



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla  
asfáltica en caliente adicionando cal hidratada, Av. San Diego, 2021

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

**AUTORES:**

Ramos Alzamora, Jhosep Roy (ORCID: 0000-0002-0501-7552)

Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus (ORCID: 0000-0002-8306-897X)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatorias**

Esta investigación la dedico a mis padres Jesús Ramos Gonzales y Norma Alzamora Cárdenas, quienes estuvieron siempre pendientes dándome sus buenos consejos e incentivándome a culminar mi carrera universitaria como ingeniero civil, en recompensa a ello les dedico esta investigación.

***Jhosep Roy Ramos Alzamora***

Dedicado a Dios, a mis padres, Rubén Zamudio Saldaña; Rosa María Rodríguez García, mis hermanos, Doris y Robert quienes confiaron siempre en mí, por ser los principales motivadores y los formadores de lo que ahora soy como persona, por ser ellos el motivo para realizar y alcanzar mis metas y gracias a todas las personas que siempre me apoyaron con sus buenos consejos.

***Rubén Darío M. Zamudio Rodríguez***

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios por mostrarnos el camino que nunca debemos desistir, a la Universidad César Vallejo facultad de la ingeniería civil después de años de esfuerzo, sacrificio y dedicación.

Al magister Carlos Alberto Villegas Martínez por habernos ayudado en todo momento, darnos seguimiento, sugerencias para la elaboración de esta investigación y a todos los docentes que han estado a lo largo de toda nuestra carrera universitaria; quienes nos formaron para llegar a ser ingenieros, brindándonos sus experiencia, consejos y enseñanzas para poderlos aplicar en el campo laboral el día en que salgamos de la universidad.

A todas nuestras amistades con los que compartimos experiencias dentro y fuera de las aulas de la universidad, las que nos ayudaron a seguir en el camino ideal, aquellas amistades que se convirtieron en hermanos de toda la vida.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	i
Agradecimiento .....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>43</b>
3.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque de investigación.....	43
3.2. Variables y operacionalización.....	45
3.3. Población, muestra y muestreo .....	47
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	50
3.5. Procedimientos .....	51
3.6. Método de análisis de datos.....	59
3.7. Aspectos éticos.....	60
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>61</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>113</b>
<b>VI. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>122</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>124</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>132</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Requerimientos de diseño para la mezcla de concretos bituminosos. ....	18
Tabla 2. Requisitos de vacíos mínimos en V.M.A. ....	21
Tabla 3. Selección para el tipo del cemento asfáltico. ....	25
Tabla 4. Clasificado por grado de para cementos asfálticos. ....	26
Tabla 5. Clasificación de fallas de los pavimentos asfálticos. ....	37
Tabla 6. Análisis del contenido de vacíos y densidad en el diseño de mezcla. ....	47
Tabla 7. Muestras para el ensayo de deformabilidad. ....	48
Tabla 8. Muestras para ensayo resistencia a la compresión inmersión (MTC E-518). ....	48
Tabla 9. Resumen del total de cada uno de los ensayos según dimensión. ....	49
Tabla 10. Datos de los agregados para la granulometría. ....	66
Tabla 11. Granulometría a usar para el diseño de mezcla asfáltica. ....	67
Tabla 12. Granulometría resultante del diseño de mezcla. ....	67
Tabla 13. Resumen de ensayos y materiales. ....	68
Tabla 14. Proporción de mezcla y tipos de materiales. ....	73
Tabla 15. Requisitos para los parámetros de diseño de mezcla (MTC E 504). ....	75
Tabla 16. Resultados de valores para diseño de mezcla 0%. ....	75
Tabla 17. Resultados para el diseño de mezcla modificado con 1% de cal hidratada. ....	76
Tabla 18. Resultados para el diseño de mezcla modificado con 1.5% de cal hidratada. ....	76
Tabla 19. Resultados para el diseño de mezcla modificado con 3% de cal hidratada. ....	77

