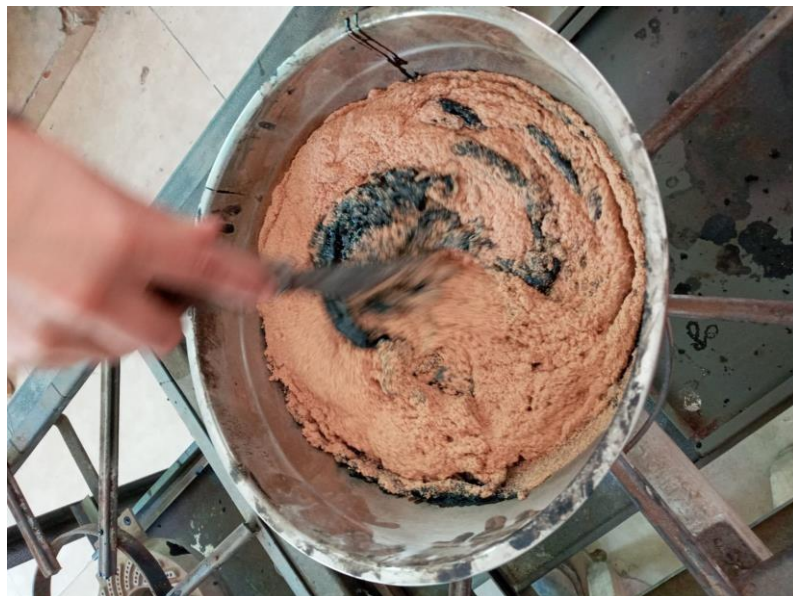


Figura 31. Lignina y cemento asfáltico en proceso de combinación.
Fuente: Elaboración propia

Peso específico Bulk ASTM D2726

Al respecto del peso específico bulk según la ASTM D2726, es el que considera para la obtención de dicho valor, al peso seco, al peso sumergido, y al peso húmedo con superficie seca, se obtuvo los siguientes valores en las mezclas asfálticas con Lignina en distintos porcentajes.

Tabla 24. *Peso específico de las mezclas asfálticas con Lignina*

%CA	Lignina 5%		Lignina 10%		Lignina 15%	
	Peso específico Bulk (g/cm ³)	Promedio (g/cm ³)	Peso específico Bulk (g/cm ³)	Promedio (g/cm ³)	Peso específico Bulk (g/cm ³)	Promedio (g/cm ³)
4.5	2.373	2.375	2.315	2.312	2.297	2.296
	2.375		2.31		2.297	
	2.376		2.311		2.293	
5	2.377	2.379	2.328	2.326	2.312	2.312
	2.379		2.324		2.311	
	2.382		2.325		2.313	
5.5	2.391	2.390	2.355	2.356	2.322	2.324
	2.39		2.358		2.327	
	2.389		2.355		2.324	
6	2.412	2.411	2.364	2.363	2.335	2.331
	2.41		2.363		2.33	
	2.411		2.361		2.327	
6.5	2.422	2.422	2.387	2.386	2.335	2.336
	2.422		2.386		2.337	
	2.422		2.385		2.336	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 24, se puede apreciar los valores del peso específico de las 3 briquetas de cada porcentaje de asfalto con lignina utilizado en las proporciones respectivas, los cuales fueron promediados. Dichos valores indican que, a mayor porcentaje de Lignina utilizado, menor es el peso específico. Por ejemplo, con el porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 5% se obtuvo un valor promedio de 2.411 g/cm³, asimismo, con un el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 10% se obtuvo un valor promedio de 2.363 g/cm³, además, con el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 15% se obtuvo un valor promedio de 2.331 g/cm³.

Peso específico teórico máximo ASTM D2041 (Rice)

Al respecto el MTC E 508, señala que es importante para poder obtener el porcentaje de vacíos.

Tabla 25. *Peso específico teórico máximo de las mezclas asfálticas con Lignina*

%CA	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
	Peso específico teórico máximo (g/cm ³)	Peso específico teórico máximo (g/cm ³)	Peso específico teórico máximo (g/cm ³)
4.5	2.553	2.565	2.587
5	2.540	2.548	2.553
5.5	2.535	2.549	2.549
6	2.521	2.530	2.533
6.5	2.510	2.519	2.523

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 25, se puede apreciar los valores del peso específico teórico máximo de cada porcentaje de asfalto con Lignina. Dichos valores indican que, a mayor porcentaje de Lignina utilizado, mayor es el peso específico teórico máximo (rice). Por ejemplo, con el porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 5% se obtuvo un valor de 2.521 g/cm³, asimismo, con un el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 10% se obtuvo un valor promedio de 2.530 g/cm³, además, con el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 15% se obtuvo un valor promedio de 2.533 g/cm³.

Porcentaje de vacíos

El porcentaje de vacíos se obtiene relacionando el Peso específico teórico máximo y el Peso específico Bulk, siendo dicho porcentaje muy importante, ya que el MTC delimita sus valores con la finalidad de obtener mezclas asfálticas de calidad.

Tabla 26. *Porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas con Lignina*

%CA	Lignina 5%		Lignina 10%		Lignina 15%	
	Porcentaje de vacíos (%)	Promedio (%)	Porcentaje de vacíos (%)	Promedio (%)	Porcentaje de vacíos (%)	Promedio (%)
4.5	7	6.967	9.7	9.833	11.2	11.267
	7		9.9		11.2	

	6.9		9.9		11.4	
5	6.4	6.300	8.6	8.733	9.4	9.433
	6.3		8.8		9.5	
	6.2		8.8		9.4	
5.5	5.7	5.733	7.6	7.567	8.9	8.800
	5.7		7.5		8.7	
	5.8		7.6		8.8	
6	4.3	4.367	6.6	6.633	7.8	7.967
	4.4		6.6		8	
	4.4		6.7		8.1	
6.5	3.5	3.500	5.3	5.300	7.5	7.433
	3.5		5.3		7.4	
	3.5		5.3		7.4	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 26, se puede apreciar los valores del porcentaje de vacíos de cada porcentaje de asfalto con Lignina. Dichos valores indican que, a mayor porcentaje de Lignina utilizado, mayor es el porcentaje de vacíos. Por ejemplo, con el porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 5% se obtuvo un valor promedio de 4.367 %, asimismo, con un el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 10% se obtuvo un valor promedio de 6.633%, además, con el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 15% se obtuvo un valor promedio de 7.967 %.

Vacíos en el agregado mineral (VMA)

Los vacíos en el agregado mineral (VMA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

Tabla 27. Porcentaje Vacíos en el agregado mineral (VMA) de las mezclas asfálticas con Lignina

%CA	Lignina 5%		Lignina 10%		Lignina 15%	
	Vacíos en el agregado mineral VMA (%)	Promedio (%)	Vacíos en el agregado mineral VMA (%)	Promedio (%)	Vacíos en el agregado mineral VMA (%)	Promedio (%)
4.5	14.2	14.133	16.3	16.400	16.9	16.967
	14.1		16.5		16.9	
	14.1		16.4		17.1	
5	14.5	14.400	16.3	16.367	16.8	16.833
	14.4		16.4		16.9	
	14.3		16.4		16.8	
5.5	14.5	14.500	15.7	15.667	16.9	16.833
	14.5		15.6		16.7	
	14.5		15.7		16.9	
6	14.2	14.200	15.9	15.933	16.9	17.067
	14.2		15.9		17.1	
	14.2		16		17.2	
6.5	14.3	14.300	15.5	15.533	17.3	17.300
	14.3		15.5		17.3	
	14.3		15.6		17.3	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 27, se puede apreciar los valores de vacíos en el agregado mineral (VMA) de cada porcentaje de asfalto con Lignina. Dichos valores indican que, a mayor porcentaje de Lignina utilizado, mayor es el porcentaje de vacíos en el agregado mineral. Por ejemplo, con el porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 5% se obtuvo un valor promedio de 14.2%; asimismo, con un el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 10% se obtuvo un valor promedio de 15.993%, además, con el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 15% se obtuvo un valor promedio de 17.067%.

Vacíos llenos de asfalto (VFA)

Los vacíos llenos de asfalto VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, y por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de aire de VMA, y luego dividiendo por el VMA, y expresando el valor final como un porcentaje.

Tabla 28. Porcentaje Vacíos Llenos de asfalto (VFA) de las mezclas asfálticas con Lignina

%CA	Lignina 5%		Lignina 10%		Lignina 15%	
	Vacíos llenos de asfalto VFA (%)	Promedio (%)	Vacíos llenos de asfalto VFA (%)	Promedio (%)	Vacíos llenos de asfalto VFA (%)	Promedio (%)
4.5	50.7	50.733	40.5	40.033	33.7	33.567
	50.4		40		33.7	
	51.1		39.6		33.3	
5	55.9	56.267	47.2	46.600	44	43.933
	56.3		46.3		43.8	
	56.6		46.3		44	
5.5	60.7	60.467	51.6	51.700	47.3	47.700
	60.7		51.9		47.9	
	60		51.6		47.9	
6	69.7	69.233	58.5	58.367	53.8	53.300
	69		58.5		53.2	
	69		58.1		52.9	
6.5	75.5	75.500	65.8	65.867	56.6	57.000
	75.5		65.8		57.2	
	75.5		66		57.2	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 28, se puede apreciar los valores de vacíos llenos de asfalto VFA de cada porcentaje de asfalto con Lignina. Dichos valores indican que, a mayor porcentaje de Lignina utilizado, menor es el porcentaje de vacíos llenos de asfalto. Por ejemplo, con el porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 5% se obtuvo un valor promedio de 69.233%, asimismo, con un el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 10% se obtuvo un valor promedio de 58.367%, además, con el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 15% se obtuvo un valor promedio de 53.3%.

Estabilidad Marshall

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador del cuadrante.

Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall.

Tabla 29. Estabilidad Marshall de las mezclas asfálticas con Lignina

%CA	Lignina 5%		Lignina 10%		Lignina 15%	
	Estabilidad corregida (Kg)	Promedio (Kg)	Estabilidad corregida (Kg)	Promedio (Kg)	Estabilidad corregida (Kg)	Promedio (Kg)
4.5	992	1010.00	980	974.67	962	960.00
	1013		975		960	
	1025		969		958	
5	1242	1239.67	1100	1097.67	1005	1005.67
	1231		1095		1004	
	1246		1098		1008	
5.5	1351	1338.00	1200	1202.00	1020	1020.33
	1327		1201		1018	
	1336		1205		1023	
6	1342	1344.00	1220	1226.00	1030	1033.00
	1338		1230		1035	
	1352		1228		1034	
6.5	1380	1382.33	1215	1210.00	1020	1023.33
	1388		1210		1022	
	1379		1205		1028	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 29, se puede apreciar los valores de estabilidad Marshall de cada porcentaje de asfalto con Lignina. Dichos valores indican que, a mayor porcentaje de Lignina utilizado, menor es la estabilidad Marshall. Por ejemplo, con el porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 5% se obtuvo un valor promedio de 1344 Kg, asimismo, con un el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 10% se obtuvo un valor promedio de 1226 Kg, además, con el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 15% se obtuvo un valor promedio de 1033 Kg.

Flujo Marshall

El flujo Marshall, es medido en centésimas de pulgada representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta.

Tabla 30. Flujo Marshall de las mezclas asfálticas con Lignina

%CA	Lignina 5%		Lignina 10%		Lignina 15%	
	Flujo (0.01 pulgada)	Promedio (0.01 pulgada)	Flujo (0.01 pulgada)	Promedio (0.01 pulgada)	Flujo (0.01 pulgada)	Promedio (0.01 pulgada)
4.5	10	10	13	13	14	14
	10		13		14	
	10		13		14	
5	11	11	14	14	15	15
	11		14		15	
	11		14		15	
5.5	12	12	15	15	16	16
	12		15		16	
	12		15		16	
6	13	13	16	16	17	17
	14		16		17	
	13		16		17	
6.5	14	14	17	17	18	18
	14		17		18	
	14		17		18	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior n.º 30, se puede apreciar los valores del flujo Marshall de cada porcentaje de asfalto con Lignina. Dichos valores indican que, a mayor porcentaje de Lignina utilizado, mayor es el flujo. Por ejemplo, con el porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 5% se obtuvo un valor promedio de 13, asimismo, con un el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 10% se obtuvo un valor promedio de 16, además, con el mismo porcentaje de cemento asfáltico de 6% y Lignina al 15% se obtuvo un valor promedio de 17.

Parámetros óptimos de la mezcla asfáltica con 5% Lignina

Se determinó el valor de %CA que cumpla con todos los requisitos, para el cual se grafican los valores de las tablas anteriores, para así poder buscar un punto de equilibrio entre todos los %CA y encontrar los que más se acerquen a cumplir con los parámetros establecidos.

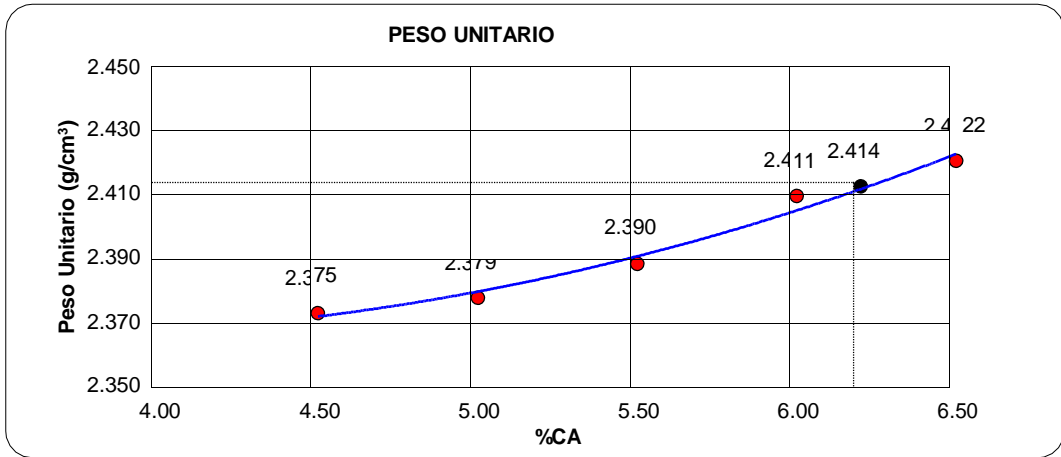


Figura 32. %CA vs Peso unitario

Fuente: Elaboración propia

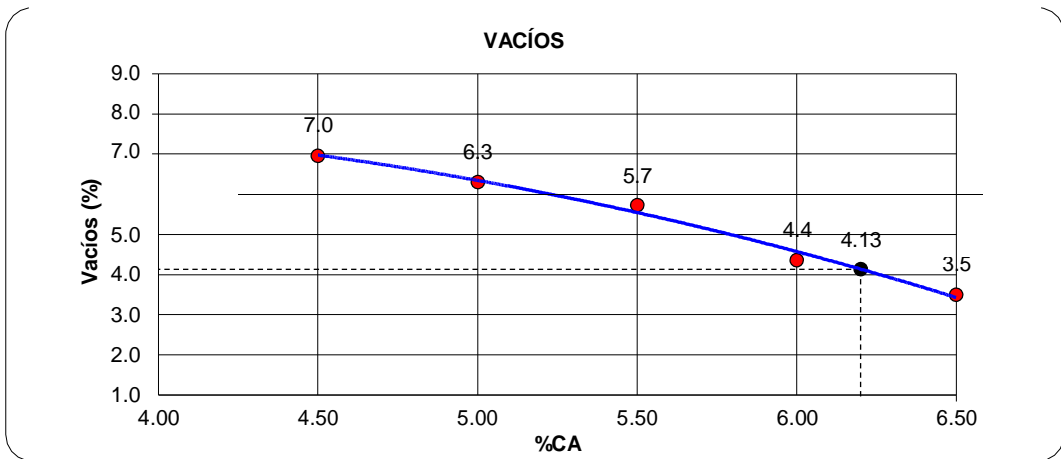


Figura 33. %CA vs %Vacíos

Fuente: Elaboración propia

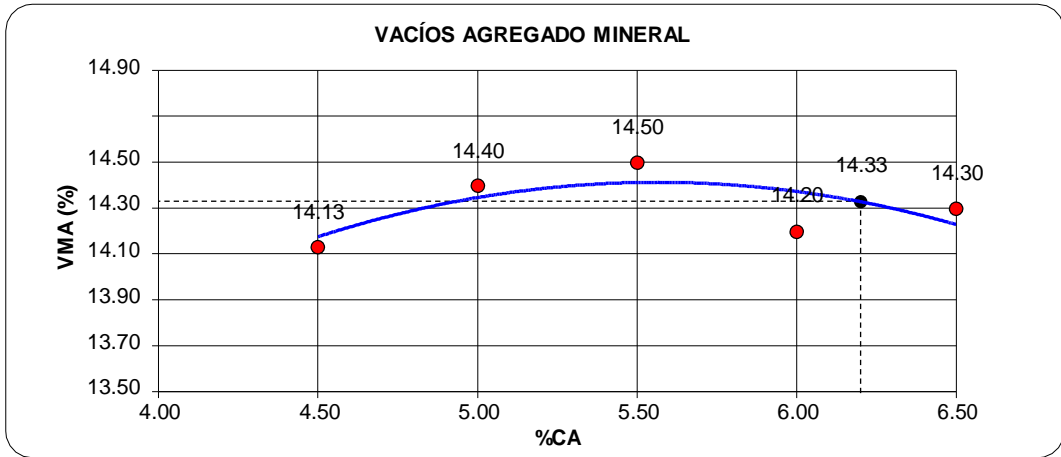


Figura 34. %CA vs %VMA
Fuente: Elaboración propia

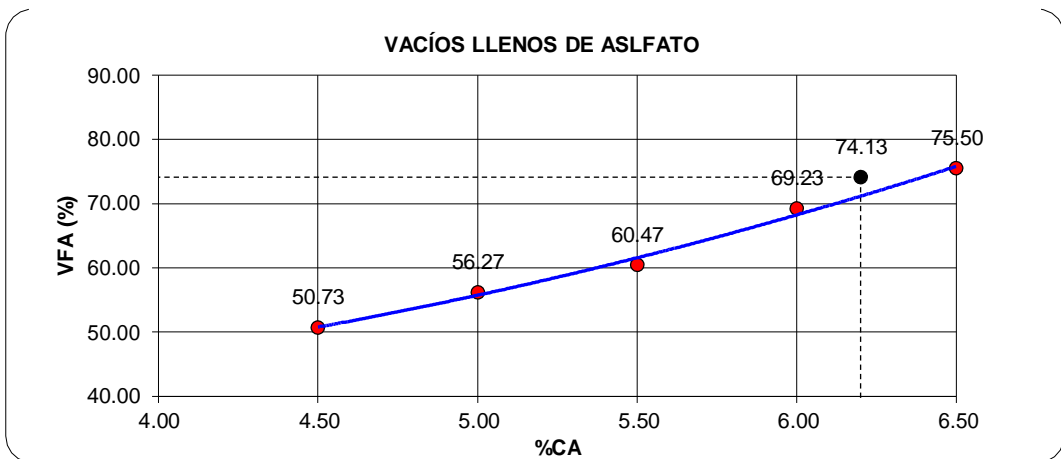


Figura 35. %CA vs %VFA
Fuente: Elaboración propia

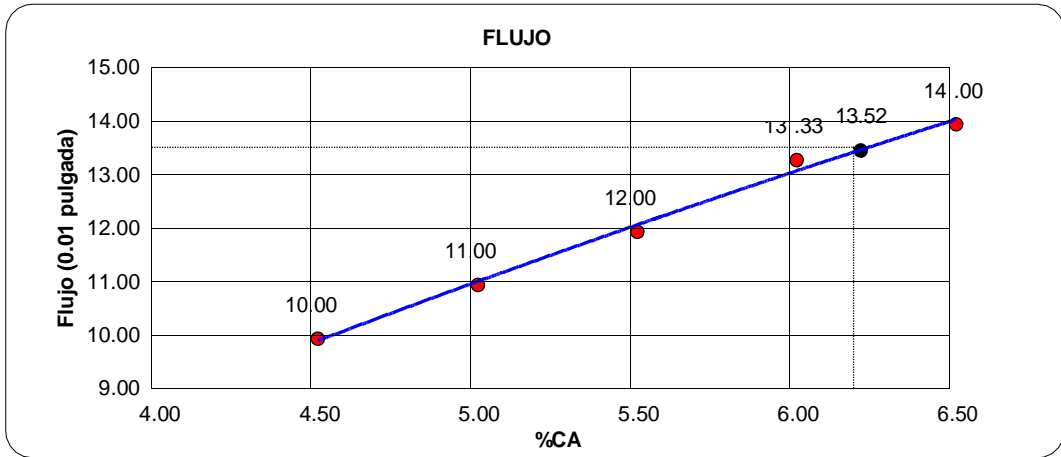


Figura 36. %CA vs Flujo
Fuente: Elaboración propia

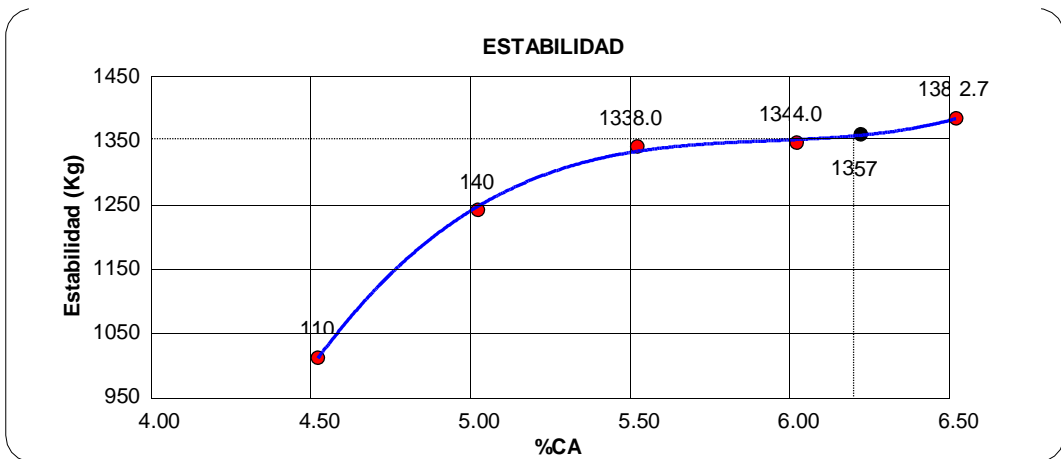


Figura 37. %CA vs Estabilidad
Fuente: Elaboración propia

De los gráficos anteriores de la figura n.º 32, 33, 34, 35, 36 y 37 a través de las funciones generadas, se puede obtener los %CA que más se acercan a cumplir con todos los requisitos que exige el MTC.