Tabla 20. Resumen de selección total de los valores obtenidos según el porcentaje de cal hidratada con 0%; 1%,1.5% y 3% en el diseño de mezclas asfáltica en caliente. ..	78
Tabla 21. Resumen de datos obtenidos de los parámetros de diseños Marshall de mezcla asfáltica patrón 0% y modificada con 1% de cal hidratada. ....	88
Tabla 22. Resumen de datos para determinar Estabilidad y flujo Marshall. ....	94
Tabla 23. Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica patrón 0%.....	100
Tabla 24. Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica modificada con cal hidratada al 1%.....	101
Tabla 25. Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica modificada con cal hidratada al 1.5%.....	101
Tabla 26. Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica modificada con cal hidratada al 3%.....	102
Tabla 27. Resumen de datos obtenidos de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica patrón 0% y modificada con 1% de cal hidratada.....	103
Tabla 28. Comparación de resultados para el comportamiento físico en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.....	115
Tabla 29. Comparación de resultados para las propiedades mecánicas (Deformabilidad) en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.....	117
Tabla 30. Comparación de resultados de antecedente vs Trabajo de investigación para la propiedades mecánicas (Inmersión-Compresion). ....	120

## Índice de figuras

Figura 1. Procedimientos para el método Marshall.....	18
Figura 2. Esquema de componentes en una mezcla asfáltica en caliente.....	19
Figura 3. V.M.A en briqueta de mezcla asfáltica compactada. ....	20
Figura 4. Volumen en la mezcla asfáltica compactada. ....	21
Figura 5. Esquema de comportamiento y capas de un pavimento flexible.....	23
Figura 6. Máquina de los ángeles. ....	28
Figura 7. Máquina de los Ángeles y Abrasión de agregados. ....	28
Figura 8. Proceso del hidróxido de calcio.....	30
Figura 9. Comparación física entre el óxido de calcio y hidróxido de calcio. ....	31
Figura 10. Comportamiento de la cal en el asfalto. ....	32
Figura 11. Fallas en una carpeta asfáltica. ....	34
Figura 12. Deterioro o fallas en un pavimento. ....	38
Figura 13. Prueba de Resistencia Inmersión – Compresion. ....	40
Figura 14. Equipo para pruebas Marshall - Pruebas estabilidad. ....	42
Figura 15. Materiales empleados en el diseño de mezcla asfáltica. ....	52
Figura 16. Molde de compactación. ....	53
Figura 17. Extractor de molde de briquetas. ....	53
Figura 18. Martillo de compactación. ....	54
Figura 19. Máquina para prueba de estabilidad y flujo Marshall. ....	55
Figura 20. Cabezal de rotura Marshall.....	55

Figura 21. Pedestal de compactación. ....	56
Figura 22. Horno para ensayo. ....	56
Figura 23. Recipiente para acondicionamiento de baño de agua. ....	57
Figura 24. Equipos misceláneos empleados. ....	58
Figura 25. Ensayos iniciales para el diseño de mezcla asfáltica. ....	58
Figura 26. Briquetas con 0%; 1%; 1.5% y 3% de cal hidratada. ....	59
Figura 27. Ubicación de la zona de estudio. ....	61
Figura 28. Ubicación del laboratorio. ....	62
Figura 29. Ubicación de la cantera. ....	63
Figura 30. Cuarteo de la muestra. ....	64
Figura 31. Secado del material en el horno. ....	65
Figura 32. Colocación de los tamices. ....	65
Figura 33. Curva granulométrica. ....	68
Figura 34. Briquetas de forma cilíndrica, diámetro de (4") y (2") de altura. ....	69
Figura 35. Cuantificación y preparación del material árido. ....	70
Figura 36. Diseño de briquetas en 0%;1%;1.5% y 3%. ....	71
Figura 37. Preparativos del material árido. ....	71
Figura 38. Preparación de las briquetas. ....	72
Figura 39. Compactado de las briquetas Marshall. ....	74
Figura 40. Barras comparativas del contenido óptimo de cemento asfáltico en el diseño con 0% y diseños modificados con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	79



Figura 41. Barras comparativas (peso específico g/ cm <sup>3</sup> ) diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	80
Figura 42. Barras de gráficos comparativos para el porcentaje de vacíos en el diseño patrón (0%) y diseños modificados con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	81
Figura 43. Barras comparativas para el porcentaje de absorción en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	82
Figura 44. Barras comparativas para vacíos llenos con cemento asfáltico (%) en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	83
Figura 45. Barras comparativas para el porcentaje de volumen de agregado mineral (V.M.A.%) en el diseño con patrón (0%) y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	84
Figura 46. Barras comparativas para la estabilidad en el diseño con patrón (0%) y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	85
Figura 47. Barras comparativas para el flujo en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	86
Figura 48. Barras comparativas para relación estabilidad/ flujo en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada. ....	87
Figura 49. Peso específico (Mezcla 0%). ....	89
Figura 50. Estabilidad (Mezcla 0%). ....	89
Figura 51. V.M.A (Mezcla 0%). ....	89
Figura 52. Vacíos (Mezcla 0%). ....	89
Figura 53. Flujo (Mezcla 0%). ....	89
Figura 54. V.LL.CA. (Mezcla 0%). ....	89
Figura 55. Peso específico (Modificada 1%). ....	90
Figura 56. Estabilidad (Modificada 1%). ....	90

Figura 57. V.M.A (Modificada 1%). .....	90
Figura 58. Vacíos Modificada 1%).....	90
Figura 59. Flujo (Modificada 1%).....	90
Figura 60. V.LL.CA. (Modificada 1%).....	90
Figura 61. Barras comparativas para el contenido de vacíos en la mezcla asfáltica entre el diseño patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada. ....	91
Figura 62. Barras comparativas para la densidad en la mezcla asfáltica entre el diseño patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada. ....	92
Figura 63. Preparación para el ensayo de prueba de flujo y estabilidad Marshall. ....	93
Figura 64. Ensayo de rotura para estabilidad y flujo Marshall.....	94
Figura 65. Barras comparativas para la estabilidad Marshall entre el diseño de mezcla asfáltica patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada. ...	95
Figura 66. Barras comparativas para flujo Marshall entre el diseño de mezcla asfáltica patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada.....	96
Figura 67. Barras comparativas de estabilidad / flujo entre el diseño de mezcla asfáltica patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada.....	97
Figura 68. Elaboración de briquetas para Inmersión - compresion. ....	98
Figura 69. Prueba de ensayo para inmersión - compresión.....	99
Figura 70. Barras comparativas de resistencia a la compresion en el diseño patrón (0%) para especímenes de los grupos N°1 y N°2.....	104
Figura 71. Barras comparativas de resistencia a la compresion en el diseño modificado (1%) para especímenes de los grupos N°1 y N°2. ....	105
Figura 72. Barras comparativas de promedio de resistencia a compresion en el diseño patrón (0%), diseño con cal hidratada (1%) para especímenes de los grupos N°1...	106

Figura 73. Barras comparativas de promedio de resistencia a compresion en el diseño patrón (0%), diseño con cal hidratada (1%) para especímenes de los grupos N°2...	107
Figura 74. Barras comparativas de resistencia retenida (%) entre el diseño patrón con 0% y el diseño modificado con 1% de cal hidratada. ....	108
Figura 75. Barras comparativas para el contenido de vacíos y densidad en la mezcla, antecedente vs. Trabajo de investigación.....	116
Figura 76. Barras comparativas de Deformabilidad (Estabilidad y Flujo) antecedente vs. Trabajo de investigación.....	118
Figura 77. Barras comparativas para índice de resistencia retenida (Inmersión - Compresion) antecedente vs. Trabajo de investigación. ....	121