En la siguiente tabla n.º 31, se cotejaron los valores obtenidos con los que exige el MTC, siendo el %CA de 6.2 con 5% de Lignina el que cumple con todas las exigencias requeridas, siendo dicho valor el óptimo contenido de asfalto y Lignina en este diseño de mezcla asfáltica en caliente con Lignina.

Tabla 31. Parámetros de las mezclas asfálticas con Lignina

Parámetros de diseño	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%	MIN	-	MAX
%CA	6.2	6.5	6.6			
Peso específico Bulk (g/cm ³)	2.4	2.4	2.3			
Vacios (%)	4.1	5.4	7.5	3	-	5
VMA (%)	14.3	13.0	17.4	12		
VFA (%)	74.1	68.5	64.6	65	-	75
Flujo 0.01 " (0.25 mm)	13.5	17.3	19.9	8	-	14
Estabilidad (Kg)	1357.0	1129.4	1018.3	850		

Fuente: Elaboración propia.

Comparativo entre mezcla asfáltica convencional (patrón) y mezcla asfáltica con biopolímero lignina

Comparativo de Peso específico Bulk ASTM D2726

En la siguiente tabla comparativa n.º 32, respecto al peso específico bulk, se puede apreciar los valores de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina (patrón) así como también los valores de las mezclas asfálticas con Lignina en 5%, 10% y 15%. Se resalta que la mezcla asfáltica con 5% es la que obtiene el mayor valor al respecto del peso específico, incluso mayor al obtenido por la mezcla asfáltica patrón.

Tabla 32. Comparativo de Peso específico

%CA	Peso específico Bulk (g/cm ³) Promedio			
	Patrón	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
4.5	2.341	2.375	2.312	2.296
5	2.356	2.379	2.326	2.312
5.5	2.369	2.390	2.356	2.324
6	2.382	2.411	2.363	2.331
6.5	2.388	2.422	2.386	2.336

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 38, se puede apreciar los valores del peso específico de los 4 grupos de mezcla asfáltica (1 grupo patrón sin lignina y 3 grupos con Lignina en 5%, 10% y 15 respectivamente). Se puede apreciar gráficamente que la curva

formada por los valores del diseño de mezcla asfáltica con 5% de Lignina es la que está más arriba que el resto, significando esto que es la que obtiene mayores valores de peso específico bulk en todas las sus briquetas comparándolas con el resto de grupos. Asimismo, se puede apreciar que la segunda curva más arriba es la formada por el grupo patrón (mezcla asfáltica convencional sin Lignina). Entonces se puede inferir que, adicionando 5% de lignina a la mezcla patrón aumenta el peso específico bulk, pero que adicionando mayores cantidades de Lignina en este caso 10% y 15% disminuye dicho valor de peso específico, incluso menor a la mezcla asfáltica patrón sin Lignina.

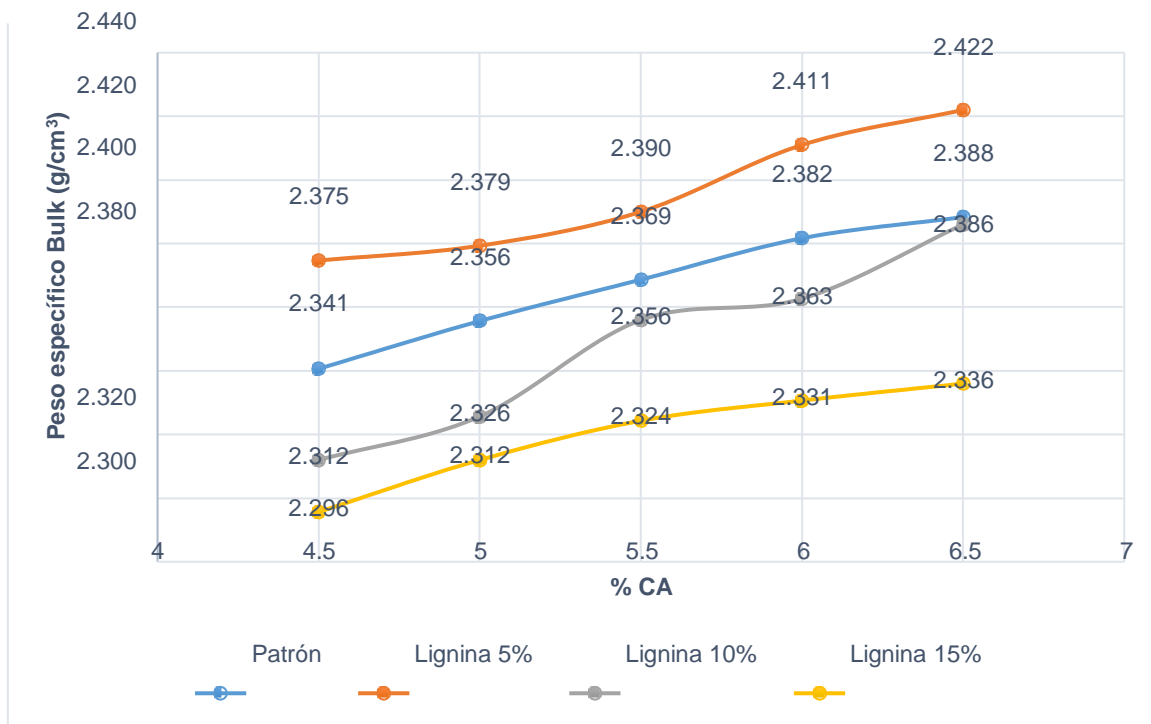


Figura 38. Curvas comparativas de Peso específico

Fuente: Elaboración propia

Comparativo de Peso específico teórico máximo ASTM D2041 (Rice)

En la siguiente tabla comparativa n.º 33, respecto al peso específico teórico máximo (rice), se puede apreciar los valores de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina (patrón) así como también los valores de las mezclas asfálticas con Lignina en 5%, 10% y 15%. Se resalta que la mezcla asfáltica con 15% es la que obtiene el mayor

valor al respecto del peso específico teórico máximo, incluso mayor al obtenido por la mezcla asfáltica patrón.

Tabla 33. *Comparativo de Peso específico teórico máximo*

%CA	Peso específico teórico máximo (g/cm ³)			
	Patrón	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
4.5	2.526	2.553	2.565	2.587
5	2.513	2.540	2.548	2.553
5.5	2.495	2.535	2.549	2.549
6	2.479	2.521	2.530	2.533
6.5	2.458	2.510	2.519	2.523

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 39, se puede apreciar los valores del peso específico teórico máximo de los 4 grupos de mezcla asfáltica (1 grupo patrón sin lignina y 3 grupos con Lignina en 5%, 10% y 15 respectivamente). Se puede apreciar gráficamente que la curva formada por los valores del diseño de mezcla asfáltica con 15% de Lignina es la que está más arriba que el resto, significando esto que es la que obtiene mayores valores de peso específico bulk en todas las sus briquetas comparándolas con el resto de grupos. Asimismo, se puede apreciar que, las curvas formadas por los grupos van de menor a mayor con respecto a la adición de Lignina, siendo el de menores valores el grupo patrón sin lignina y el de mayores valores el de 15% de Lignina. Siendo en este caso el aumento del peso específico teórico máximo directamente proporcional a la mayor adición de Lignina en la mezcla asfáltica.

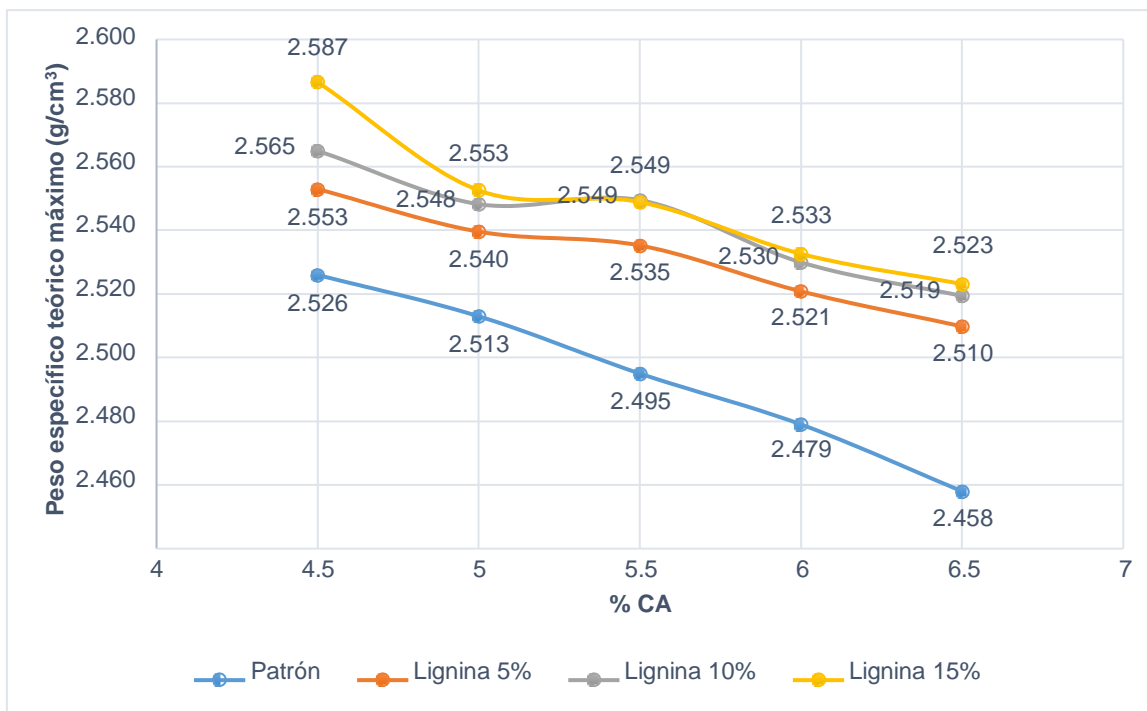


Figura 39. Curvas comparativas de Peso específico teórico máximo
Fuente: Elaboración propia

Comparativo de Porcentaje de vacíos

En la siguiente tabla comparativa n.º 34, con respecto a los porcentaje de vacíos, se puede apreciar los valores de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina (patrón) así como también los valores de las mezclas asfálticas con Lignina en 5%, 10% y 15%. Se resalta que la mezcla asfáltica patrón es la que obtiene el menor valor al respecto del porcentaje de vacíos.

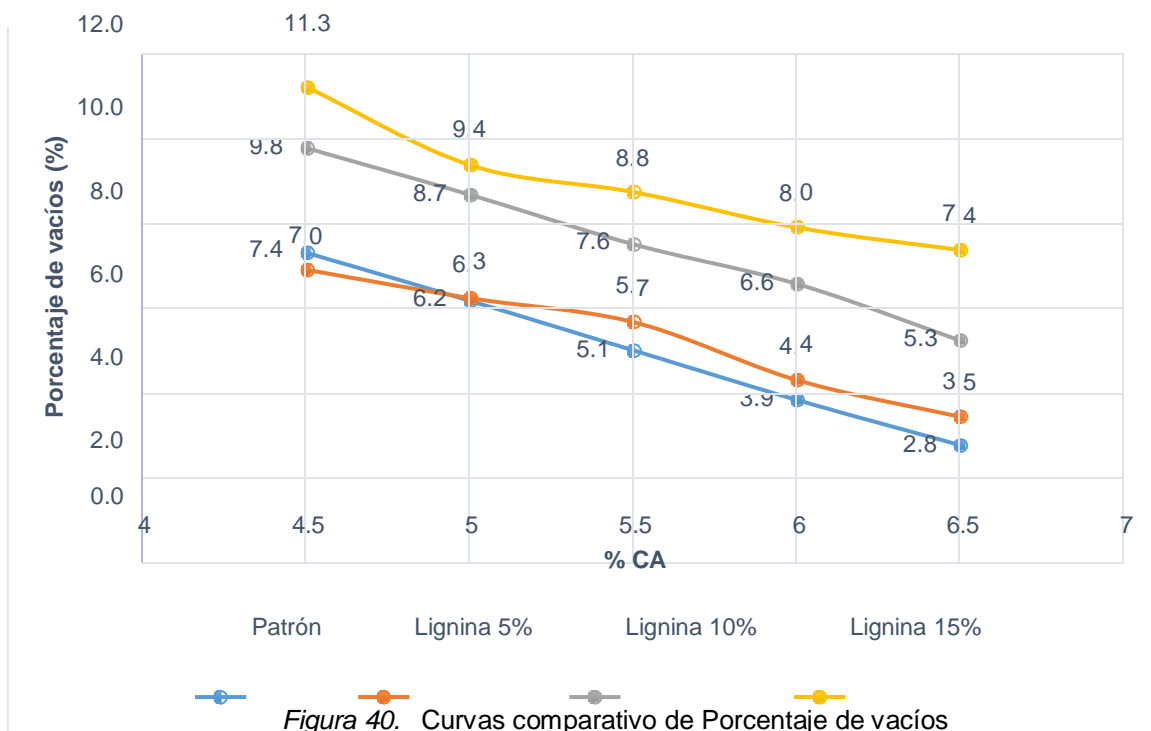
Tabla 34. Comparativo de Porcentaje de vacíos

%CA	Porcentaje de vacíos (%) Promedio			
	Patrón	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
4.5	7.4	7.0	9.8	11.3
5	6.2	6.3	8.7	9.4
5.5	5.1	5.7	7.6	8.8
6	3.9	4.4	6.6	8.0
6.5	2.8	3.5	5.3	7.4

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 40, se puede apreciar los valores del porcentaje de vacíos de los 4 grupos de mezcla asfáltica (1 grupo patrón sin lignina y 3 grupos con Lignina en 5%, 10% y 15 respectivamente). Se puede apreciar gráficamente que la

curva formada por los valores del diseño de mezcla asfáltica con 15% de Lignina es la que está más arriba que el resto, significando esto que es la que obtiene mayores valores de porcentaje de vacíos en todas las sus briquetas comparándolas con el resto de grupos. Asimismo, se puede apreciar que, las curvas formadas por los grupos van de menor a mayor con respecto a la adición de Lignina, siendo el de menores valores el grupo patrón sin lignina y el de mayores valores el de 15% de Lignina. Siendo en este caso el aumento del porcentaje de vacíos directamente proporcional a la mayor adición de Lignina en la mezcla asfáltica.



Fuente: Elaboración propia

Comparativo de Vacíos en el agregado mineral (VMA)

En la siguiente tabla comparativa n.º 35, se puede observar los porcentajes de vacíos en el agregado mineral, se puede apreciar los valores de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina (patrón) así como también los valores de las mezclas asfálticas con Lignina en 5%, 10% y 15%. Se resalta que la mezcla asfáltica con 5% de Lignina es la que obtiene el menor valor al respecto al VMA.

Tabla 35. Comparativo de Porcentaje Vacíos en el agregado mineral (VMA)

%CA	Vacíos en el agregado mineral VMA (%) Promedio			
	Patrón	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
4.5	15.37	14.13	16.40	16.97
5	15.27	14.40	16.37	16.83
5.5	15.27	14.50	15.67	16.83
6	15.23	14.20	15.93	17.07
6.5	15.43	14.30	15.53	17.30

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura 41, se puede apreciar los valores del porcentaje de vacíos en el agregado mineral de los 4 grupos de mezcla asfáltica (1 grupo patrón sin lignina y 3 grupos con Lignina en 5%, 10% y 15 respectivamente). Se puede apreciar gráficamente que la curva formada por los valores del diseño de mezcla asfáltica con 15% de Lignina es la que está más arriba que el resto, significando esto que es la que obtiene mayores valores de VMA en todas las sus briquetas comparándolas con el resto de grupos. Asimismo, se puede apreciar que, la curva formada por los valores que presentaron las briquetas de la mezcla asfáltica con 5% Lignina es la que presenta menores valores.

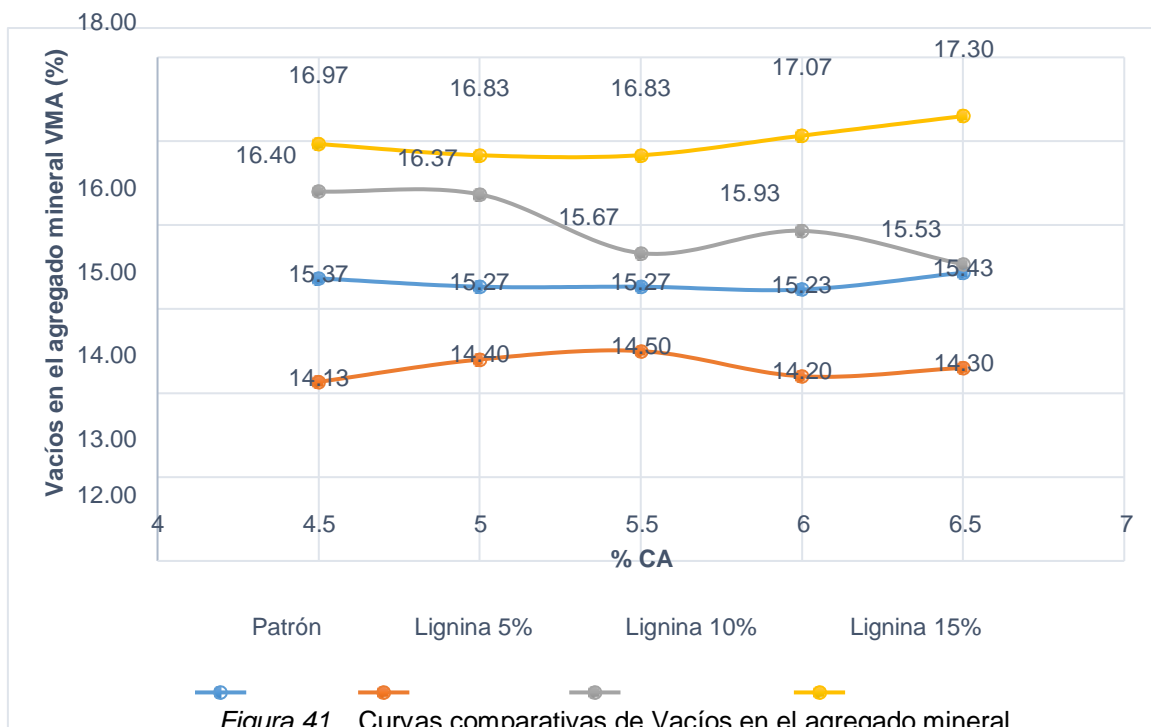


Figura 41. Curvas comparativas de Vacíos en el agregado mineral

Fuente: Elaboración propia

Comparativo de Vacíos llenos de asfalto (VFA)

En la siguiente tabla comparativa n.º 36, respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto, se puede apreciar los valores de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina (patrón) así como también los valores de las mezclas asfálticas con Lignina en 5%, 10% y 15%. Se resalta que la mezcla patrón sin Lignina es la que obtiene el mayor valor al respecto al VFA.