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, determinar el comportamiento físico y mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021, la cual busca promover nuevas alternativas para mejorar su desempeño de las mezclas asfálticas en caliente, la investigación se realizó en la ciudad de Lima en el distrito de San Martín de Porres en la Av. San Diego, el diseño de investigación es experimental, de tipo aplicada, nivel explicativa y con enfoque cuantitativa. La cal hidratada añadida se emplea para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas; se empleó un cemento asfáltico 60/70 para la fabricación de cada briqueta con los porcentajes de 0%, 1%, 1.5% y 3% de cal hidratada; mediante el ensayo de Marshall que es el más conocido y representativo, la proporción de mezcla es de 40% de agregado grueso, fino 60% con una gradación MAC-2, el contenido de vacíos decrece con el porcentaje óptimo de cal hidratada al 1% en 7.50%, la densidad de la mezcla se incrementa en 0.62%, para la propiedad mecánica; la estabilidad se incrementa en 4.6%, flujo 2.33%; más que el patrón 0%, para la prueba de inmersión – compresión, se determinó que el índice de resistencia retenida entre el diseño patrón y modificado presenta un incremento del 10.43%, concluyendo que mejora el contenido de vacíos, densidad, deformación y se incrementa los esfuerzos máximos, resultando ser menos susceptible a perder resistencia por efecto del agua, los valores van acorde a los parámetros establecidos por el manual de E.G -2013 MTC.

**Palabras clave:** Cal hidratada, Mezclas asfáltica, Comportamiento físico y mecánico.

## **Abstract**

The objective of this research work was to determine the physical and mechanical behavior in the design of the hot asphalt mix by adding hydrated lime - Av. San Diego, 2021, which seeks to promote new alternatives to improve the performance of asphalt mixes in Hot, the research was carried out in the city of Lima in the district of San Martín de Porres on Av. San Diego, the research design is experimental, applied, explanatory level and with a quantitative approach. The added hydrated lime is used to improve its physical and mechanical properties; A 60/70 asphalt cement was used for the manufacture of each briquette with the percentages of 0%, 1%, 1.5% and 3% of hydrated lime; Through the Marshall test, which is the best known and most representative, the mixing ratio is 40% coarse aggregate, 60% fine aggregate with a MAC-2 gradation, the void content decreases with the optimum percentage of hydrated lime at 1% in 7.50%, the density of the mixture increases in 0.62%, for the mechanical property; stability is increased by 4.6%, flow 2.33%; more than the 0% standard, for the immersion - compression test, it was determined that the index of resistance retained between the standard and modified design presents an increase of 10.43%, concluding that it improves the void content, density, deformation and increases the maximum efforts, resulting in being less susceptible to losing resistance due to the effect of water, the values are in accordance with the parameters established by the EG -2013 MTC manual.

**Keywords:** Hydrated lime, Asphalt mixtures, Physical and mechanical behavior.

## I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática se evidencia en las nuevas propuestas para mejorar los diseños de mezclas asfálticas; acrecentar su desempeño ante los diversos factores que reducen la vida de los pavimentos asfálticos, ha originado estudios de mejoramiento sobre el empleo de materiales alternativos para adicionar a los diseños de mezclas y modificar sus propiedades físicas y mecánica. Las mezclas asfálticas al estar constituidas de agregados pétreos y un ligante su principal función es la de proveer una superficie de rodadura segura y resistente, lo cual muchas veces incide en sus agregados que se emplean, esto genera la implementación de nuevos materiales a la hora de hacer el diseño, con la intención de mitigar y hacerlo resistente a las deformaciones, climas, evitar viscosidad y sobre todo incrementar su estabilidad en estos diseños de mezclas.

En el Salvador, los pavimentos flexibles no cumplen con su tiempo de vida útil lo que radica en el tipo de asfalto utilizado, uno de los factores que contribuye en su deterioro es la humedad por el clima al que están sometidos; viéndose afectado sus propiedades fundamentales manifestándose como agrietamientos producidos por fatigas, fisuras por efecto térmicos y ahuellamientos ya que se caracteriza de modo racional los comportamientos de esfuerzo de deformación en la mezcla asfáltica.<sup>1</sup> Tras lo mencionado, el desempeño de los pavimentos se ven afectados ante los diversos tipos de climas a los que están sometidos, esto se ve reflejado en la serviciabilidad de las carpetas asfálticas; por lo tanto se viene buscando alternativas que mejoren el desempeño de los diseños de mezcla, como la resistencia a la humedad, sus propiedades y poder mitigar estos problemas para ser aplicados en los pavimentos.