Tabla 36. Comparativo de Porcentaje Vacíos llenos de asfalto (VFA)

%CA	Vacíos llenos de asfalto VFA (%) Promedio			
	Patrón	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
4.5	52.0	50.7	40.0	33.6
5	58.9	56.3	46.6	43.9
5.5	66.8	60.5	51.7	47.7
6	74.4	69.2	58.4	53.3
6.5	81.6	75.5	65.9	57.0

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 42, se puede apreciar los valores del porcentaje de vacíos llenos de asfalto de los 4 grupos de mezcla asfáltica (1 grupo patrón sin lignina y 3 grupos con Lignina en 5%, 10% y 15 respectivamente). Se puede apreciar gráficamente que la curva formada por los valores del diseño de mezcla asfáltica con 15% de Lignina es la que está más abajo que el resto, significando esto que es la que obtiene menores valores de porcentaje de vacíos llenos de asfalto en todas las sus briquetas comparándolas con el resto de grupos. Asimismo, se puede apreciar que, las curvas formadas por los grupos van de mayor a menor con respecto a la adición de Lignina, siendo el de mayores valores el grupo patrón sin lignina y el de menores valores el de 15% de Lignina. Siendo en este caso el aumento del porcentaje de vacíos llenos de asfalto inversamente proporcional a la mayor adición de Lignina en la mezcla asfáltica.

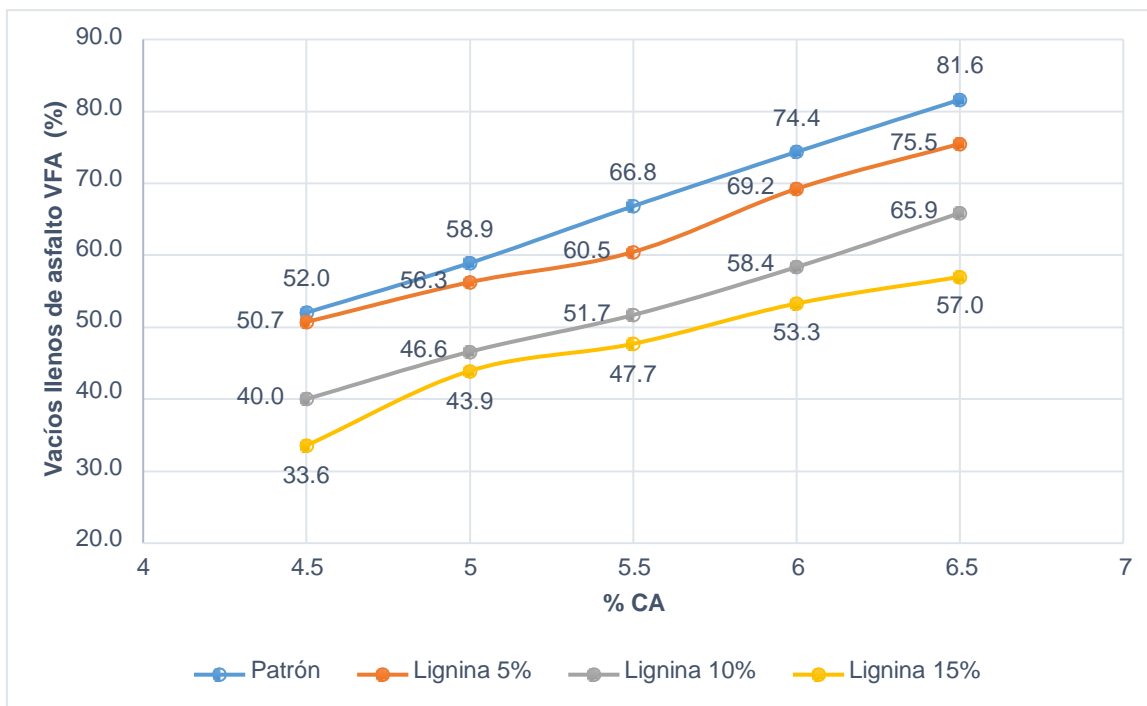


Figura 42. Curvas comparativas de Vacíos llenos de asfalto
Fuente: Elaboración propia

Comparativo de Estabilidad Marshall

En la siguiente tabla comparativa n.º 37 de la estabilidad Marshall, se puede apreciar los valores de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina (patrón) así como también los valores de las mezclas asfálticas con Lignina en 5%, 10% y 15%. Se resalta que la mezcla patrón es la que obtiene el mayor valor al respecto de la estabilidad Marshall con un valor pico de 1397 Kg, dicho valor muy cercano al máximo obtenido por el grupo con 5% de Lignina con un valor pico de 1382 Kg.

Tabla 37. Comparativo de Estabilidad Marshall

%CA	Estabilidad corregida (Kg) Promedio			
	Patrón	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
4.5	1234	1010	975	960
5	1306	1240	1098	1006
5.5	1329	1338	1202	1020
6	1397	1344	1226	1033
6.5	1176	1382	1210	1023

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 43, se puede apreciar los valores de la estabilidad Marshall de los 4 grupos de mezcla asfáltica (1 grupo patrón sin lignina y 3 grupos con Lignina en 5%, 10% y 15% respectivamente). Se puede apreciar gráficamente que la curva formada por los valores del diseño de mezcla asfáltica patrón obtiene el mayor valor pico de 1397 para luego descender abruptamente a un valor de 1176 Kg como se puede apreciar en la curva formada por dicho grupo. Asimismo, con un valor pico muy cercano se encuentra el grupo con 5% de Lignina, el cual llega a un valor máximo de 1382 Kg sin presentar aún algún descenso en la curva que forma.

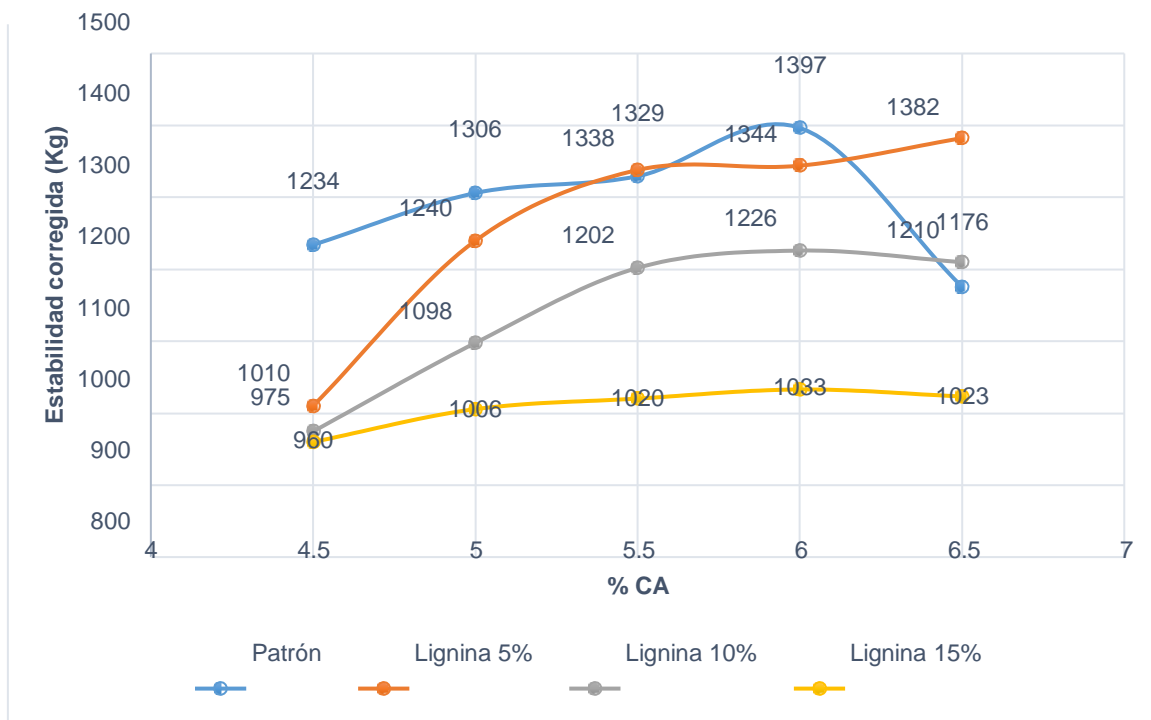


Figura 43. Curvas comparativas de Estabilidad Marshall
Fuente: Elaboración propia

Comparativo de Flujo Marshall

En la siguiente tabla comparativa n.º 38 del flujo Marshall, se puede apreciar los valores de la mezcla asfáltica convencional sin Lignina (patrón) así como también los valores de las mezclas asfálticas con Lignina en 5%, 10% y 15%. Se resalta que la mezcla con 5% de Lignina es la que obtiene el menor valor al respecto del flujo Marshall. Asimismo, el siguiente en contar con menor valor es el grupo patrón.

Tabla 38. Comparativo de Flujo Marshall

%CA	Flujo (0.01 pulgada) Promedio			
	Patrón	Lignina 5%	Lignina 10%	Lignina 15%
4.5	13	10	13	14
5	13	11	14	15
5.5	14	12	15	16
6	14	13	16	17
6.5	16	14	17	18

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 44, se puede apreciar los valores del flujo Marshall de los 4 grupos de mezcla asfáltica (1 grupo patrón sin lignina y 3 grupos con Lignina en 5%, 10% y 15 respectivamente). Se puede apreciar gráficamente que la curva formada por los valores del diseño de mezcla asfáltica con 15% de Lignina es la que está más arriba que el resto, significando esto que es la que obtiene mayores valores de flujo en todas las sus briquetas comparándolas con el resto de grupos. Asimismo, se puede apreciar que, la curva de la mezcla con 5% de Lignina es la que obtiene el menor valor al respecto del flujo Marshall. Además, la siguiente curva con menores valores de flujo es la formada por grupo patrón.

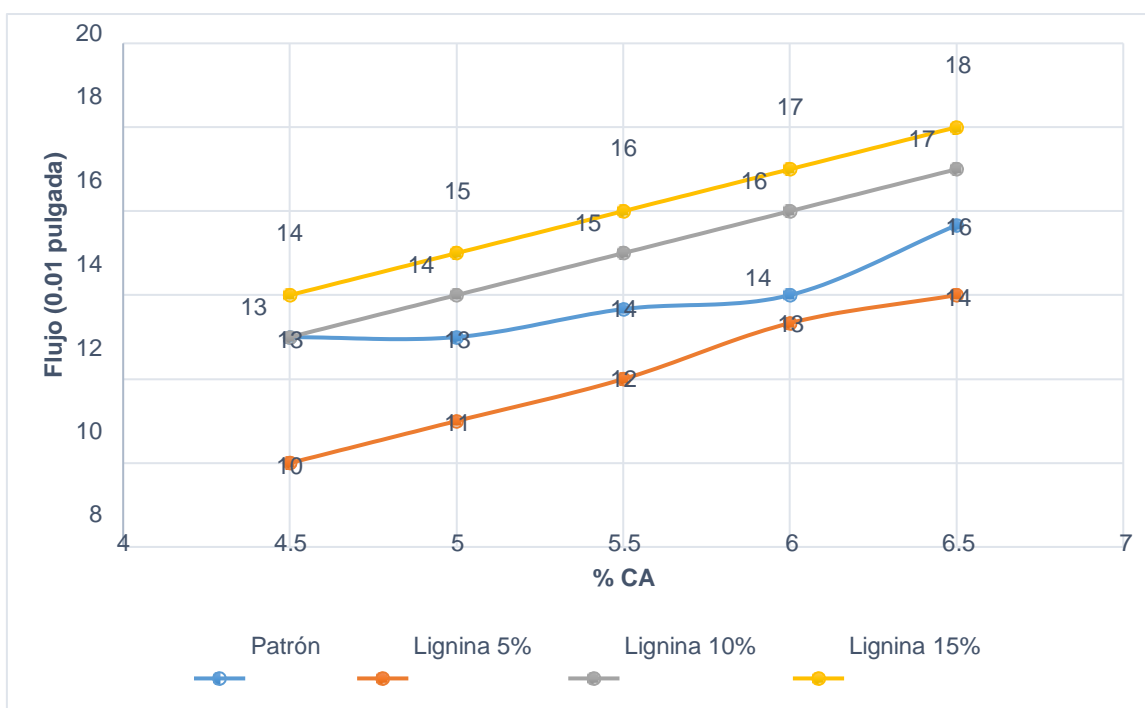


Figura 44. Curvas comparativas de Flujo Marshall

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de cántabro resistencia al desgaste

El ensayo de cántabro se realizó para conocer la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica patrón sin Lignina, y la mezcla asfáltica con 5% de Lignina que es la que mejor comportamiento obtuvo con respecto a los porcentajes de Lignina utilizados.

El ensayo de cántabro consiste en pesar la briqueta, luego de ello se coloca la briqueta en la máquina de los ángeles, sin las esferas, paso siguiente, se hace girar 300 vueltas como indica la norma. Posterior a ello se pesa la briqueta después de ensayarla en la máquina de los ángeles, para así obtener el porcentaje de desgaste que ha sufrido la briqueta.

En la siguiente figura n.º 45, se puede apreciar la briqueta después de ensayada en la máquina de los ángeles, cabe resaltar que visualmente se puede apreciar que la briqueta pierde el color característico que tiene al inicio.



Figura 45. Briqueta después del ensayo de Cántabro

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla n.º 39, se aprecia los valores obtenidos del ensayo de cántabro, de la mezcla asfáltica patrón sin Lignina, se realizó el promedio de 4 briquetas ensayadas como indica la norma, se obtuvo un valor promedio de 7.2% de desgaste.

Tabla 39. *Valores del ensayo de Cántabro mezcla asfáltica patrón sin Lignina*

Patrón				
ÓPTIMO %CA	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Desgaste (%)	Promedio Desgaste (%)
5.8	1089	1024	6	7.2
	1099	1029	6.4	
	1093	1000	8.5	
	1095	1008	7.9	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla n.º 40, se aprecia los valores obtenidos del ensayo de cántabro, de la mezcla asfáltica con 5% de Lignina, se realizó el promedio de 4 briquetas ensayadas como indica la norma, se obtuvo un valor promedio de 5.5% de desgaste.

Tabla 40. *Valores del ensayo de Cántabro mezcla asfáltica con 5% de Lignina*

Lignina 5%				
ÓPTIMO %CA	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Desgaste (%)	Promedio Desgaste (%)
6.2	1093	1032	5.6	5.5
	1088	1033	5.1	
	1092	1032	5.5	
	1091	1029	5.7	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura n.º 46, se puede apreciar la barra de columnas, con los valores que se obtuvo de la prueba de cántabro realizada a las briquetas del grupo patrón sin Lignina, y a las briquetas del grupo de mezcla asfáltica con 5% de Lignina. Asimismo, resaltar que con la adición del biopolímero de Lignina en 5% se disminuye el porcentaje de desgaste de 7.2 % hasta 5.5%. Por lo tanto, se infiere que la mezcla asfáltica con 5% Lignina, al tener menor desgaste, entonces tendrá una mayor vida útil, ya que la disgregación es menor que la de una mezcla asfáltica convencional sin la adición de Lignina.

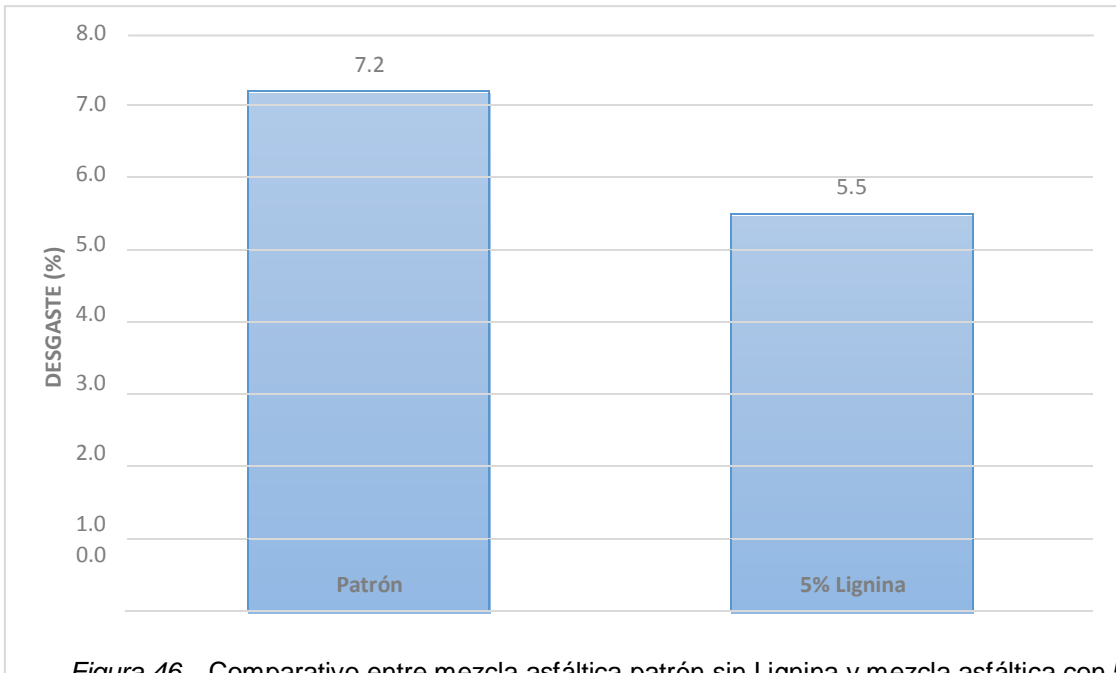


Figura 46. Comparativo entre mezcla asfáltica patrón sin Lignina y mezcla asfáltica con 5% de Lignina

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico del peso específico bulk de los diseños de mezcla asfáltica sin lignina y con lignina.

Para realizar la prueba estadística, se tiene que primer analizar si los datos de la muestra tienen distribución normal. En este caso se realiza con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, puesto que la cantidad de datos de la muestra supera los 50, siendo 60 datos los pertenecientes en la presente muestra.

Ho: Los datos de muestra respecto al peso específico bulk presentan distribución normal.

H1: Los datos de muestra respecto al peso específico bulk no presentan distribución normal.

Tabla 41. Pruebas de normalidad respecto al peso específico bulk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PESO ESPECÍFICO BULK	0.081	60	,200 [*]	0.967	60	0.103
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

Como se puede apreciar en la tabla anterior n.º 41, el valor de Sig es de 0.200 siendo este valor mayor a 0.05, lo que significa que se acepta la hipótesis nula, siendo entonces que los datos de la muestra respecto al específico bulk si presentan distribución normal, por ende, se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA.

Ho: No existe diferencia significativa entre los diseños respecto al peso específico bulk.

H1: Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al peso específico bulk.

Tabla 42. ANOVA respecto al peso específico bulk

ANOVA					
PESO ESPECÍFICO BULK					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.046	3	0.015	36.437	0.000
Dentro de grupos	0.023	56	0.000		
Total	0.069	59			

Fuente: SPSS

Al respecto de la tabla anterior n.º 42, se aprecia que el valor de Sig es de 0.000, lo que significa que se acepta la hipótesis del investigador, que indica que, Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al peso específico bulk.

Asimismo, para conocer a detalle cual de los diseños es el que presenta mayor diferencia significativa con respecto a los otros diseños se realiza las comparaciones múltiples. Pero antes se realiza el análisis para conocer si las varianzas son iguales o diferentes, y así poder definir el método a utilizar en el análisis de comparaciones múltiples.

Ho: Las varianzas son iguales entre los diseños respecto al peso específico bulk.

H1: Las varianzas son no son iguales entre los diseños respecto al peso específico bulk.

Tabla 43. Igualdad de varianzas respecto al peso específico bulk

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PESO ESPECÍFICO BULK	Se basa en la media	3.924	3	56	0.013
	Se basa en la mediana	2.033	3	56	0.120
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2.033	3	43.662	0.123
	Se basa en la media recortada	3.921	3	56	0.013

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 43, en la fila que se basa en la media, se puede apreciar el valor de Sig de 0.013, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, tomando en consideración entonces que, las varianzas son no son iguales entre los diseños respecto al peso específico bulk. Por ende, se utiliza el método T3 Dunnett para cuando las varianzas no son iguales para poder hallas las comparaciones múltiples.

Tabla 44. Comparaciones múltiples respecto al peso específico bulk

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: PESO ESPECÍFICO BULK						
T3 Dunnett						
(I) DISEÑOS		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	LIGNINA 5%	-,028400*	0.006740	0.001	-0.04740	-0.00940
	LIGNINA 10%	0.018533	0.008480	0.201	-0.00563	0.04270
	LIGNINA 15%	,047267*	0.006058	0.000	0.03016	0.06437
LIGNINA 5%	PATRÓN	,028400*	0.006740	0.001	0.00940	0.04740
	LIGNINA 10%	,046933*	0.008622	0.000	0.02242	0.07144
	LIGNINA 15%	,075667*	0.006256	0.000	0.05798	0.09336
LIGNINA 10%	PATRÓN	-0.018533	0.008480	0.201	-0.04270	0.00563
	LIGNINA 5%	-,046933*	0.008622	0.000	-0.07144	-0.02242
	LIGNINA 15%	,028733*	0.008100	0.011	0.00545	0.05202
LIGNINA 15%	PATRÓN	-,047267*	0.006058	0.000	-0.06437	-0.03016
	LIGNINA 5%	-,075667*	0.006256	0.000	-0.09336	-0.05798
	LIGNINA 10%	-,028733*	0.008100	0.011	-0.05202	-0.00545

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 44 se puede apreciar que, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 5% entrega un valor de Sig de 0.001, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al peso específico bulk. Asimismo, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 15% entrega un valor de Sig de 0.000, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al peso específico bulk. Sin embargo, en la comparación entre el diseño Patrón y el diseño con lignina 10% entrega un valor de Sig de 0.201, indicando ello que, no existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al peso específico bulk.

Análisis estadístico del porcentaje de vacíos de los diseños de mezcla asfáltica sin lignina y con lignina

Para realizar la prueba estadística, se tiene que primer analizar si los datos de la muestra tienen distribución normal. En este caso se realiza con la prueba de

Kolmogorov-Smirnov, puesto que la cantidad de datos de la muestra supera los 50, siendo 60 datos los pertenecientes en la presente muestra.

Ho: Los datos de muestra respecto al porcentaje de vacíos presentan distribución normal.

H1: Los datos de muestra respecto al porcentaje de vacíos no presentan distribución normal.

Tabla 45. Pruebas de normalidad respecto al porcentaje de vacíos

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PORCENTAJE DE VACÍOS	0.059	60	,200 [*]	0.979	60	0.395
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

Como se puede apreciar en la tabla anterior n.º 45, el valor de Sig es de 0.200 siendo este valor mayor a 0.05, lo que significa que se acepta la hipótesis nula, siendo entonces que los datos de la muestra respecto al porcentaje de vacíos si presentan distribución normal, por ende, se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA.

Ho: No existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos.

H1: Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos.

Tabla 46. ANOVA respecto al porcentaje de vacíos

ANOVA					
PORCENTAJE DE VACÍOS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	156.027	3	52.009	22.837	0.000
Dentro de grupos	127.535	56	2.277		
Total	283.562	59			

Fuente: SPSS

Al respecto de la tabla anterior n.º 46, se aprecia que el valor de Sig es de 0.000, lo que significa que se acepta la hipótesis del investigador, que indica que, Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos.

Asimismo, para conocer a detalle cual de los diseños es el que presenta mayor diferencia significativa con respecto a los otros diseños se realiza las comparaciones múltiples. Pero antes se realiza el análisis para conocer si las varianzas son iguales o diferentes, y así poder definir el método a utilizar en el análisis de comparaciones múltiples.

Ho: Las varianzas son iguales entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos.

H1: Las varianzas son no son iguales entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos.

Tabla 47. Igualdad de varianzas respecto al porcentaje de vacíos

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PORCENTAJE DE VACÍOS	Se basa en la media	0.472	3	56	0.703
	Se basa en la mediana	0.552	3	56	0.649
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.552	3	55.341	0.649
	Se basa en la media recortada	0.493	3	56	0.688

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 47, en la fila que se basa en la media, se puede apreciar el valor de Sig de 0.703, lo cual indica que se acepta la hipótesis nula, tomando en consideración entonces que, las varianzas son iguales entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos. Por ende, se utiliza el método Tukey para cuando las varianzas son iguales para poder hallas las comparaciones múltiples.

Tabla 48. Comparaciones múltiples respecto al porcentaje de vacíos

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: PORCENTAJE DE VACÍOS						
HSD Tukey						
(I) DISEÑOS		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	LIGNINA 5%	-0.2933	0.5510	0.951	-1.752	1.166
	LIGNINA 10%	-2,5333*	0.5510	0.000	-3.992	-1.074
	LIGNINA 15%	-3,9000*	0.5510	0.000	-5.359	-2.441
LIGNINA 5%	PATRÓN	0.2933	0.5510	0.951	-1.166	1.752
	LIGNINA 10%	-2,2400*	0.5510	0.001	-3.699	-0.781
	LIGNINA 15%	-3,6067*	0.5510	0.000	-5.066	-2.148
LIGNINA 10%	PATRÓN	2,5333*	0.5510	0.000	1.074	3.992
	LIGNINA 5%	2,2400*	0.5510	0.001	0.781	3.699
	LIGNINA 15%	-1.3667	0.5510	0.074	-2.826	0.092
LIGNINA 15%	PATRÓN	3,9000*	0.5510	0.000	2.441	5.359
	LIGNINA 5%	3,6067*	0.5510	0.000	2.148	5.066
	LIGNINA 10%	1.3667	0.5510	0.074	-0.092	2.826

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 48 se puede apreciar que, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 15% entrega un valor de Sig de 0.000, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos. Asimismo, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 10% entrega un valor de Sig de 0.000, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos. Sin embargo, en la comparación entre el diseño Patrón y el diseño con lignina 5% entrega un valor de Sig de 0.951, indicando ello que, no existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos.

Análisis estadístico del porcentaje de vacíos en el agregado mineral de los diseños de mezcla asfáltica sin lignina y con lignina

Para realizar la prueba estadística, se tiene que primer analizar si los datos de la muestra tienen distribución normal. En este caso se realiza con la prueba de

Kolmogorov-Smirnov, puesto que la cantidad de datos de la muestra supera los 50, siendo 60 datos los pertenecientes en la presente muestra.

Ho: Los datos de muestra respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral presentan distribución normal.

H1: Los datos de muestra respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral no presentan distribución normal.

Tabla 49. Pruebas de normalidad respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (%)	0.122	60	0.027	0.927	60	0.001
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

Como se puede apreciar en la tabla anterior n.º49, el valor de Sig es de 0.027 siendo este valor menor a 0.05, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, siendo entonces que los datos de la muestra respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral no presentan distribución normal, por ende, no se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Ho: No existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral.

H1: Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral.

Tabla 50. *Kruskal-Wallis* respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (%) es la misma entre categorías de DISEÑOS.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.000	Rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Fuente: SPSS

Al respecto de la tabla anterior n.º 50, se aprecia que el valor de Sig es de 0.000, lo que significa que se acepta la hipótesis del investigador, que indica que, Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral.

Asimismo, para conocer con mayor detalle la diferencia entre grupos se realiza la comparación por parejas de diseño.

Tabla 51. *Comparaciones* respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral

Comparaciones por parejas de DISEÑOS					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada^a
LIGNINA 5%-PATRÓN	15.067	6.365	2.367	0.018	0.108
LIGNINA 5%-LIGNINA 10%	-29.933	6.365	-4.703	0.000	0.000
LIGNINA 5%-LIGNINA 15%	-45.000	6.365	-7.070	0.000	0.000
PATRÓN-LIGNINA 10%	-14.867	6.365	-2.336	0.020	0.117
PATRÓN-LIGNINA 15%	-29.933	6.365	-4.703	0.000	0.000
LIGNINA 10%-LIGNINA 15%	-15.067	6.365	-2.367	0.018	0.108
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.					
a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.					

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 51 se puede apreciar que, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 5% entrega un valor de Sig de 0.018, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral. Asimismo, la comparación entre el diseño Patrón y

diseño con lignina 10% entrega un valor de Sig de 0.02, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral. Además, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 15% entrega un valor de Sig de 0.000, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos en el agregado mineral.

Análisis estadístico del porcentaje de vacíos llenos de asfalto de los diseños de mezcla asfáltica sin lignina y con lignina

Para realizar la prueba estadística, se tiene que primer analizar si los datos de la muestra tienen distribución normal. En este caso se realiza con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, puesto que la cantidad de datos de la muestra supera los 50, siendo 60 datos los pertenecientes en la presente muestra.

Ho: Los datos de muestra respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto presentan distribución normal.

H1: Los datos de muestra respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto no presentan distribución normal.

Tabla 52. Pruebas de normalidad respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%)	0.087	60	,200 [*]	0.976	60	0.275
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

Como se puede apreciar en la tabla anterior n.º 52, el valor de Sig es de 0.200 siendo este valor mayor a 0.05, lo que significa que se acepta la hipótesis nula, siendo entonces que los datos de la muestra respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto si presentan distribución normal, por ende, se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA.

Ho: No existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

H1: Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

Tabla 53. ANOVA respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto

ANOVA					
VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3642.390	3	1214.130	13.425	0.000
Dentro de grupos	5064.589	56	90.439		
Total	8706.979	59			

Fuente: SPSS

Al respecto de la tabla anterior n.º 53, se aprecia que el valor de Sig es de 0.000, lo que significa que se acepta la hipótesis del investigador, que indica que, Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

Asimismo, para conocer a detalle cual de los diseños es el que presenta mayor diferencia significativa con respecto a los otros diseños se realiza las comparaciones múltiples. Pero antes se realiza el análisis para conocer si las varianzas son iguales o diferentes, y así poder definir el método a utilizar en el análisis de comparaciones múltiples.

Ho: Las varianzas son iguales entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

H1: Las varianzas son no son iguales entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

Tabla 54. Igualdad de varianzas respecto a los vacíos llenos de asfalto

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
VACIOS LLENOS DE ASFALTO (%)	Se basa en la media	0.589	3	56	0.625
	Se basa en la mediana	0.551	3	56	0.650
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.551	3	55.453	0.650
	Se basa en la media recortada	0.602	3	56	0.616

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 54, en la fila que se basa en la media, se puede apreciar el valor de Sig de 0.625, lo cual indica que se acepta la hipótesis nula, tomando en consideración entonces que, las varianzas son iguales entre los diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto. Por ende, se utiliza el método Tukey para cuando las varianzas son iguales para poder hallar las comparaciones múltiples.

Tabla 55. Comparaciones múltiples respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%)						
HSD Tukey						
(I) DISEÑOS		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	LIGNINA 5%	4.3200	3.4725	0.602	-4.875	13.515
	LIGNINA 10%	14,2467*	3.4725	0.001	5.052	23.442
	LIGNINA 15%	19,6600*	3.4725	0.000	10.465	28.855
LIGNINA 5%	PATRÓN	-4.3200	3.4725	0.602	-13.515	4.875
	LIGNINA 10%	9,9267*	3.4725	0.030	0.732	19.122
	LIGNINA 15%	15,3400*	3.4725	0.000	6.145	24.535
LIGNINA 10%	PATRÓN	-14,2467*	3.4725	0.001	-23.442	-5.052
	LIGNINA 5%	-9,9267*	3.4725	0.030	-19.122	-0.732
	LIGNINA 15%	5.4133	3.4725	0.410	-3.782	14.608
LIGNINA 15%	PATRÓN	-19,6600*	3.4725	0.000	-28.855	-10.465
	LIGNINA 5%	-15,3400*	3.4725	0.000	-24.535	-6.145
	LIGNINA 10%	-5.4133	3.4725	0.410	-14.608	3.782

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 55 se puede apreciar que, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 15% entrega un valor de Sig de 0.000, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto. Asimismo, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 10% entrega un valor de Sig de 0.001, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto. Sin embargo, en la comparación entre el diseño Patrón y el diseño con lignina 5% entrega un valor de Sig de 0.602, indicando ello que, no existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

Análisis estadístico de la estabilidad Marshall de los diseños de mezcla asfáltica sin lignina y con lignina

Para realizar la prueba estadística, se tiene que primer analizar si los datos de la muestra tienen distribución normal. En este caso se realiza con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, puesto que la cantidad de datos de la muestra supera los 50, siendo 60 datos los pertenecientes en la presente muestra.

Ho: Los datos de muestra respecto a la estabilidad Marshall presentan distribución normal.

H1: Los datos de muestra respecto a la estabilidad Marshall no presentan distribución normal.

Tabla 56. *Pruebas de normalidad respecto a la estabilidad Marshall*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ESTABILIDAD MARSHALL	0.183	60	0.000	0.907	60	0.000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

Como se puede apreciar en la tabla anterior n.º 56, el valor de Sig es de 0.000 siendo este valor menor a 0.05, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, siendo entonces que los datos de la muestra respecto a la estabilidad Marshall no presentan distribución normal, por ende, no se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Ho: No existe diferencia significativa entre los diseños respecto a la estabilidad Marshall.

H1: Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto a la estabilidad Marshall.

Tabla 57. Kruskal-Wallis respecto a la estabilidad Marshall

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de ESTABILIDAD MARSHALL es la misma entre categorías de DISEÑOS.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.000	Rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Fuente: SPSS

Al respecto de la tabla anterior n.º 57, se aprecia que el valor de Sig es de 0.000, lo que significa que se acepta la hipótesis del investigador, que indica que, Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto a la estabilidad Marshall.

Asimismo, para conocer con mayor detalle la diferencia entre grupos se realiza la comparación por parejas de diseño.

Tabla 58. Comparaciones respecto a la estabilidad Marshall

Comparaciones por parejas de DISEÑOS					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada^a
LIGNINA 15%-LIGNINA 10%	12.867	6.377	2.018	0.044	0.262
LIGNINA 15%-LIGNINA 5%	29.867	6.377	4.684	0.000	0.000
LIGNINA 15%-PATRÓN	31.000	6.377	4.861	0.000	0.000
LIGNINA 10%-LIGNINA 5%	17.000	6.377	2.666	0.008	0.046
LIGNINA 10%-PATRÓN	18.133	6.377	2.844	0.004	0.027
LIGNINA 5%-PATRÓN	1.133	6.377	0.178	0.859	1.000
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.					
a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.					

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 58 se puede apreciar que, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 15% entrega un valor de Sig de 0.044, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto a la estabilidad Marshall. Asimismo, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 10% entrega un valor de Sig de 0.004, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto a la estabilidad Marshall. Sin embargo, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 5% entrega un valor de Sig

de 0.178, indicando ello que, no existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto a la estabilidad Marshall.

Análisis estadístico del flujo Marshall de los diseños de mezcla asfáltica sin lignina y con lignina

Para realizar la prueba estadística, se tiene que primer analizar si los datos de la muestra tienen distribución normal. En este caso se realiza con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, puesto que la cantidad de datos de la muestra supera los 50, siendo 60 datos los pertenecientes en la presente muestra.

Ho: Los datos de muestra respecto al flujo Marshall presentan distribución normal.

H1: Los datos de muestra respecto al flujo Marshall no presentan distribución normal.

Tabla 59. Pruebas de normalidad respecto al flujo Marshall

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLUJO MARSHALL	0.146	60	0.003	0.959	60	0.042
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

Como se puede apreciar en la tabla anterior n.º59, el valor de Sig es de 0.003 siendo este valor menor a 0.05, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, siendo entonces que los datos de la muestra respecto al flujo Marshall no presentan distribución normal, por ende, no se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Ho: No existe diferencia significativa entre los diseños respecto al flujo Marshall.

H1: Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al flujo Marshall.

Tabla 60. *Kruskal-Wallis respecto al flujo Marshall*

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de FLUJO MARSHALL es la misma entre categorías de DISEÑOS.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.000	Rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Fuente: SPSS

Al respecto de la tabla anterior n.º 60, se aprecia que el valor de Sig es de 0.000, lo que significa que se acepta la hipótesis del investigador, que indica que, Si existe diferencia significativa entre los diseños respecto al flujo Marshall.

Asimismo, para conocer con mayor detalle la diferencia entre grupos se realiza la comparación por parejas de diseño.

Tabla 61. *Comparaciones respecto al flujo Marshall*

Comparaciones por parejas de DISEÑOS					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada^a
LIGNINA 5%-PATRÓN	13.100	6.284	2.084	0.037	0.223
LIGNINA 5%-LIGNINA 10%	-24.500	6.284	-3.898	0.000	0.001
LIGNINA 5%-LIGNINA 15%	-33.200	6.284	-5.283	0.000	0.000
PATRÓN-LIGNINA 10%	-11.400	6.284	-1.814	0.070	0.418
PATRÓN-LIGNINA 15%	-20.100	6.284	-3.198	0.001	0.008
LIGNINA 10%-LIGNINA 15%	-8.700	6.284	-1.384	0.166	0.997
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.					
a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.					

Fuente: SPSS

En la tabla anterior n.º 61 se puede apreciar que, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 5% entrega un valor de Sig de 0.037, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al flujo Marshall. Asimismo, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 15% entrega un valor de Sig de 0.001, indicando ello que, si existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al flujo Marshall. Sin embargo, la comparación entre el diseño Patrón y diseño con lignina 10% entrega un valor de Sig de 0.07, indicando

ello que, no existe diferencia significativa entre dichos diseños respecto al flujo Marshall.

.

V. DISCUSIÓN

Al respecto de realizar los diseños de las mezclas asfálticas modificadas en caliente para establecer la proporción óptima de asfalto modificado con distintas proporciones de biopolímero lignina.

RODRIGUEZ, D[et al.] (2016), en su investigación, Evaluation of the aging effect of 80-100 asphalt cement modified with lignin, encontró que, el porcentaje óptimo que mejora de manera substancial las propiedades físicas son de 15% de lignina, la cual hay una mejora sustancial en la rigidez.

No obstante, no se comparte con los resultados obtenidos por RODRIGUEZ, D[et al.] (2016), puesto que, en la presente tesis el porcentaje óptimo de asfalto con adición de biopolímero de lignina fue de 5%. Asimismo, con la adición de lignina en 10% y 15% las cualidades de la mezcla asfáltica sufrían una disminución de sus cualidades y no se llegaba a cumplir con los parámetros que exige el MTC a través de las EG-2013.

Al respecto de la variación de la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente incorporado con biopolímero lignina.

DOS SANTOS, Fllávio [et al.] (2016), en la revista científica, Estudio das propriedades químicas do ligante asfáltico cap 50/70 modificado por adición de lignina proveniente del eucalipto, cuyo objetivo en la investigación fue: Aumentar la resistencia a las deformaciones permanentes, como las grietas causadas por la fatiga o las variaciones térmicas. Se realizaron distintos especímenes de mezcla asfáltica con polímero de eucalipto, la cual el porcentaje que mejor comportamiento tiene es cuando se agrega 6 %, ya que previene la oxidación del ligante asfáltico modificado

Asimismo, se comparte con los resultados hallados en el proyecto de investigación de DOS SANTOS, Fllávio [et al.] (2016), puesto que, en la presente tesis se obtuvo un valor de desgaste de 7.2% en la mezcla patrón sin Lignina, y un valor de desgaste de 5.5% en la mezcla asfáltica con 5% de Lignina, siendo la variación de la resistencia al desgaste de 1.7%, siendo la adición de 5% de lignina la que mejor comportamiento obtuvo.

VI. CONCLUSIONES

Se analizó la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero lignina, llegando a la conclusión que, adicionando el 5% de Lignina a la mezcla asfáltica mejora la vida útil de la misma, puesto que, el desgaste promedio obtenido es de 1.7% menos con respecto a la mezcla patrón sin Lignina.

Se realizó el diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional para establecer la proporción óptima de asfalto sin modificar, llegando a la conclusión que, con el 5.8% de cemento asfáltico cumple con todas las exigencias requeridas por el MTC a través de las EG-2013, puesto que, se obtuvo un porcentaje de vacíos de 4.4% que está dentro los límites 3% y 5% que indica la norma, asimismo, se obtuvo un porcentaje de vacíos del agregado mineral de 15.3% que es mayor al valor mínimo 12% que indica la norma, también con un porcentaje de vacíos llenos de asfalto de 71.1% que se encuentra dentro de los límites 65% y 75% que señala la norma, además, con un valor de flujo de 13.9 centésimas de pulgada que se encuentra dentro de los límites 8 y 14 que indica la norma, así como también con valor de estabilidad de 1383.2 Kg que es mayor al valor mínimo 850 Kg que señala la norma, siendo dicho valor el óptimo contenido de asfalto en el diseño de mezcla asfáltica en caliente sin modificar.

Se realizó los diseños de las mezclas asfálticas modificadas en caliente para establecer la proporción óptima de asfalto modificado con distintas proporciones 5%, 10% y 15% de biopolímero lignina, llegando a la conclusión que, la mezcla asfáltica con 5% de Lignina y con 6.2% de cemento asfáltico es la única que cumple con los requisitos que exige el MTC a través de las EG-2013, puesto que, se obtuvo un porcentaje de vacíos de 4.1% que está dentro los límites 3% y 5% que indica la norma, asimismo, se obtuvo un porcentaje de vacíos del agregado mineral de 14.3% que es mayor al valor mínimo 12% que indica la norma, también con un porcentaje de vacíos llenos de asfalto de 74.1% que se encuentra dentro de los límites 65% y 75% que señala la norma, además, con un valor de flujo de 13.5 centésimas de pulgada que se encuentra dentro de los límites 8 y 14 que indica la

norma, así como también con valor de estabilidad de 1357 Kg que es mayor al valor mínimo 850 Kg que señala la norma.

Se analizó la variación de la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente incorporado con biopolímero lignina, llegando a la conclusión que, se obtuvo un valor de desgaste de 7.2% en la mezcla patrón sin Lignina, y un valor de desgaste de 5.5% en la mezcla asfáltica con 5% de Lignina, siendo la variación de la resistencia al desgaste de 1.7%.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda experimentar con menores porcentajes a los ya utilizados en la presente tesis, para poder obtener así un rango de datos muchos más amplios al respecto del porcentaje óptimo de contenido de lignina en la mezcla asfáltica, puesto que en la presente tesis a menor contenido de Lignina se obtuvo mejores resultados.

Se aconseja experimentar con Lignina de otra procedencia, para ver si existen cambios significativos a los resultados hallados en la presente tesis que se utilizó Lignina procedente del bagazo de la caña de azúcar.

Se recomienda reciclar la lignina de otros productos naturales, para poder analizado en laboratorio y ver que buenas mejoras pueden tener al ser incorporado con las mezclas asfálticas.