En el Perú en el departamento de Chiclayo, la localidad de Pimentel, debido al clima que posee se ha visto en la necesidad de requerir diseños de mezclas asfálticas que contrarresten los problemas de temperatura, que muchas veces afectan directamente a los pavimentos de asfalto, causas que originan la deformación y que se ve influenciada por condiciones climáticas. Así mismo, los efectos del tráfico, problemas de durabilidad, efectos ambientales y las deformaciones permanentes es una de las

---

<sup>1</sup> (AGUILAR Sara y otros, 2016 pág. 6-7)

causas que más inciden estos problemas, los cuales se trataron de evitar realizando refuerzos en su estructura directamente en la capa de rodadura, trabajo que se ejecutó hace aproximadamente 2 años, pese a todo esto igualmente se puede observar en muchos tramos el constante deterioro de las vías, aunque con un segundo tratamiento bituminoso; esto no ha sido lo suficiente para poder mantener en óptimas condiciones estos pavimentos de asfalto.<sup>2</sup> La existencia de estas fallas reduce los niveles de serviciabilidad y vida de las carpetas de asfalto, afectando la economía y sobre todo socialmente a los usuarios de esta localidad, por ello es necesario tener en cuenta los factores que afectan a los pavimentos de asfalto a la hora de su diseño para hacerlo resistente ante estos problemas.

En el departamento de Lima distrito de San Martín de Porres, se percibe que la gran parte de los vehículos que circulan son de tipo pesados; siendo una de las causas en su patología para una carpeta asfáltica, por ello es necesario determinar los factores que intervienen, como se producen los deterioros de los pavimentos; que se dan muchas veces por la constante circulación de los vehículos, la presencia de la humedad que muchas veces se da por el contacto del agua, el mal empleo del personal de la municipalidad a la hora de regar los jardines de las avenidas, esto se traduce como irregularidades en los perfiles de los pavimentos, también se tiene en cuenta la falta de criterios a la hora de su diseño de mezcla.<sup>3</sup> De acuerdo a lo mencionado, las carpetas de asfalto se ven alteradas por fallas que intervienen directamente en la carpeta de rodadura, así como también en las diferentes capas de la que están conformado los pavimentos, estas fallas podrían ser generadas por una mala calidad y deficiencia en sus materiales empleados, reflejándose directamente en el diseño de mezcla.

Por ello se considera que actualmente en la Av. San Diego del distrito de San Martín de Porres, el acceso de esta vía no se llega a cumplir con los parámetros permisibles de diseño ni con las condiciones propicias para la estructura vial de reglamento para afrontar los diversos problemas como el incremento de la carga, mala aplicación de los agentes de emulsión asfáltica, efectos climáticos, influencia del agua, entre otros, ya que estas exponen desgaste y/o deformaciones; reflejándose directamente en la reducción de la capacidad de carga, lo que ocasionan accidentes de tránsito debido a

---

<sup>2</sup> (NAVARRO José, 2017 pág. 16)

<sup>3</sup> (BARDALES Katty, 2019 pág. 2)

imperfecciones que puede presentar en sus capas . Lo que se pretende resaltar es que los diseños de asfalto son esencial en las construcciones de estas vías y estas deben cumplir con el reglamento adecuado según las normas a la hora de su diseño, también es válido la incorporación de producto para mejorar su desempeño, incrementar su resistencia ante la influencia del agua; como el uso de la cal hidratada que es un excelente modificador que puede mejorar sus propiedades físicas y mecánicas en los diseños de mezclas de asfalto.