ANEXOS

ANEXO 1
Evaluación de experto

EVALUACION DE EXPERTOS

TITULO DE TESIS:	Análisis de la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero lignina, Lima-2020
APELLIDOS Y NOMBRES DEL INVESTIGADOR	Orosco Cajas, Gian Carlos Flores Romero, Roddy Ronald
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO	<i>Palacios Hidalgo, José Nicanol</i>

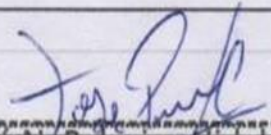
Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos de la tesis para su revisión y sugerencias.

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	SI
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de investigación?	SI
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con las variables?	SI
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitan el logro de los objetivos?	SI
5. ¿Los instrumentos de recolección de datos presentan la cantidad de ítem apropiados?	SI
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	SI
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilita el análisis y procesamiento?	SI
8. Del instrumento de recolección de datos ¿Usted eliminaría algún ítem?	NO
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	NO
10. ¿En el instrumento de recolección de datos será accesible la población del estudio?	SI
11. ¿La recolección de datos del instrumento de recolección de datos es clara y preciso?	SI

SUGERENCIAS:

Ninguna.

ATENTAMENTE



 José N. Palacios Hidalgo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N°226131

ANEXO 2
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Hipótesis	Objetivos	Variables e Indicadores		Metodología				
<p>Problema general: ¿Mejorará la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar el biopolímero lignina?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál será la proporción óptima de asfalto sin modificar en el Diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional de forma que cumplan los parámetros recomendados por el MTC?</p> <p>¿Cuál será la proporción óptima de asfalto modificado con biopolímeros lignina en los Diseños de las mezclas asfálticas modificadas en caliente de forma que cumplan los parámetros recomendados por el MTC?</p> <p>¿Mejorará la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar el biopolímero lignina?</p>	<p>Hipótesis general: La incorporación de biopolímero lignina mejora la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>La proporción óptima de asfalto sin modificar es de 6% en la mezcla asfáltica en caliente convencional.</p> <p>La proporción óptima de asfalto modificado es de 5.5% en las mezclas asfálticas modificadas en caliente utilizando 5% de biopolímero lignina.</p> <p>La resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente mejora al incorporar el biopolímero lignina.</p>	<p>Objetivo general: Analizar la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero lignina.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Realizar el diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional para establecer la proporción óptima de asfalto sin modificar.</p> <p>Realizar los diseños de las mezclas asfálticas modificadas en caliente para establecer la proporción óptima de asfalto modificado con distintas proporciones de biopolímero lignina.</p> <p>Analizar la variación de la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica en caliente incorporado con biopolímero lignina.</p>	V. Dependiente. Vida útil de la mezcla asfáltica en caliente		<p>Diseño de investigación: Cuasi-Experimental</p> <p>Nivel de investigación: Descriptiva</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Enfoque Cuantitativo</p>				
			DIMENSIONES	INDICADORES					
			Marshall	Estabilidad Flujo					
			Desgaste	Disgregación (%)					
			V. Independiente Biopolímero Lignina						
			Proporción	(5%,10%,15% en relación al peso del asfalto)					

ANEXO 3

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMNESIONES	INDICADORES	ESCALA, DE MEDICIÓN
Vida útil de la mezcla asfáltica en caliente (Dependiente)	Es el periodo de diseño que una mezcla asfáltica deberá de durar ante efectos de envejecimiento (provocado por efectos climáticos) y desgaste (provocado por el tránsito de vehículos) (MARÍN, Alberto, 2004, p.24).	Marshall	Estabilidad	Kg
			Flujo	mm
		Desgaste	Disgregación	Porcentaje (%)
Biopolímero lignina (Independiente)	La lignina es uno de los biopolímeros que más existen en todo el mundo, ya que compone el 30 % de carbono orgánico y un tercio de la masa de la madera. La lignina está representada como recurso renovable, la cual es de uso industrial y se estima que existe una producción de 40 a 50 millones de toneladas (CHAVEZ, Sifontes y MARCELO, Domine. 2013, p. 16).	Proporción	(5%,10%,15% en relación al peso del asfalto)	Porcentaje (%)

ANEXO 4

Certificados del Laboratorio

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)
(RESUMEN)

INFORME : JCH 20-085
SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
UBICACIÓN : LIMA
PROYECTO : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLÍMERO LIGNINA - LIMA 2020
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 30/09/2020

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANT. CRUSHING

PIEDRA CHANCADA 3/4" : 2%
PIEDRA CHANCADA 1/2" : 35%
ARENA CHANCADA : 63%

MAC-2
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA EG-2013.

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : ASFALTO 60/70 PETROPERÚ
% óptimo de C.A. : 5.8

3.- ADITIVO

Tipo de aditivo : ---
% de aditivo en peso del C.A. : ---

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

Nº DE GOLPES	75		
CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL)	5,5	5,8	6,1
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2,368	2,375	2,381
VACÍOS (%)	5,1	4,4	3,7
V.V.A. (%)	15,2	15,3	15,3
R.B.V. (%)	66,6	71,1	73,7
FLUJO (0,25 mm)	13,4	13,9	14,5
ESTABILIDAD (kg)	1362,4	1383,2	1350,8
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO	3992	3920	3666
RELACIÓN POLVO/ASFALTO	1,54	1,44	1,36

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Según carta de viscosidad
Temperatura Mezcla: 132,0 °C - 143,0 °C
Temperatura de Compactación: 125,0 °C - 132,0 °C

5.- OBSERVACIONES

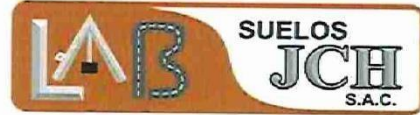
- Se utilizó asfalto 60/70 de la Refinería petroperú.
- Se ajustó la gradación en la mezcla de agregados en la especificación EG-2013 MAC II.

Fecha de Emisión : Lima, 01 de octubre del 2020



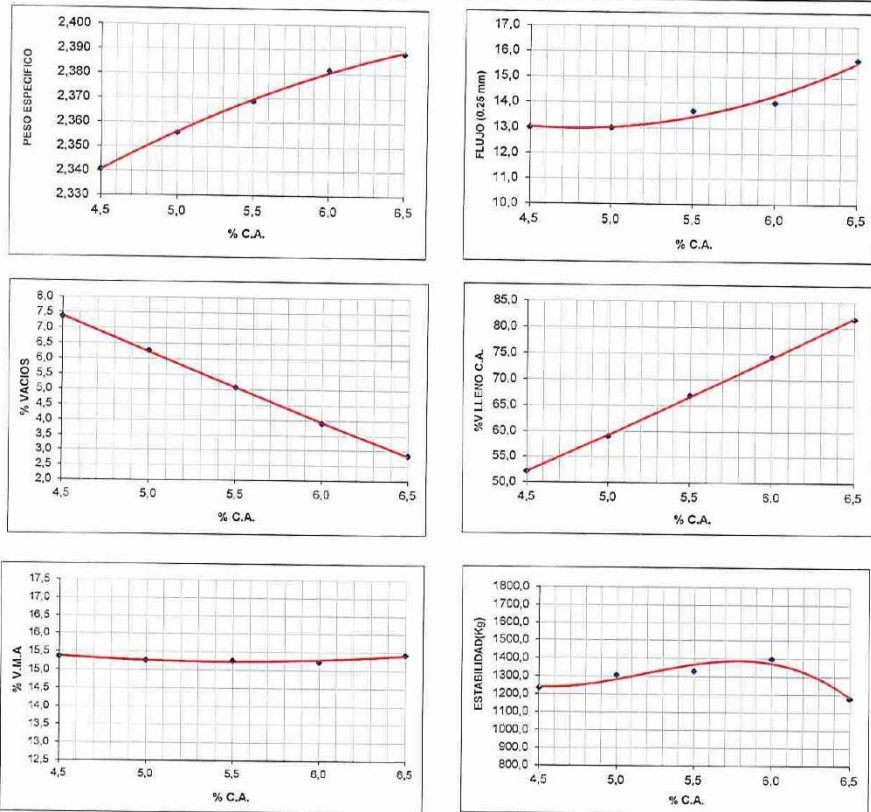

JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



**INFORME DE DISEÑO
 DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)**

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
UBICACIÓN : LIMA
PROYECTO : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLÍMERO LIGNINA - LIMA 2020
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 30/09/2020



OBSERVACIONES:
 ASFALTO 60/70 PETROPERÚ

Fecha de Emisión : Lima, 01 de octubre del 2020



Javier Ulloa
**JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667**

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 – S.J.L. – Lima – Perú
 E-mail: lab.suelosich@gmail.com Telf. 976331849 RPC – 01 693-5014

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO
 DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODRÍY ROYALDO ROMERO FLORES
 UBICACIÓN : UIMA
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIODPOLÍMERO UGININA - UIMA 2020
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 30/09/2020

	1	1.A	1.B	2	2.A	2.B	3	3.A	3.B	4	4.A	4.B	5	5.A	5.B
1 % C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	0,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	6,0	6,0	6,0	6,5	6,5	6,5
2 % A. GRUESO (T.M. 3/4") EN PESO DE LA MEZCLA	1,51	1,51	1,51	1,50	1,90	1,90	1,89	1,89	1,89	1,88	1,88	1,87	1,87	1,87	1,87
3 % A. GRUESO (T.M. 1/2") EN PESO DE LA MEZCLA	33,43	33,43	33,43	33,25	33,25	33,08	33,08	33,08	33,08	32,90	32,90	32,90	32,73	32,73	32,73
4 % A. FINO (MÁS QUEADO CONTINUA EN PESO DE LA MEZCLA	60,17	60,17	60,17	59,85	59,85	59,85	59,54	59,54	59,54	59,22	59,22	59,22	58,91	58,91	58,91
5 % FILLER (MÁS QUEADO PASA N° 20) EN PESO DE LA MEZCLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5 % PESO ESPECÍFICO DEL C.A. APARIENTE	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
6 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (T.M. 3/4")	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655	2,655
6 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (T.M. 1/2")	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706
7 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO FINO	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613	2,613
8 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE (g)	1093,7	1093,9	1093,8	1091,8	1095,6	1100,2	1095,8	1094,6	1092,5	1095,4	1095,7	1095,8	1092,2	1092,2	1092,2
9 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g)	629,2	630,7	630,1	631,0	633,1	635,2	635,7	634,1	635,7	636,8	636,8	635,5	637,1	637,1	637,1
10 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g)	467,4	467,4	467,1	463,1	467,4	467,4	463,1	462,5	460,7	460,2	461,2	459,7	457,3	457,3	457,3
11 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	2,340	2,340	2,342	2,358	2,355	2,368	2,368	2,371	2,371	2,381	2,382	2,382	2,382	2,382	2,382
12 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA	2,333	2,333	2,335	2,351	2,348	2,361	2,361	2,360	2,360	2,374	2,375	2,375	2,382	2,382	2,379
13 PESO UNITARIO DE LA BRIQUETA A 25°C (g/cm ³) - ASTM D 7726	2,576	2,526	2,526	2,513	2,513	2,495	2,495	2,495	2,495	2,479	2,479	2,479	2,458	2,458	2,458
14 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	7,4	7,4	7,3	6,2	6,3	6,3	5,1	5,1	5,0	3,9	3,9	3,9	2,8	2,8	2,9
15 VACÍOS - ASTM D 569	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641
16 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	15,4	15,4	15,3	15,2	15,3	15,3	15,3	15,3	15,2	15,2	15,2	15,2	15,4	15,4	15,5
17 M.M.A. (g)	51,9	51,9	52,3	52,2	58,8	58,8	66,7	66,7	67,1	74,5	74,3	74,3	81,8	81,8	81,3
18 VACÍOS LLENADOS CON C.A.	2,716	2,716	2,716	2,724	2,724	2,724	2,725	2,725	2,725	2,730	2,730	2,727	2,727	2,727	2,727
19 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
20 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	3,49	3,49	3,49	3,89	3,89	3,89	4,38	4,38	4,38	4,83	4,83	4,83	5,37	5,37	5,37
21 % ASFALTO EFECTIVO	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	14,0	14,0	14,0	15,0	15,0	15,0
22 FLUJO (DIPLOMADO)	1,10	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
23 FACTOR DE ESTABILIDAD (TABLA)	1,222	1,245	1,235	1,300	1,310	1,308	1,321	1,337	1,330	1,402	1,399	1,389	1,485	1,485	1,485
24 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)															

ASFALTO 60/70 PETROFERO

Fecha de Emisión : Lima, 01 de octubre del 2020



CONSEJEROS 1

Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telef. 976331849 RPC - 01 683-5014

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)
(RESUMEN)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS CROSCCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
UBICACIÓN : LIMA
PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLÍMERO LIGNINA, LIMA - 2020"
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANT. CRUSHING

PIEDRA CHANCADA 3/4" : 2%
PIEDRA CHANCADA 1/2" : 55%
ARENA CHANCADA : 53%

MAC-2
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA EG-2013.

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : ASFALTO 60/70 PETROPERÚ
% óptimo de C.A. : 6,2

3.- ADITIVO

Tipo de aditivo : LIGNINA
% de aditivo en peso del C.A. : 5 %

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

	75	75	75
Nº DE GOLPES			
CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL)	5,9	6,2	6,5
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2,404	2,414	2,425
VACIOS (%)	4,8	4,1	3,4
V.M.A. (%)	14,4	14,3	14,2
R.B.V. (%)	70,9	74,1	77,4
FLUJO (0.25 mm)	12,9	13,5	14,0
ESTABILIDAD (kg)	1348,1	1357,0	1382,9
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO	4106	3953	3889
RELACIÓN PCLVO/ASFALTO	1,41	1,35	1,30

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Según carta de viscosidad
Temperatura Mezcla: 132,0 °C - 143,0 °C
Temperatura de Compactación: 125,0 °C - 132,0 °C

5.- OBSERVACIONES

- 1.- Se utilizó asfalto 60/70 de la Refinería petroperú.
- 2.- Se ajustó la gradación en la mezcla de agregados en la especificación EG-2013 MAC II.



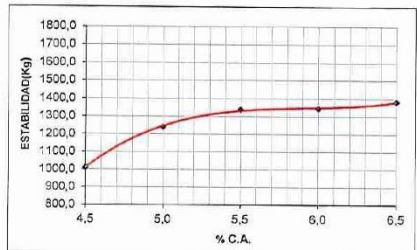
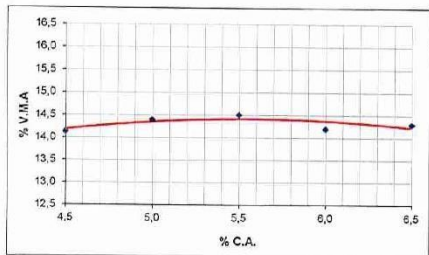
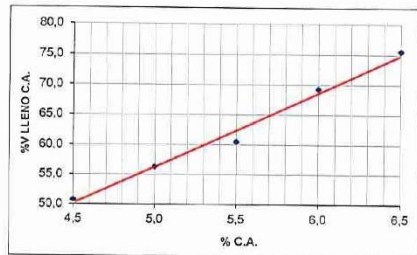
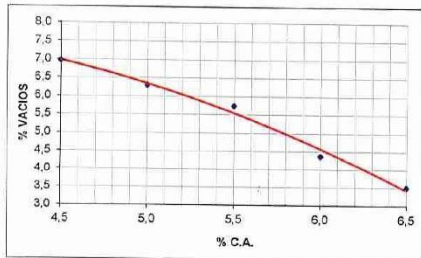
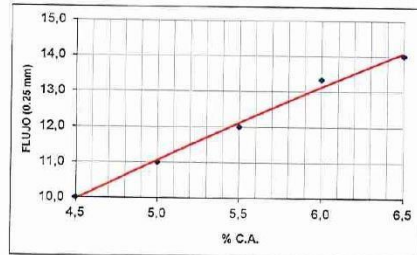
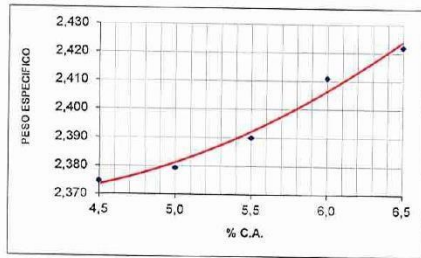
Juan 2020
JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
UBICACION : LIMA
PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLIMERO LIGNINA, LIMA - 2020"
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020



OBSERVACIONES: ASFALTO 60/70 PETROPERÚ



Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P N° 193667



Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872

INFORME DE DISEÑO
 DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D8927)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAIANG & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 UBICACIÓN : LIMA
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLÍMERO LIGNINA, LIMA - 2020*
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA DE REFERENCIA : 21/10/2020

	1	1.A	1.B*	2	2.A	2.B*	3	3.A	3.B*	4	4.A	4.B*	5	5.A	5.B*
1	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5
2	1.91	1.91	1.91	1.90	1.90	1.90	1.89	1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87
3	33.43	33.43	33.43	33.25	33.25	33.25	33.08	33.08	33.08	32.90	32.90	32.90	32.73	32.73	32.73
4	60.17	60.17	60.17	59.85	59.85	59.85	59.54	59.54	59.54	59.22	59.22	59.22	58.91	58.91	58.91
5	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016
6	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706
7	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690
8	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613
9	1091.3	1093.7	1094.5	1095.6	1093.9	1098.8	1098.6	1099.3	1095.3	1096.1	1095.0	1095.2	1095.0	1093.6	1093.3
10	1092.6	1095.0	1098.1	1095.6	1093.9	1098.8	1098.6	1099.3	1095.3	1096.1	1095.0	1095.2	1095.0	1093.6	1093.3
11	632.7	634.5	637.5	635.8	635.0	637.8	635.0	637.8	635.0	637.8	642.1	642.1	642.1	642.5	645.4
12	459.9	460.5	460.6	459.8	459.9	461.3	459.3	459.0	458.5	454.4	454.3	454.1	451.2	451.1	452.9
13	2.375	2.375	2.376	2.377	2.379	2.382	2.391	2.390	2.389	2.412	2.410	2.411	2.422	2.422	2.422
14	2.366	2.368	2.370	2.370	2.372	2.375	2.384	2.383	2.382	2.405	2.403	2.404	2.415	2.415	2.415
15	2.553	2.553	2.553	2.540	2.540	2.540	2.535	2.535	2.535	2.521	2.521	2.521	2.510	2.510	2.510
16	7.0	7.0	6.9	6.4	6.3	6.2	5.7	5.7	5.8	4.3	4.4	4.4	3.5	3.5	3.5
17	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641
18	14.7	14.1	14.1	14.5	14.4	14.3	14.5	14.5	14.5	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3	14.3
19	50.7	50.4	51.1	55.9	56.3	56.6	60.7	60.7	60.0	69.7	69.0	69.0	75.5	75.5	75.5
20	2.749	2.749	2.749	2.757	2.757	2.757	2.777	2.777	2.777	2.784	2.784	2.784	2.796	2.796	2.796
21	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1
22	3.06	3.06	3.06	3.46	3.46	3.46	3.72	3.72	3.72	4.15	4.15	4.15	4.52	4.52	4.52
23	10.0	10.0	10.0	11.0	11.0	11.0	12.0	12.0	12.0	13.0	13.0	13.0	14.0	14.0	14.0
24	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.25	1.19	1.19	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
25	992	1013	1025	1242	1231	1246	1351	1327	1336	1342	1338	1352	1380	1388	1379

ASfalto 60/70 PETROFERU



José D. G.
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 RPC - 01 693-5014

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)
(RESUMEN)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
UBICACIÓN : LIMA
PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLÍMERO LIGNINA, LIMA-2020"
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANT. CRUSHING

PIEDRA CHANCADA 3/4" : 2%
PIEDRA CHANCADA 1/2" : 35%
ARENA CHANCADA : 63%

: MAC-2
: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA EG-2013.

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : ASFALTO 60/70 PETROPERÚ
% óptimo de C.A. : 6,5

3.- ADITIVO

Tipo de aditivo : LIGNINA
% de aditivo en peso del C.A. : 10%

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

Nº DE GOLPES	75	100	150
CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL)	6,2	6,5	6,8
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2,376	2,386	2,397
VACIOS (%)	6,1	5,4	4,7
V.M.A. (%)	13,4	13,0	12,7
R.B.V. (%)	65,0	68,5	72,1
FLUJO (0,25 mm)	12,1	17,3	22,9
ESTABILIDAD (kg)	1160,1	1129,4	1073,2
RELACION ESTABILIDAD/FLUJO	3784	2574	1843
RELACION POLVO/ASFALTO	1,40	1,34	1,29

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Según carta de viscosidad
Temperatura Mezcla: 132,0 °C - 143,0 °C
Temperatura de Compactación: 125,0 °C - 132,0 °C

5.- OBSERVACIONES

- 1.- Se utilizó asfalto 60/70 de la Refinería petroperú.
- 2.- Se ajustó la gradación en la mezcla de agregados en la especificación EG-2013 MAC II.
- 3.- El diseño no es factible ya que sobrepasa el porcentaje de vacíos permitido por norma.
- 4.- El diseño no es factible ya que sobrepasa el flujo permitido por norma.
- 5.- El diseño no es factible ya que sobrepasa la relación polvo/asfalto permitido por norma.