El Problema general: ¿Conocer cómo influirá el comportamiento físico y mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021?, Así mismo se formuló los Problemas específicos: (1) ¿Conocer cómo influye el contenido de vacíos y la densidad para el comportamiento físico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada? ;(2) ¿Conocer cómo influye la deformabilidad para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada?; (3) ¿Conocer cómo influye la resistencia a la compresion - inmersión para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada?

La justificación del estudio de investigación se sustentará en base a 4 argumentos las cuales son: teórica, social, económica y metodológica, argumentado y demostrando las ventajas que posee la cal hidratada para las mezclas asfálticas; lo que beneficiará en muchos aspectos a las carpetas asfálticas de los pavimentos construidos con diseños de mezclas convencional.

La Justificación Teórica de esta investigación, se justifica en base a teorías y sustentos relacionado al tema de investigación, ya que busca estudiar el comportamiento físico y mecánico de un diseño de mezcla asfáltica modificada con la adición de cal hidratada ante la deformación, el contenido de vacíos y a la perdida de resistencia por influencia del agua a la que podrían estar expuesta, ya que la cal hidratada es un excelente modificador para incrementar su estabilidad, flujo y mejorar el contenido de vacíos para las mezclas asfálticas.

Para la Justificación Social, se da en beneficio al distrito de S.M.P de la Av. San Diego, ya que el diseño que se va a utilizar aportaría una solución a los problemas de fallas y deterioro de la carpeta asfáltica, mitigando problemas superficiales en su estructura; es por ello que nace la iniciativa de modificar una mezcla asfáltica y mejorar su desempeño para sus propiedades; también contribuir con los conocimientos sobre el



estudio de las ventajas que tiene la cal hidratada para obtener una mejor duración en la serviciabilidad de la carpeta asfáltica y así incrementar su durabilidad para esta avenida.

En la justificación económica, se sustenta en que la cal hidratada en las mezclas asfálticas representa una inversión sin pérdidas, además es un excelente modificador y sobre todo su costo no es elevado en nuestro país, es empleado en muchos países, siendo viable su aplicación porque reduce los índices del envejecimiento de los pavimentos; incrementando su vida útil y que además su empleo es muy requerido en el ámbito de la construcción.

Finalmente, la justificación será de manera metodológica, por que busca proveer conocimientos nuevos y confiables por medio de una metodología rigurosa con el propósito de orientar a otras investigaciones a fines, el método que se utilizó fue la observación, identificación del problema, planteamiento de las hipótesis, parte de experimentación; equipamiento automatizado (prueba de ensayo en laboratorio) nuevos conocimientos (conclusiones).

Objetivo general: Determinar el comportamiento físico y mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021. Así mismo se formuló los objetivos específicos los cuales son los siguientes: (1) Determinar el contenido de vacíos y la densidad para el comportamiento físico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada.; (2) Determinar cuál es la deformabilidad para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada.; (3) Determinar la resistencia a la compresión - inmersión para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada..

Dentro de este marco de investigación la formulación de la hipótesis general fue: El comportamiento físico y mecánico que posee el diseño de la mezcla asfáltica en caliente mejorara al adicionar el porcentaje óptimo de cal hidratada – Av. San Diego, 2021. De la misma forma se formuló las hipótesis específicas: (1) El contenido de vacíos y la densidad que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento físico con la adición de cal hidratada; (2) La deformabilidad del diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico al adicionar cal hidratada; (3) La resistencia a la compresión - inmersión que posee el diseño de mezcla

asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico con la adición de cal hidratada.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Para dar inicio a esta investigación sobre el estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada, se tuvo que considerar investigaciones de tesis nacionales, internacionales y artículos vinculadas con el tema de investigación, las cuales fueron:

En el ámbito internacional se tiene en consideración a Del Cid (2016), Tiene como objetivo general elaborar un diseño de mezcla asfáltica modificada con la adición de cal hidratada, para determinar si el empleo de la misma puede cumplir la función tanto de relleno mineral; para el llenado de los vacíos, como también de aditivo para el mejoramiento en las características físicas y las propiedades mecánicas en la mezcla, el diseño de su investigación es experimental y un enfoque de investigación cuantitativo. El trabajo está centrado en un estudio de comparación de una mezcla asfáltica convencional y una modificada con la incorporación de cal hidratada, en donde señalan que es necesario para dar a conocer el comportamiento en una mezcla modificada y llegar a determinar si la adición de cal hidratada puede ser reemplazada como relleno mineral.

Como resultados de los ensayos realizados, para el diseño de mezcla convencional su contenido óptimo de asfalto; está en un rango de entre 5.5 a 6%, lo cual se llegó a determinar através el ensayo de porcentajes de vacíos en la mezcla, encontrándose dentro de los parámetros de diseño permitido en las especificaciones; la cantidad de los vacíos llenados con el cemento asfaltico cumple con estos parámetros 5.38% cuando se utiliza más del 5.75% del ligante, entonces basado en los valores mínimos de estabilidad Marshall (1200 lbf) que debe tener una mezcla compactada, se determinó que cumplió con todos los proporciones de cemento asfaltico empleados en porcentajes de 4, 4.5, 5, 5.5 y 6%, por lo tanto con un 4% del ligante obtiene (1755,19 lbf), pero al utilizar el valor óptimo de cemento asfaltico su estabilidad baja.

En el diseño con cal hidratada el contenido de asfalto está en un rango de 4.80 a 5.60% aprox., determinado igualmente con el ensayo de vacíos 4.35% y cumpliendo con los parámetros de diseño, empleando la cal hidratada como sustituto de agregado mineral

se llegó a comprobar que el % de vacíos están dentro de lo permitido para un 4,75 % de asfalto, el porcentaje de vacíos cumplió al utilizar de 5 a 5.75% del cemento asfáltico, la relación para el relleno mineral y el asfalto está dentro de 0.75 y 1.5%; empleando el tamiz #200 el material que paso fue polvo de roca y cal hidratada cumpliendo para el diseño y las cantidades de cemento asfáltico ya mencionados anteriormente, el valor de la estabilidad para cada uno de los porcentajes de asfalto cumplieron como el valor mínimo establecido para el diseño de (1200 lbf); con aprox. 5,5% de contenido de asfalto se obtuvo una mayor resistencia en el diseño propuesto, teniendo un valor de (2000 lbf).

En conclusión, para la mezcla convencional con 4% de cemento asfáltico se obtuvo (1755,19 lbf) para la estabilidad Marshall sin incumplir con los parámetros de diseño en cada uno de los porcentajes y para la mezcla con cal hidratada al 0.75 y 1.5% con aprox. 5,5% de contenido de asfalto se logró alcanzar hasta los (2000 lbf); presentando un incremento para la resistencia a las deformaciones, como también la reducción de vacíos y esto conlleva a reducir el contenido de humedad.

Como segundo antecedente se tienen a Aguilar, Hernández & Sibrián (2016), tuvo como objetivo general elaborar el diseño de una mezcla de asfalto en caliente adicionando cal hidratada para mejorar la resistencia ante la humedad, su diseño de investigación es experimental y con un enfoque de investigación cuantitativo. Los autores llevan a cabo el desarrollo de su investigación mediante los parámetros del método Marshall; como también medir el incremento de esta adición a través del método de ensayo bajo la norma AASHTO T283 07 método estándar de prueba para la resistencia de mezclas de asfalto compactadas inducido por efecto de la humedad. Los resultados que obtuvieron fue que al emplear el asfalto AC-30 y diversos agregados pétreos, con la intención de encontrar los porcentajes apropiados que posteriormente añaden las cantidades de 1% y 2% de cal hidratada en el diseño de Marshall, evaluada a través de la norma AASHTO T 283 07, determinan que al utilizar la grava TMN 19 mm ( $\frac{3}{4}$ "), arena triturada y grava cero; en la granulometría no es necesario el empleo de la arena triturada, empleando solo el 48% de grava TMN 19 mm ( $\frac{3}{4}$ "), y para grava cero 52% para dar inicio a la elaboración de la mezcla asfáltica con la adición de cal hidratada para obtener una mejora a la resistencia a la humedad.