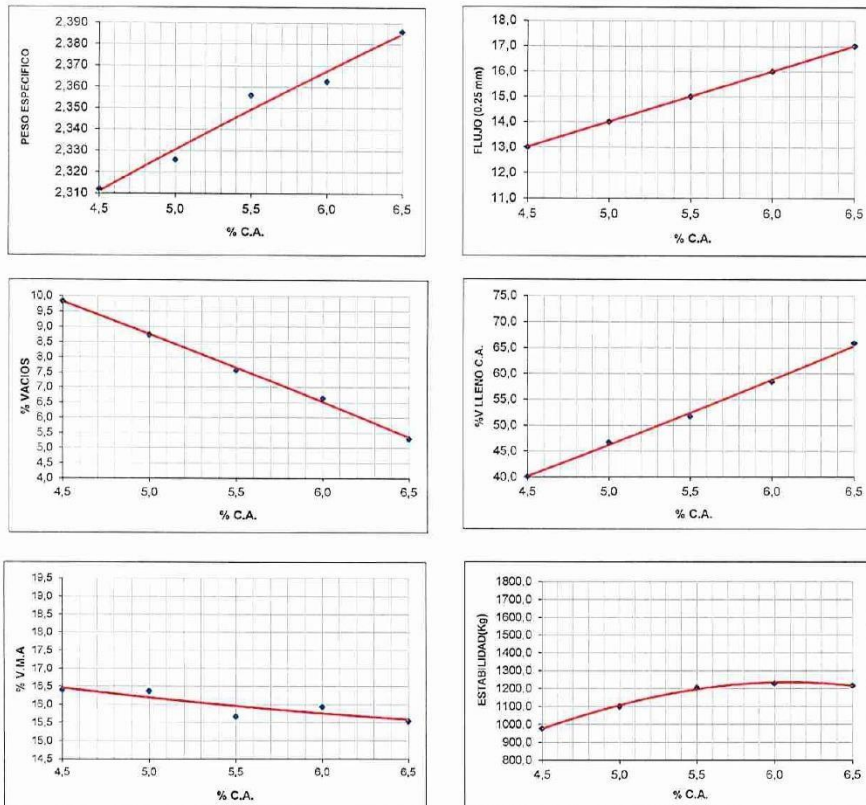
Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
Ingeniero Civil
CIP N° 193867

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO
 DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 UBICACION : LIMA
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLIMERO LIGNINA, LIMA - 2020"
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020



OBSERVACIONES:
 ASFALTO 60/70 PETROPERÚ



Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872

INFORME DE DISEÑO
 DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS ROSCO CAJAS & ROIDDY RONALD ROMERO FLORES
 UBICACION : LIMA
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BICPOLIMERO UGNINA, LIMA - 2020"
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020

	1	1A	1B*	2	2A	2B*	3	3A	3B*	4	4A	4B*	5	5A	5B*
1	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5
2	1.91	1.91	1.91	1.90	1.90	1.90	1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87	1.87
3	33.43	33.43	33.43	33.25	33.25	33.25	33.08	33.08	33.08	32.90	32.90	32.90	32.73	32.73	32.73
4	60.17	60.17	60.17	59.85	59.85	59.85	59.54	59.54	59.54	59.22	59.22	59.22	58.91	58.91	58.91
5	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016
6	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706
7	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690
8	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613
9	1095.4	1091.4	1092.3	1096.4	1089.7	1089.9	1096.8	1093.0	1094.7	1094.5	1092.8	1085.0	1092.4	1095.9	1092.3
10	1100.4	1094.6	1095.1	1098.7	1094.0	1092.5	1099.9	1094.8	1097.4	1097.1	1095.1	1088.4	1095.9	1095.8	1099.2
11	627.3	622.1	622.4	627.8	625.2	623.7	634.2	631.2	632.6	634.1	632.7	628.9	638.3	637.3	641.3
12	473.1	472.5	472.7	470.9	468.8	468.8	465.7	463.6	461.8	463.0	462.4	459.5	457.6	458.5	457.9
13	2.315	2.310	2.311	2.328	2.324	2.325	2.355	2.358	2.355	2.364	2.363	2.361	2.387	2.386	2.385
14	2.308	2.303	2.304	2.321	2.317	2.318	2.348	2.351	2.348	2.357	2.355	2.354	2.380	2.379	2.378
15	2.565	2.565	2.565	2.548	2.548	2.548	2.549	2.549	2.549	2.540	2.540	2.530	2.539	2.539	2.539
16	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
17	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641
18	16.3	16.5	16.4	16.3	16.4	16.4	15.7	15.6	15.7	15.9	15.9	16.0	15.5	15.5	15.6
19	40.5	40.0	39.6	47.2	46.3	46.3	51.6	51.6	51.6	58.5	58.5	58.1	65.8	65.8	66.0
20	2.764	2.764	2.764	2.768	2.768	2.768	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.796	2.808	2.808	2.808
21	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.3	2.3	2.3
22	2.88	2.88	2.88	3.33	3.33	3.33	3.50	3.50	3.50	4.00	4.00	4.00	4.36	4.36	4.36
23	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	15.0	16.0	16.0	16.0	17.0	17.0	17.0
24	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
25	980	975	969	1100	1095	1098	1200	1200	1200	1220	1230	1228	1215	1210	1205
26															

OBSERVACIONES :
 ASFALTO 60/70 (PETROLEO)



JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 19387

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 – S.J.L. – Lima – Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf: 976331849 RPC – 01 693-5014

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



**INFORME DE DISEÑO
 DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)
 (RESUMEN)**

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 UBICACIÓN : LIMA
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLIMERO LIGNINA, LIMA-2020"
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANT. CRUSHING

PIEDRA CHANCADA 3/4" : 2%
 PIEDRA CHANCADA 1/2" : 35%
 ARENA CHANCADA : 63%

: MAC-2
 : ESPECIFICACIÓN TÉCNICA EG-2013.

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : ASFALTO 60/70 PETROPERÚ
 % óptimo de C.A. : 6,6

3.- ADITIVO

Tipo de aditivo : LIGNINA
 % de aditivo en peso del C.A. : 15%

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

Nº DE GOLPES		75	
CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL)	6,3	6,6	6,9
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2,335	2,336	2,336
VACIOS (%)	7,6	7,5	7,4
V.M.A. (%)	17,2	17,4	17,7
R.B.V. (%)	62,0	64,6	67,1
FLUJO (0,25 mm)	17,2	19,9	25,7
ESTABILIDAD (kg)	1026,3	1018,3	1006,6
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO	2349	2019	1541
RELACIÓN POLVO/ASFALTO	1,37	1,30	1,24

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Según carta de viscosidad
 Temperatura Mezcla: 132.0 °C - 143.0 °C
 Temperatura de Compactación: 125.0 °C - 132.0 °C

5.- OBSERVACIONES

- 1.- Se utilizó asfalto 60/70 de la Refinería petroperú.
- 2.- Se ajustó la gradación en la mezcla de agregados en la especificación EG-2013 MAC II.
- 3.- El diseño no es factible ya que sobrepasa el porcentaje de vacíos permitido por norma.
- 4.- El diseño no es factible ya que sobrepasa el flujo permitido por norma.



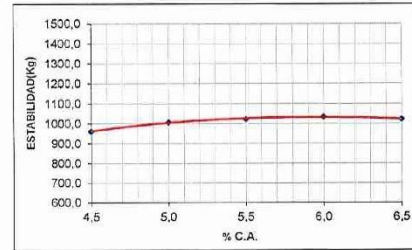
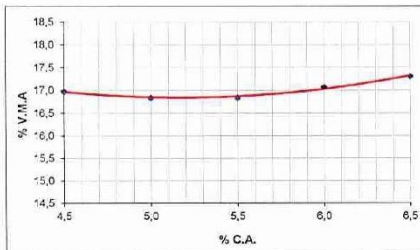
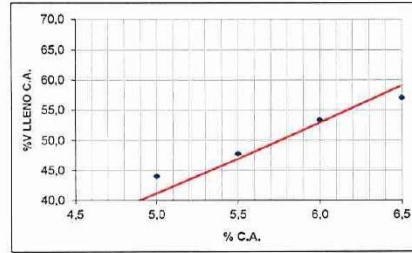
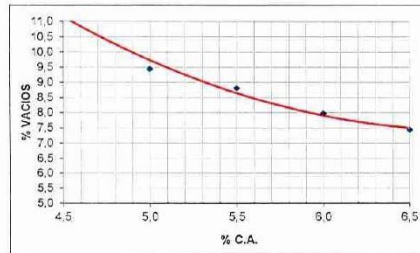
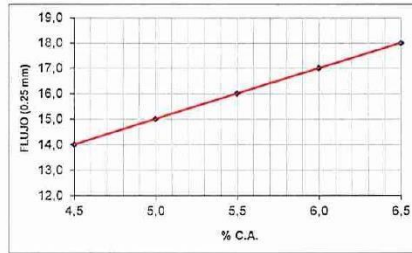
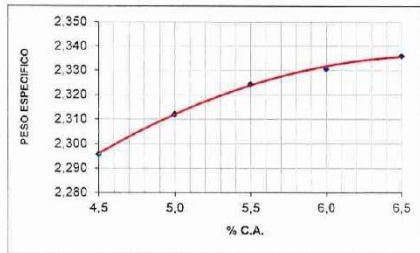
Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 103867

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO
 DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 UBICACIÓN : LIMA
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLIMERO LIGNINA, LIMA - 2020"
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020



OBSERVACIONES: ASFALTO 60/70 PETROPERÚ



Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 REG. SUP. N° 130587



Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872

INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GIANT CARLOS OROSICO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
UBICACIÓN : LIMA
PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLÍMERO LIGNINA, LIMA - 2020"
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 21/10/2020

N°	ENCUENTRAS	1	1A	1B*	2	2A	2B*	3	3A	3B*	4	4A	4B*	5	5A	5B*
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5
2	% A. GRUESO (T.M. 1.17) EN PESO DE LA MEZCLA	1.91	1.91	1.91	1.90	1.90	1.90	1.89	1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87
3	% A. GRUESO (T.M. 1.17) EN PESO DE LA MEZCLA	33.43	33.43	33.43	33.25	33.25	33.25	33.08	33.08	33.08	32.90	32.90	32.90	32.73	32.73	32.73
4	% A. FINO CLASIFICADO EN PESO DE LA MEZCLA	60.17	60.17	60.17	59.85	59.85	59.85	59.54	59.54	59.54	59.22	59.22	59.22	58.91	58.91	58.91
5	PESO ESPECÍFICO DE LA C.A. APARTE	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016
6	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (T.M. 1.17)	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706
7	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (T.M. 1.17)	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690
8	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO FINO	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613
9	PESO DE LA BARRIQUETA EN AIRE (g)	1134.5	1134.7	1135.6	1129.0	1150.4	1149.5	1160.1	1147.0	1142.6	1156.3	1154.8	1150.2	1165.7	1153.1	1150.2
10	PESO DE LA BARRIQUETA EN EL AIRE (g)	1136.7	1136.3	1136.5	1130.6	1152.0	1151.9	1161.7	1148.5	1143.5	1157.1	1155.6	1151.2	1166.2	1153.3	1150.9
11	PESO DE LA BARRIQUETA EN EL AGUA (g)	642.9	642.3	641.3	642.3	654.3	655.0	662.1	655.6	651.9	667.0	659.9	657.0	666.9	659.9	658.6
12	VOLUMEN DE LA BARRIQUETA (cm ³)	493.8	494.0	495.2	488.3	497.7	496.9	499.6	492.9	491.6	495.1	495.7	494.2	499.3	493.4	492.3
13	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BARRIQUETA	2.297	2.297	2.293	2.312	2.311	2.313	2.322	2.327	2.324	2.335	2.330	2.327	2.335	2.337	2.336
14	PESO UNITARIO DE LA BARRIQUETA (g/cm ³) - ASTM D 2225	2.290	2.290	2.286	2.305	2.304	2.306	2.315	2.320	2.317	2.328	2.323	2.320	2.328	2.330	2.329
15	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.587	2.587	2.587	2.553	2.553	2.553	2.549	2.549	2.553	2.553	2.553	2.553	2.553	2.553	2.553
16	% VACÍOS - ASTM D 2041	11.2	11.2	11.4	9.4	9.5	9.4	8.9	8.7	8.8	7.8	8.0	8.1	7.5	7.4	7.4
17	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641
18	VOL. (g)	16.9	16.9	17.1	16.8	16.9	16.8	16.9	16.7	16.9	16.9	17.1	17.2	17.3	17.3	17.3
19	% VACÍOS LLENADOS CON C.A.	33.7	33.7	31.3	41.0	43.8	44.0	47.3	47.9	47.9	53.8	53.2	52.9	56.6	57.2	57.2
20	PESO SELECCIONADO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.790	2.790	2.790	2.773	2.773	2.773	2.794	2.794	2.794	2.799	2.799	2.799	2.813	2.813	2.813
21	ASfalto absorbido por el agregado total	2.1	2.1	2.1	1.8	1.8	1.8	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.4	2.4	2.4
22	% ASfalto efectivo	2.54	2.54	2.54	3.26	3.26	3.26	3.51	3.51	3.51	3.96	3.96	3.96	4.30	4.30	4.30
23	FLUJO (g/30pulg)	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	15.0	16.0	16.0	16.0	17.0	17.0	17.0	18.0	18.0	18.0
24	FACTOR DE ESTABILIDAD (PUNTA)	1.09	1.09	1.09	1.04	1.04	1.04	1.04	1.09	1.09	1.09	1.04	1.09	1.04	1.09	1.09
25	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	962	960	958	1005	1004	1008	1020	1018	1023	1030	1035	1034	1020	1022	1028

ASfalto 60/70 PETROBRÁ

OBSERVACIONES :

Javier Francisco
INGENIERO CIVIL
JAVIER FRANCISCO
ULLCOA CLAVINO
 CIP N° 193987



LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2235 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf: 976331849 RPC - 01 695-5014

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BICPOLÍMERO LIGNINA - LIMA 2020

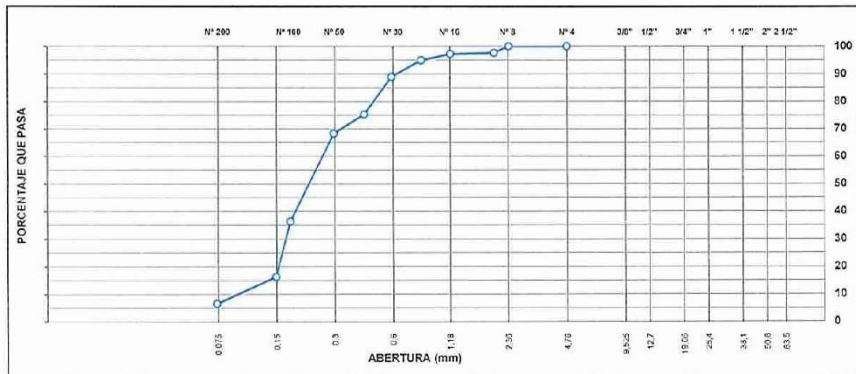
UBICACIÓN : LIMA
 SOLICITANTE : GIAN CARLOS CROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 20/10/2020

DETALLE DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : CANT. CRUSHING PRESENTACIÓN :-
 DESCRIPCIÓN : LIGNINA CANTIDAD :-


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050					
1/2"	12,700					
3/8"	9,525					
1/4"	6,350					
# 4	4,760				100,0	
# 8	2,380	0,0	0,0	0,0	100,0	
# 10	2,000	12,0	2,4	2,4	97,6	
# 16	1,190	3,0	0,4	2,8	97,2	
# 20	0,840	11,0	2,2	5,0	95,0	
# 30	0,590	30,0	6,0	11,0	89,0	
# 40	0,426	68,0	13,6	24,6	75,4	
# 50	0,297	35,0	7,0	31,6	68,4	
# 60	0,177	160,5	32,1	69,7	36,3	
# 100	0,149	100,0	20,0	83,7	16,3	
# 200	0,074	48,5	9,7	93,4	6,6	
< # 200	(ASTM C-136)	33,0	6,6	100,0	0,0	

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

CURVA GRANULOMÉTRICA



Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193867

	FORMULARIO	Código : -
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

**ENSAYO DE CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE
(MEZCLAS ASFÁLTICAS) MTC E-515, NLT 352**

INFORME : JCH 20-085
 SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 PROYECTO : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO DE LIGNINA - LIMA 2020
 UBICACIÓN : LIMA
 FECHA : OCTUBRE.-2020

Datos de la probeta		Fecha de Recepción	: 29/09/20
Cantera	: -	Fecha de Ejecución	: 30/10/20
Calicata	: -	Referencia	: -
Muestra	: -	Fecha de Emisión	: -
Prof. (m.)	: -		


	6,2	6,2	6,2	6,2
Óptimo de asfalto (%)	6,2	6,2	6,2	6,2
N° de probeta	: Lignina 5%	Lignina 5%	Lignina 5%	Lignina 5%
Masa de la probeta, (g)	: 1093	1088	1092	1091
Masa final de la probeta, (g)	: 1032	1033	1032	1029
Valor de pérdida por desgaste, (%)	: 5,6	5,1	5,5	5,7
N° total de revoluciones	: 300	300	300	300
temperatura de ensayo, (°C)	: 23	23	23	23


Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Ejecutado por : JCH

Equipos Usados

- Bst-R31P30-N°3
- Hor-01-JCH
- Aar-STMH-3




 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAYJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193867

	FORMULARIO	Código : -
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

**ENSAYO DE CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE
(MEZCLAS ASFÁLTICAS) MTC E-515, NLT 352**

INFORME : JCH 20-085
 SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 PROYECTO : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO DE LIGNINA - LIMA 2020
 UBICACION : LIMA
 FECHA : OCTUBRE.-2020

Datos de la probeta		Fecha de Recepción	: 29/09/20
Cantera	: -	Progresiva	: -
Calicata	: -	Referencia	: -
Muestra	: -	Fecha de Ejecución	: 30/10/20
Prof. (m.)	: -	Fecha de Emisión	: -

Optimo de asfalto (%)	: 5,8	5,8	5,8	5,8
N° de probeta	: Natural	Natural	Natural	Natural
Masa de la probeta, (g)	: 1089	1099	1093	1085
Masa final de la probeta, (g)	: 1024	1029	1000	1008
Valor de pérdida por desgaste, (%)	: 6,0	6,4	8,5	7,9
N° total de revoluciones	: 300	300	300	300
temperatura de ensayo, (°C)	: 23	23	23	23

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Ejecutado por : JCH

Equipos Usados

- Bal-R31P30-N°3
 - Hor-01-JCH
 - Abr-STWH-3




**JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO**
 Ingeniero Civil
 CIP N° 133867



FORMULARIO	Código : C-16
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 1

ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS
ASTM D 4791 - NTP 400.040.1999 - MTC E-223

Informe : JCH 20-085
 Solicitante : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 Proyecto : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020
 Ubicación : LIMA
 Fecha : OCTUBRE DEL 2020

Cantera : CANT. CRUSHING Progresiva : -
 Calicata : - Coordenadas : -
 Muestra : Piedra 1/2
 Prof. (m.) : -

Relación Espesor/Longitud : 1/3

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS (%) 1,5

Tamiz		Total Partículas		Partículas Chatas		Porcentaje Chatas Fracción (%)	Granulometría (%) retenido	Porcentaje Chatas corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	2004,0	417	11,0	5	0,5	10,1	0,06
1/2"	3/8"	1066,0	499	16,6	15	1,6	89,9	1,40
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES							100,0	1,46

PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS (%) 2,7

Tamiz		Total Partículas		Partículas Alargadas		Porcentaje Alargamiento Fracción (%)	Gradación original (%)	Porcentaje Alargamiento corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	2004,0	417	26,0	12	1,3	10,1	0,13
1/2"	3/8"	1066,0	499	31,0	4	2,9	89,9	2,61
-	-	-	-	-	31	-	-	-
TOTALES							100,0	2,75

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 0


Tamiz		Total Partículas		Partículas Chatas y Alargadas		Porcentaje Chatas y Alargadas Fracción (%)	Gradación original (%)	Porcentaje Chatas y Alargadas corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"	0,0	0	-	-	-	0,0	-
2"	1 1/2"	0,0	0	-	-	-	0,0	-
1 1/2"	1"	0,0	0	-	-	-	0,0	-
1"	3/4"	0,0	0	-	-	-	0,0	-
3/4"	1/2"	2004,0	417	-	-	-	10,1	-
1/2"	3/8"	1066,0	499	-	-	-	89,9	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES							100,0	0

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecutado por: Tec. L.NV



Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-SJX6201/E-N°5	Enero-2020
Hor-JCH-01	Enero-2020

Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 123667

	FORMULARIO	Código : C-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
NORMA ASTM C-127 - NTP 400.021 - MTC E-206

N° INFORME : JCH 20-085
 SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 PROYECTO : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020

UBICACIÓN : LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2020

Calicata : -
 Muestra : Piedra 1/2
 Prof.(m) : -
 Cantera : CANT. CRUSHING
 Progresiva : -
 Coordenadas : -


Temperatura de Ensayo	23 °C			PROMEDIO
	1	2	3	
Muestra N°				
Peso mat. Sat. Superf. seca en aire (gr)	1509,0			
Peso mat. Sat. Superf. seca en agua (gr)	954,0			
Volumen de masa + volumen de vacios (gr)	555,0			
Peso de material seco (105°C) (gr)	1493,0			
Volumen de masa (gr)	539,0			
Peso Bulk (base seca)	2,69			2,69
Peso Bulk (base saturada)	2,72			2,72
Peso aparente (base seca)	2,77			2,77
Porcentaje de absorción (%)	1,1			1,1

Observaciones :
 Realizado : Téc. JCh

Equipos Usados	Fecha Calibración
Can-LA-3925	Febrero.-2020
Bal-R3/P30-N*3	Enero.-2020



Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193867

	FORMATO	Código	Q1-Q2-Q3
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH 20-085
Solicitante : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
Proyecto : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020
Ubicación : LIMA
Fecha : OCTUBRE DEL 2020

Datos de la muestra
 Calicata : - **Fecha de Recepción** : 01/10/2020
 Muestra : Grueso **Fecha de Ejecución** : 02/10/2020
 Profundidad (mts) : -
 Cantera : CANT. CRUSHING

SALES SOLUBLES TOTALES	1278 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	0,128 %

SULFATOS SOLUBLES	- p.p.m.
NORMA AASHTO T290 - NTP 339.178	- %

CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES	- p.p.m.
NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177	- %

Ph	- ph
MTC E-129	°c

Ejecutado Por : R. Triviño

OBSERVACIONES:

* Según procedimiento de ensayo se fraccionó el suelo por el tamiz N°10


* --

* --

Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-T4J4001-N°1	Enero.-2020
Bal-PX224/E-N°4	Enero.-2020
Hor-01-JCH	Enero.-2020
Ph-01-JCH	Junio.-2020
DH-WF21.P03 (Mufla)	Junio.-2020




 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 123687

	FORMATO	Código	Q1-Q2-Q3
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH 20-085
Solicitante : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
Proyecto : ANALISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020
Ubicación : LIMA
Fecha : OCTUBRE DEL 2020

Datos de la muestra
 Calicata : - **Fecha de Recepción :** 01/10/2020
 Muestra : Fino **Fecha de Ejecución :** 02/10/2020
 Profundidad (mts) : -
 Cantera : CANT. CRUSHING

SALES SOLUBLES TOTALES	1026 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	0,103 %

SULFATOS SOLUBLES	- p.p.m.
NORMA AASHTO T290 - NTP 339.178	- %

CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES	- p.p.m.
NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177	- %

Ph	- ph
MTC E-126	°C

Ejecutado Por : R. Triviño

OBSERVACIONES:


* Según procedimiento de ensayo se fraccionó el suelo por el tamiz N°10

* --
* --

Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-T4J4001-N°1	Enero.-2020
Bal-PX224/E-N°4	Enero.-2020
Hor-01-JCH	Enero.-2020
Ph-01-JCH	Junio.-2020
DH-WF21.P03 (Mufla)	Junio.-2020




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193667

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

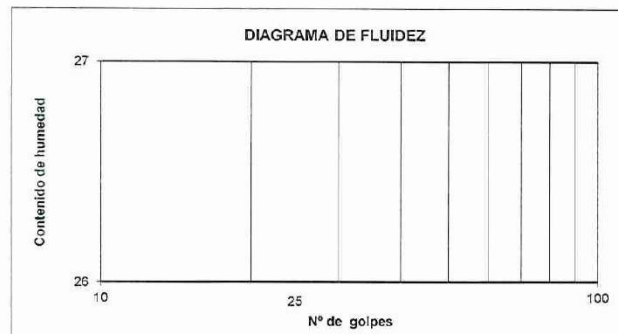
INFORME N° : JCH 20-085
SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
PROYECTO : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020

UBICACIÓN : LIMA
FECHA : OCTUBRE DEL 2020

Datos de la Muestra
Cantera : CANT. CRUSHING
Calicata : -
Muestra : Arena
Prof. (m) : -
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 01/10/20
Fecha de Ejecución : 02/10/20

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NUMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HUMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP


Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.Ch

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
 - Hor-01-jch
 - Vidrio esmerilado
 - Equipo de Casagrande ELE




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 183367

	FORMULARIO	Código : C-12
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM D-2419 - NTP 339.146 - MTC E-114

Informe : JCH 20-085
Solicitante : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
Proyecto :
ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020
Ubicación : LIMA
Fecha : OCTUBRE DEL 2020

Calicata : - Progresiva : -
Muestra : Arena Coordinadas : -
Prof. (m.) : - Cantera : CANT. CRUSHING

Agregado : Fino
Equivalente de Arena (%) : 64


DATOS	1	2	3
Tamaño máximo (mm)	4,75	4,75	4,75
Hora de entrada a saturación (min)	0:00	2,16	10,00
Hora de salida de saturación (más 10 min)	10,00	12,16	12,50
Hora de entrada a decantación (min)	12,35	14,43	21,05
Hora de salida de decantación (más 20 min)	32,35	34,43	32,50
Altura máxima de material fino (pulg)	6,30	6,00	5,90
Altura máxima de la arena (pulg)	4,00	3,70	4,00
Equivalente de Arena (%)	63	62	68

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : JCH




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
Ingeniero Civil
CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : A-02
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

ENSAYO DE ADHERENCIA
ASTM D1664, MTC E 517

Informe : JCH 20-085
 Solicitante : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 Proyecto : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020

Ubicación : LIMA
 Fecha : OCTUBRE DEL 2020

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Centera : CANT. CRUSHING Progresiva : -
 Calicata : - Coordenadas : -
 Muestra : Piedra 1/2
 Prof. (m.) : -


Agregado : Grueso
 Asfalto : PEN 60/70
 Aditivo : -
 % Aditivo : -
 Recubrimiento inicial (%) : 100
 Recubrimiento final (%) : +95

*Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecutado por : Téc. J.Ch.*

Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-TAJ4001-Nº1	Enero.-2020
Hor-01-JCH	Enero.-2020



[Signature]
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193867

	FORMULARIO	Código : A-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1

RIEDEL WEBER
MTC E 220

Informe : JCH 20-085
 Solicitante : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 Proyecto : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020

Ubicación : LIMA
 Fecha : OCTUBRE DEL 2020

Cantera : CANT. CRUSHING Progresiva : -
 Calicata : - Coordenadas : -
 Muestra : Arena
 Prof. (m.) : -

Concentración (g/lt Na ₂ CO ₃)	Indice de Adhesividad	Observación
Agua Destilada	0	No hay desprendimiento
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 = 3,312	4	Desprendimiento parcial
M/16 = 6,625	5	Desprendimiento parcial
M/8 = 13,250	6	Desprendimiento total
M/4 = 26,500	7	Desprendimiento total
M/2 = 53,000	8	Desprendimiento total
M/1 = 106,000	9	Desprendimiento total

Agregado : Grueso
 Asfalto : 60/70
 Aditivo : -
 % Aditivo : -
 Indice de adhesividad : 3




 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 183867

*Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecutado por : Téc. J.Ch.*

Equipos Usados	F. Calibración
Bal-TAJ4001-Nº1	Enero.-2020

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 -
 S.J.L - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC



INFORME DE ENSAYO
REPORTE DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

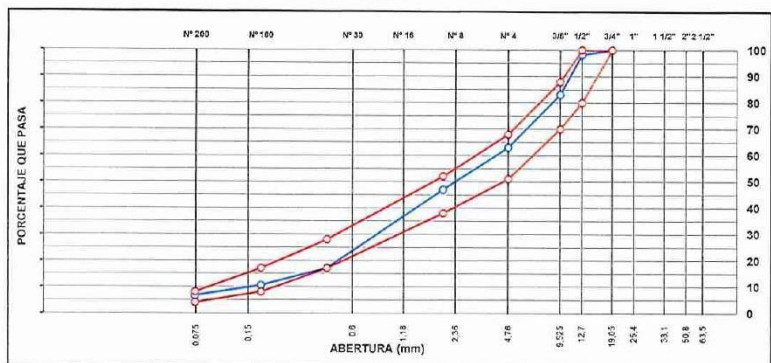
PROYECTO : ANALISIS DE LA VIDA UTIL DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLIMERO LIGNINA - LIMA 2020
 UBICACIÓN : LIMA
 SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 REFERENCIA : DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE
 FECHA : 30/09/2020
 IDENTIFICACIÓN : MEZCLA DE AGREGADOS PRESENTACIÓN :
 DESCRIPCIÓN : MEZCLA DE AGREGADOS CANTIDAD :

COMBINACIÓN TEORICA DE AGREGADO GRUESO Y FINO					
MALLAS		RET. PAR.	RET. AC.	PASA	GRADACIÓN
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	%	%	%	MAC II
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050			100,0	100
1/2"	12,700	1,7	1,7	98,3	80
3/8"	9,525	15,1	16,8	83,2	70
1/4"	6,350	15,9	32,8	67,2	
# 4	4,750	4,2	36,9	63,1	51
# 8	2,380	10,8	47,7	52,3	
# 10	2,000	5,3	53,1	46,9	38
# 16	1,190	13,3	66,3	33,7	
# 20	0,840	5,3	71,7	28,3	
# 30	0,590	7,6	79,3	20,7	
# 40	0,426	3,6	82,8	17,2	17
# 50	0,297	2,9	85,7	14,3	
# 80	0,177	3,7	89,5	10,5	8
# 100	0,149	1,2	90,7	9,3	
# 200	0,074	2,6	93,3	6,7	4
< # 200	--	6,7	100,0	0,0	

PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS	
PIEDRA CHANCADA 3/4"	02,0 %
PIEDRA CHANCADA 1/2"	35,0 %
ARENA CHANCADA	63,0 %

ESPECIFICACIONES
 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EG-2013 DEL MTC. CAPITULO 4: PAVIMENTOS - PAVIMENTOS FLEXIBLES (SECCIÓN 423: PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE) TABLA 423-03 GRADACIÓN PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CURVA GRANULOMÉTRICA

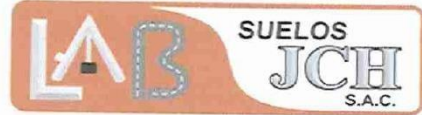


Fecha de reporte Lima, 01 de octubre del 2020



JAVIER FRANCISCO
 ULLOA GLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193587

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLÍMERO LIGNINA - LIMA 2020

UBICACIÓN : LIMA
 SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 30/09/2020

DETALLE DE LA MUESTRA

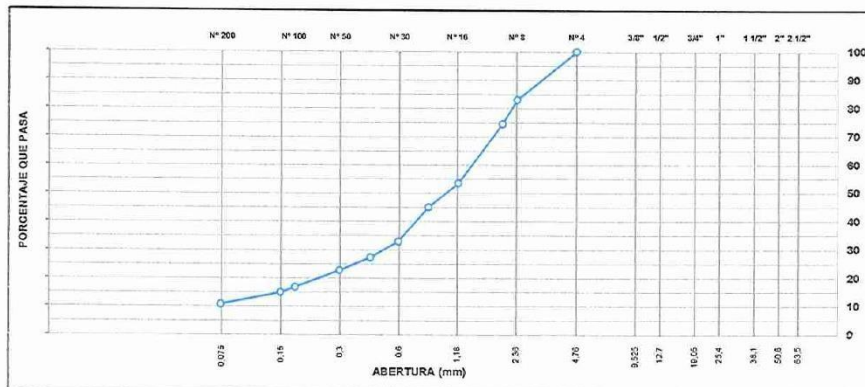
IDENTIFICACIÓN : CANT. CRUSHING
 DESCRIPCIÓN : ARENA CHANCADA
 PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
 CANTIDAD : 40 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050					
1/2"	12,700					
3/8"	9,525					
1/4"	6,350					
# 4	4,750				100,0	
# 8	2,380	151,2	17,0	17,0	83,0	
# 10	2,000	75,2	8,5	25,4	74,6	
# 16	1,190	187,6	21,1	46,5	53,5	
# 20	0,840	75,4	8,5	55,0	45,0	
# 30	0,590	107,2	12,0	67,1	32,9	
# 40	0,426	50,4	5,7	72,7	27,3	
# 50	0,297	40,7	4,6	77,3	22,7	
# 80	0,177	52,8	5,9	83,2	16,8	
# 100	0,149	15,9	1,9	85,1	14,9	
# 200	0,074	37,1	4,2	89,3	10,7	
<# 200	(ASTM C-137)	95,2	10,7	100,0	0,0	

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

P.E. MASA (ASTM C127) : 2,613 g/cm³
 P.E. SSG (ASTM C127) : 2,670 g/cm³
 P.E. APAR. (ASTM C127) : 2,769 g/cm³
 ABSORCIÓN (ASTM C127) : 2,1 %
 EQUIV. DE ARENA (ASTM D2429) : 64 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



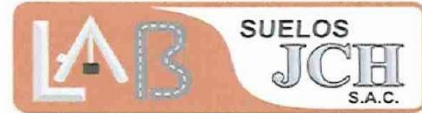
Fecha de reporte : Lima, 01 de octubre del 2020



Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193687

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 RPC - 01 693-5014

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACION DE BIOPOLÍMERO LIGNINA - LIMA 2020

UBICACIÓN : LIMA
 SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 30/09/2020

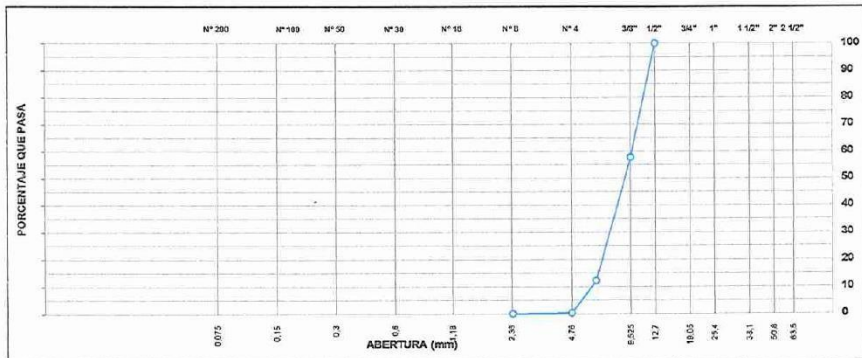
DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANT. CRUSHING PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
 DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA 1/2" CANTIDAD : 40 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE	ABERTURA	PESO RET.	RET. PAR.	RET. AC.	PASA	ESPECIFICACIÓN
AMERICANA	(mm)	g	%	%	%	
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050					
1/2"	12,700				100,0	
3/8"	9,525	1434,1	42,3	42,3	57,7	
1/4"	6,350	1543,6	45,5	87,8	12,2	
# 4	4,760	404,7	11,9	99,7	0,3	
# 8	2,380	9,5	0,3	100,0	0,0	
# 10	2,000					
# 15	1,190					
# 20	0,840					
# 30	0,590					
# 40	0,426					
# 50	0,297					
# 60	0,177					
# 100	0,149					
# 200	0,074					
< # 200	(ASTM C-137)					

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
P.E. MASA (ASTM C127)	: 2,590 g/cm ³
P.E. SSG (ASTM C127)	: 2,720 g/cm ³
P.E. APAR. (ASTM C127)	: 2,774 g/cm ³
ABSORCIÓN (ASTM C127)	: 1,1 %
1 CARAS FRACT. (ASTM D5821)	: 100 %
2 CARAS FRACT. (ASTM D5821)	: 100 %
CHATAS Y ALARG. (ASTM D4791)	: 4,2 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



Fecha de reporte : Lima, 01 de octubre del 2020

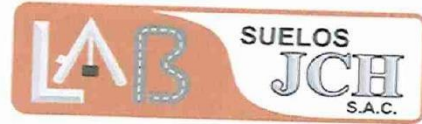


Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 RPC - 01 693-5014

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

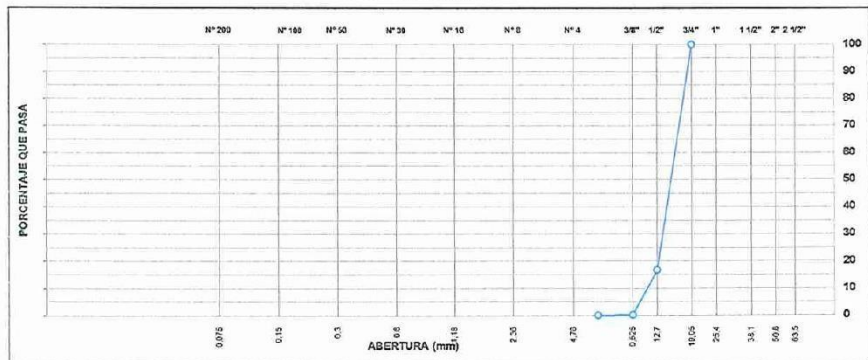
PROYECTO : ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE BIOPOLÍMERO LIGNINA - LIMA 2020
UBICACIÓN : LIMA
SOLICITANTE : GIAN CARLOS OROSCO CAJAS & RODDY RONALD ROMERO FLORES
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA : 30/09/2020

DETALLE DE LA MUESTRA
IDENTIFICACIÓN : CANT. CRUSHING
DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA 3/4".
PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
CANTIDAD : 40 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE	ABERTURA	PESO RET.	RET. PAR.	RET. AC.	PASA.	ESPECIFICACION
AMERICANA	(mm)	g	%	%	%	
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050				100,0	
1/2"	12,700	3743,8	83,3	83,3	16,7	
3/8"	9,525	743,6	16,5	99,8	0,2	
1/4"	6,350	7,2	0,2	100,0	0,0	
# 4	4,750					
# 8	2,380					
# 10	2,000					
# 16	1,190					
# 20	0,840					
# 30	0,590					
# 40	0,426					
# 50	0,297					
# 80	0,177					
# 100	0,149					
# 200	0,074					
<# 200	(ASTM C-137)					

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
P.E. NASA (ASTM C127)	: 2,705 g/cm3
P.E. S55 (ASTM C137)	: 2,730 g/cm3
P.E. APAR. (ASTM C127)	: 2,773 g/cm3
ABSORC. OR. (ASTM C127)	: 0,90 %
1 CARAS FRACT. (ASTM D5821)	: 100,0 %
2 CARAS FRACT. (ASTM D5821)	: 100,0 %
CHATAS Y ALARG. (ASTM D4791)	: 5,4 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



Fecha de reporte Lima, 01 de octubre del 2020



Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 183867

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 RPC - 01 693-5014

ANEXO 5

Certificados de calibración



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 253 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 204-2020
Fecha de emisión : 2020-09-18

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRENSA UNIVERSAL

Marca de Prensa : HUMBOLDT
Modelo de Prensa : HM-5030.3F
Serie de Prensa : 190369EB26

Marca de Celda : HUMBOLDT
Modelo de Celda : HM-2300.100
Serie de Celda : 800082
Capacidad de Celda : 50 kN

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
14 - SETIEMBRE - 2020

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CÉLDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0340 - 005 - 20	ELICROM
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,4	23,6
Humedad %	62	62

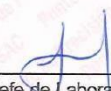
7. Resultados de la Medición

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

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 253 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
5	5,04347	5,04474	-0,87	-0,89	5,04	-0,87	-0,03
10	10,0371	10,0812	-0,37	-0,81	10,06	-0,59	-0,44
15	15,1106	15,1232	-0,74	-0,83	15,12	-0,78	-0,10
20	20,1129	20,1306	-0,56	-0,65	20,12	-0,61	-0,09
25	25,2246	25,0805	-0,90	-0,32	25,15	-0,61	0,58
30	30,1961	30,1206	-0,65	-0,40	30,16	-0,53	0,25
35	35,1656	35,0778	-0,47	-0,22	35,12	-0,35	0,25
40	40,1327	40,1092	-0,33	-0,27	40,12	-0,30	0,06

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9976x - 0,0581$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1

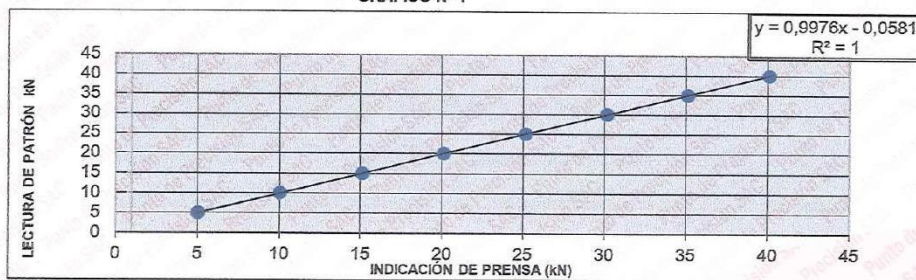
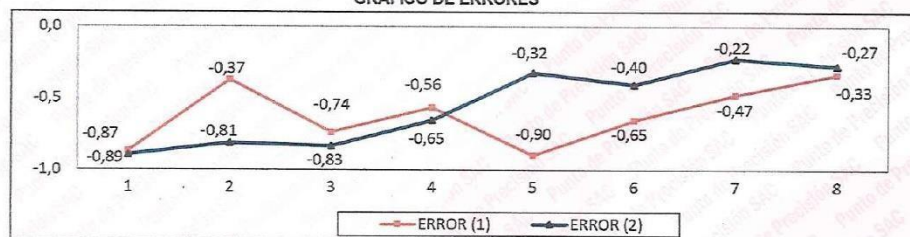


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 007 - 2020

Página: 1 de 3

Expediente : 002-2020
Fecha de Emisión : 2020-01-08

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : TAJ4001

Número de Serie : 8338110064

Alcance de Indicación : 4000 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BAL-TAJ4001-N°1

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2020-01-07

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 007 - 2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	34,4 °C	35,0 °C
Humedad Relativa	40 %	40 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	34,4	34,4

Medición N°	Carga L1= 2 000,0 g			Carga L2= 4 000,0 g		
	I(g)	ΔI(g)	E(g)	I(g)	ΔI(g)	E(g)
1	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,08	-0,03
2	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,09	-0,04
3	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,01
4	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
5	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,04	0,01
6	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
7	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,01
8	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,1	0,05	0,10
9	2 000,0	0,05	0,00	4 000,1	0,08	0,07
10	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,07	-0,02
Diferencia Máxima	0,04			0,14		
Error máximo permitido ±	0,2 g			± 0,3 g		



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

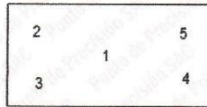
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 007 - 2020

Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal

Temp. (°C) Inicial 34,4 Final 34,5

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	1,0	1,0	0,05	0,00	1 300,0	1 300,0	0,06	-0,01	-0,01
2		1,0	0,05	0,00		1 300,0	0,04	0,01	0,01
3		1,0	0,07	-0,02		1 300,1	0,08	0,07	0,09
4		1,0	0,09	-0,04		1 300,1	0,06	0,09	0,13
5		1,0	0,08	-0,03		1 300,0	0,07	-0,02	0,01

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C) Inicial 34,5 Final 35,0

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
1,0	1,0	0,06	-0,01						0,1
5,0	5,0	0,08	-0,03	-0,02	5,1	0,06	0,09	0,10	0,1
50,0	50,0	0,06	-0,01	0,00	50,1	0,05	0,10	0,11	0,1
100,0	100,0	0,09	-0,04	-0,03	100,1	0,09	0,06	0,07	0,1
500,0	500,0	0,08	-0,03	-0,02	500,1	0,05	0,10	0,11	0,1
700,0	700,0	0,09	-0,04	-0,03	700,1	0,06	0,09	0,10	0,2
1 000,0	1 000,0	0,08	-0,03	-0,02	1 000,0	0,08	-0,03	-0,02	0,2
1 500,0	1 500,0	0,07	-0,02	-0,01	1 500,1	0,07	0,08	0,09	0,2
2 000,0	2 000,1	0,08	0,07	0,08	2 000,1	0,05	0,10	0,11	0,2
3 000,0	3 000,0	0,08	-0,03	-0,02	3 000,0	0,06	-0,01	0,00	0,3
4 000,0	4 000,1	0,08	0,07	0,08	4 000,1	0,08	0,07	0,08	0,3

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,00000627 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00503 \text{ g}^2 + 0,00000000186 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 008 - 2020

Página: 1 de 3

Expediente : 002-2020
Fecha de Emisión : 2020-01-08

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : OHAUS

Modelo : SJX6201/E

Número de Serie : B742840540

Alcance de Indicación : 6200 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2020-01-07

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

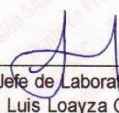
3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 008 - 2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	34,3 °C	34,1 °C
Humedad Relativa	40 %	40 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	IP-296-2019 LM-166-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 3 100,0 g		Carga L2= 6 200,0 g			
	I(g)	ΔI(g)	E(g)	I(g)	ΔI(g)	E(g)
1	3 099,9	0,05	-0,10	6 200,2	0,06	0,19
2	3 100,0	0,06	-0,01	6 200,2	0,08	0,17
3	3 100,0	0,08	-0,03	6 200,2	0,09	0,16
4	3 100,0	0,06	-0,01	6 200,2	0,05	0,20
5	3 100,1	0,08	0,07	6 200,2	0,04	0,21
6	3 100,1	0,08	0,07	6 200,2	0,04	0,21
7	3 100,0	0,09	-0,04	6 200,2	0,08	0,17
8	3 100,0	0,06	-0,01	6 200,2	0,06	0,19
9	3 100,0	0,05	0,00	6 200,2	0,09	0,16
10	3 100,0	0,04	0,01	6 200,2	0,07	0,18
Diferencia Máxima			0,17			
Error máximo permitido ±			0,3 g	± 0,3 g		



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

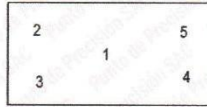
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 008 - 2020

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	1,0	1,0	0,07	-0,02	2 000,0	1 999,9	0,06	-0,11	-0,09
2		1,0	0,05	0,00		1 999,8	0,05	-0,20	-0,20
3		1,0	0,06	-0,01		1 999,8	0,09	-0,24	-0,23
4		1,1	0,04	0,11		2 000,1	0,08	0,07	-0,04
5		1,0	0,09	-0,04		1 999,9	0,04	-0,09	-0,05
Temp. (°C) Inicial 34,2 Final 34,1									
Error máximo permitido : ± 0,2 g									

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
1,0	1,0	0,08	-0,03	0,02	5,0	0,08	-0,03	0,00	0,1
5,0	5,0	0,06	-0,01	0,02	20,0	0,09	-0,04	-0,01	0,1
20,0	20,0	0,05	0,00	0,03	50,0	0,07	-0,02	0,01	0,1
50,0	50,0	0,04	0,01	0,04	500,0	0,09	-0,04	-0,01	0,1
500,0	500,0	0,07	-0,02	0,01	1 000,0	0,05	0,00	0,03	0,2
1 000,0	1 000,0	0,09	-0,04	-0,01	1 500,0	0,06	-0,01	0,02	0,2
1 500,0	1 500,0	0,08	-0,03	0,00	2 000,0	0,05	0,00	0,03	0,2
2 000,0	2 000,0	0,07	-0,02	0,01	5 000,3	0,07	0,28	0,31	0,3
5 000,0	5 000,3	0,04	0,31	0,34	6 000,5	0,04	0,51	0,54	0,3
6 000,0	6 000,5	0,05	0,50	0,53	6 200,0	0,06	0,49	0,52	0,3
6 200,0	6 200,5	0,06	0,49	0,52					

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000658 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00429 \text{ g}^2 + 0,0000000120 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 006 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : 002-2020
Fecha de emisión : 2020-01-08

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : ELE INTERNATIONAL

Modelo de Copa : NO INDICA

Serie de Copa : NO INDICA

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
07 - ENERO - 2020

4. Método de Calibración

Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.
Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	L - 0974 - 2019	INACAL - DM

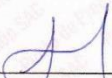
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	36,6	36,7
Humedad %	43	44

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 006 - 2020


Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE							
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO
MEDIDA TOMADA	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	54,86	2,03	27,20	47,91	54,67	150,10	125,54
MEDIDAS STANDARD	54	2	27	47	50	150	125
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0
ERROR	0,86	0,03	0,2	0,91	4,67	0,1	0,54

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

ANEXO 6
Panel Fotográfico

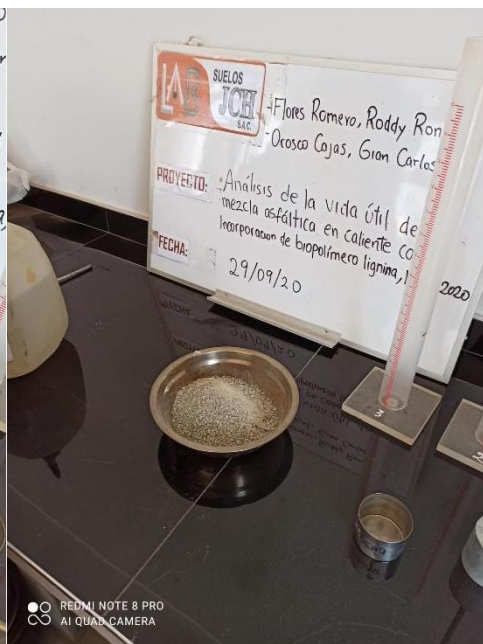
Abrasión en la máquina de los Angeles

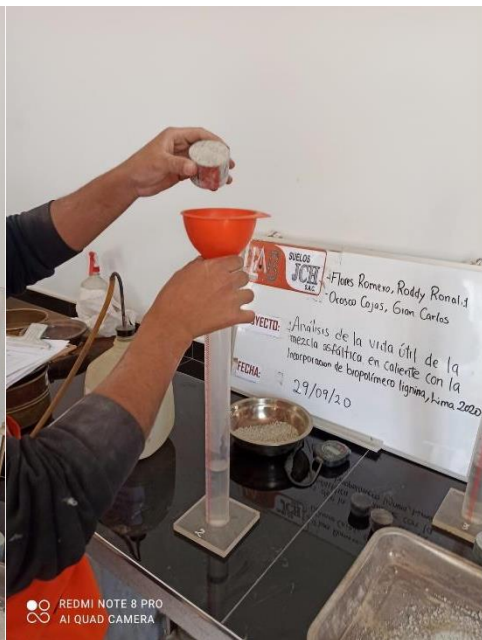
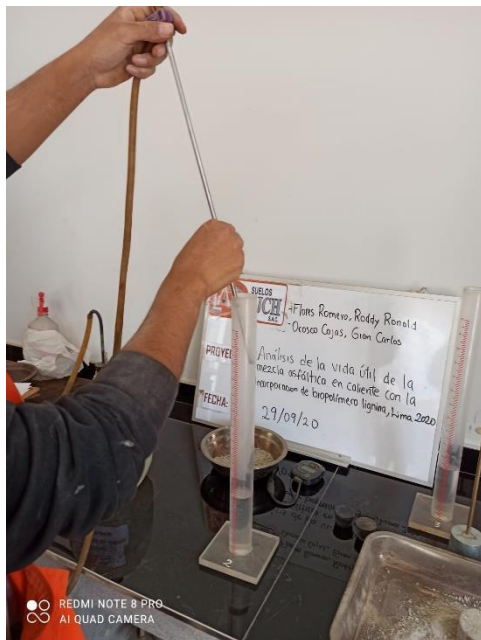


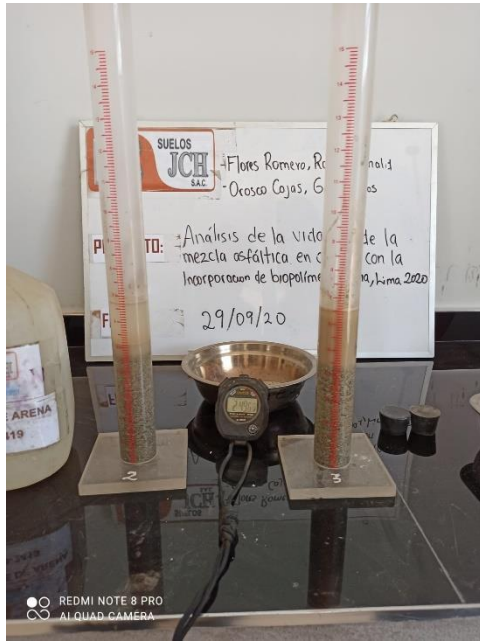




Equivalente de Arena



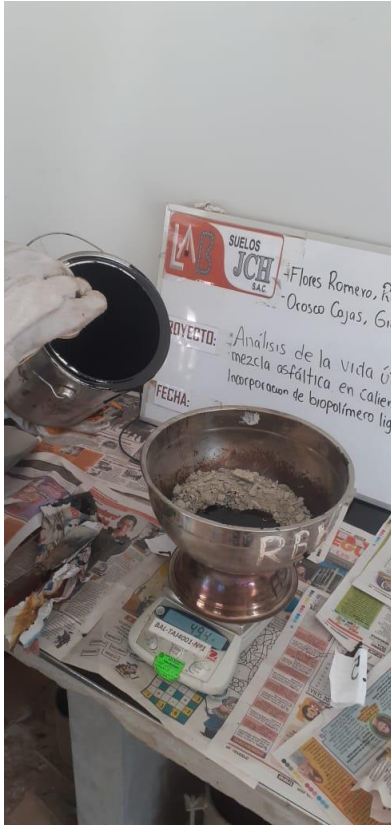




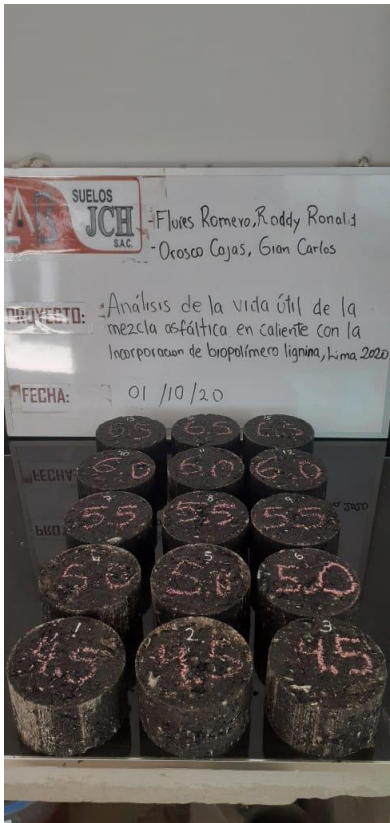
Mezcla Asfáltica en caliente Diseño Patrón



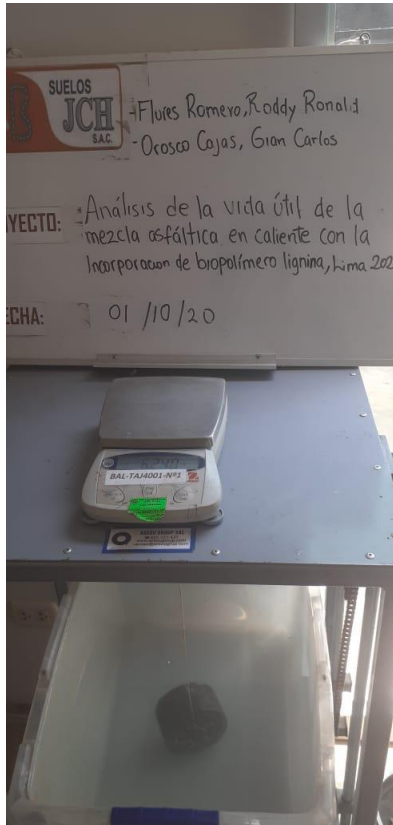






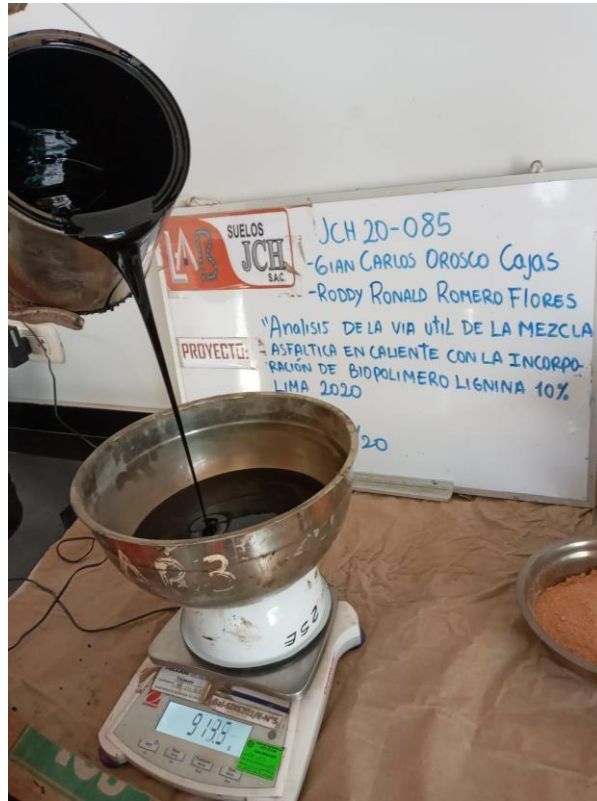


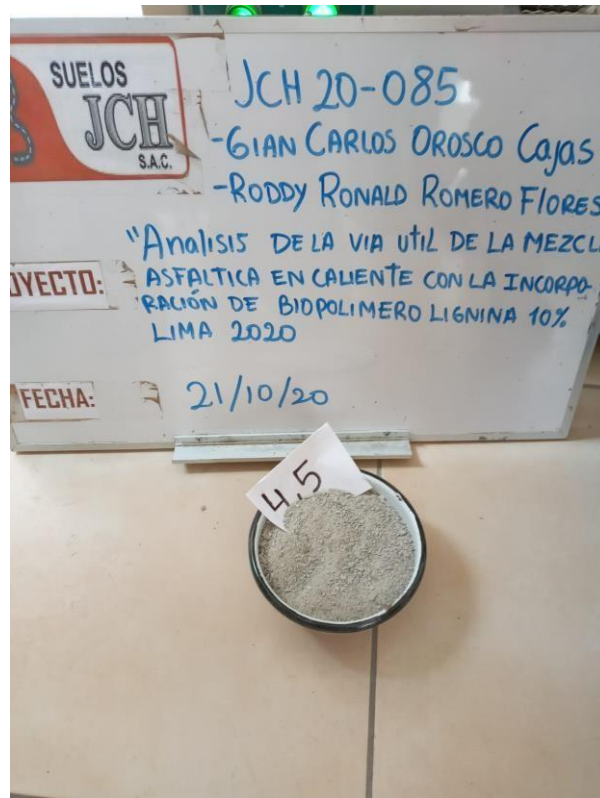


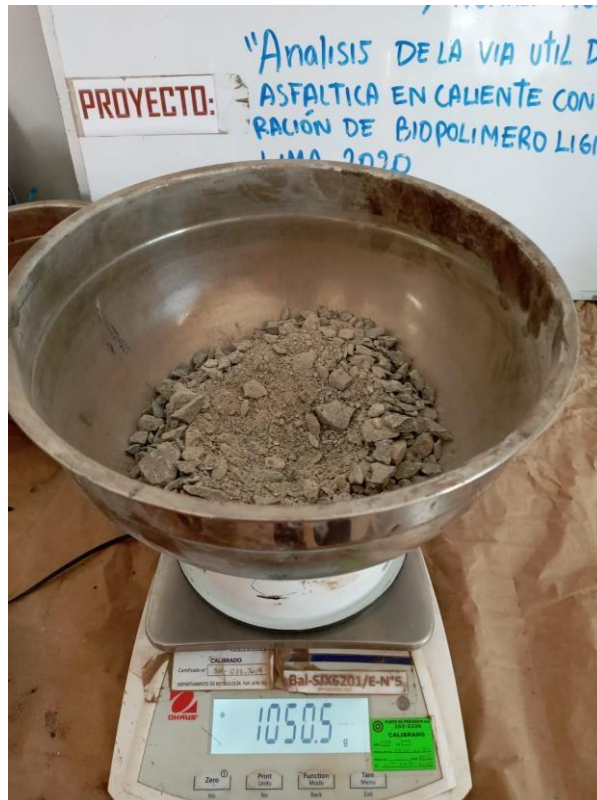


Mezcla Asfáltica en caliente con 5%, 10% y 15% de lignina































ANEXO 7

Lignina

INFORME DE ENSAYO

IE-051020-01

1. DATOS DEL CLIENTE

Cliente : Orosco Cajas, Gian Carlos
RUC/DNI : Análisis de la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero lignina, Lima-2020

2. FECHAS

Inicio : 08 de Octubre de 2020
Fin : 15 de Octubre de 2020
Emisión de informe : 15 de Octubre de 2020

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

Temperatura : 22.5 °C
Humedad Relativa : 52.2 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

Ensayo solicitado : Extracción de lignina
Método utilizado : Hidrólisis

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código de Laboratorio	Producto/ Descripción
S-0384	Bagazo de Caña de Azúcar

6. RESULTADOS

6.1. Procedimiento de extracción de Lignina

- El bagazo de caña fue triturado, y posteriormente secado.
- Se realizó una extracción con Hidróxido de Sodio a presión atmosférica.
- Se partió de un peso de producto en una relación de 1:15 de producto con hidróxido de sodio 4% (p/V) con agitación constante a 500 rpm y a 80°C por 6 horas.
- Posteriormente se retira el material insoluble y se realiza la precipitación de la lignina mediante la disminución de la solución hasta pH=2.0 con ácido sulfúrico.
- Se realiza la filtración, se realiza el lavado del material insoluble
- Se realiza el secado a 40°C por 5 horas.

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DEL DOCUMENTO



DIEGO ROMÁN YERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
COP. 1337

Página 1 de 2

**ANEXO N°1:
IMÁGENES ASOCIADAS AL PROCESO DE EXTRACCIÓN**



Figura N°1: Extracción



Figura N°2: Precipitación



**Figura N°3: Proceso de
Secado**



Figura N°4: Producto Final

Diego Román
DIEGO ROMANO BERGERAY DIABIS
QUÍMICO
CQP. 1337