Posteriormente al término del diseño y a las pruebas correspondiente de ensayos concluyen que la incorporación de cal hidratada mejora sus propiedades, ya que para

el diseño con 1% de cal hidratada y con un porcentaje óptimo de asfalto al 5.90% la estabilidad es de 1386 (kg) y un flujo de entre 3.81(mm) y un porcentaje en su vacíos de 3.98%; así mismo para el porcentaje de 2% de cal hidratada y porcentaje óptimo de asfalto en 5.90% la estabilidad alcanza los 1198 (kg), un flujo de 3.98 (mm) y un porcentaje de vacíos de 3.67% que a comparación del patrón convencional sin cal presenta una estabilidad de 1082 (kg), vacíos de 4.00% y un flujo de 3.15 (mm); lo cual indica que la incorporación de cal hidratada presenta resultados favorables para la resistencia a la deformación; finalmente para la mezcla asfáltica normal su grado de tensión indirecta es del 83.88%, para 1% de cal hidratada es de 94.30% y en 2% de cal hidratada es de 97.93%. por lo que la incorporación de cal hidratada en esta mezcla asfáltica en caliente, se determina que es óptimo para el empleo y para contrarrestar las condiciones a las que estarían expuestos a la humedad los pavimentos flexibles.

Como tercer antecedente se tienen a Bermejo (2020), tuvo como objetivo general mejorar las propiedades mecánicas en una mezcla de asfalto convencional con la incorporación de cal hidratada en relación con el agregado, el diseño de su investigación es experimental, enfoque cuantitativo, el método empleado es deductivo inductivo ya que realizó verificaciones para establecer el comportamiento de una mezcla de asfalto modificada y una convencional, la población quedó establecida en el total de briquetas de asfalto, empleo porcentajes de cal hidratada en 1%, 2%, 2.5% y 3%; con el propósito de modificar la mezcla convencional para luego realizar pruebas de ensayo a las propiedades mecánicas. Los resultados fueron referenciados del diseño patrón al 0%, estando dentro de los parámetros permisibles, para luego determinar que los diseños modificados con cal hidratada en 1%; con un óptimo de asfalto en 5.7%, la estabilidad alcanzó los 2560 Kg, flujo 7 mm, V.LL.CA 74,45, V.M.A 13,25 y vacíos generados en la mezcla de 4%, para el diseño al 2% de cal; óptimo de asfalto en 5.7%, estabilidad 2469 Kg, flujo 8 mm, V.LL.CA 77,36, V.M.A 14,44 y vacíos generados en la mezcla de 4,18%, para el 2.5% de cal hidratada; con un óptimo de asfalto en 5.7%, estabilidad 2416 Kg, flujo 10 mm, V.LL.CA 74,21, V.M.A 14,53 y vacíos de 3,47%, y finalmente para el diseño al 3% de cal hidratada con un óptimo de asfalto en 5.7%, estabilidad obtenida es de 2317 Kg, flujo 8 mm, V.LL.CA 69,78, V.M.A 14,25 y vacíos de aire de 4,34%, para la prueba de ensayo de efecto del agua en mezclas compactadas ensayo de inmersión – compresión, determinaron que el contenido que presentó mejor

desempeño es el porcentaje con 1% de cal hidratada con una resistencia retenida de 80.1; y que a comparación con su patrón alcanzo los 75.3.

Como conclusión señalan que en comparativa de las propiedades de Marshall; determinan que la estabilidad en la mezcla de asfalto modificada con el porcentaje de cal hidratada al 1% presenta un incremento del 23.16% cumpliendo con los parámetros permitidos, para la prueba de ensayo por inmersión compresion procedimiento como indicador a la humedad en mezclas asfálticas; se dedujo que en la mezcla modificada presento un incremento en su resistencia en 6.30%; la cual tuvo mejor reacción ante efectos de la humedad que a comparación de la convencional, por lo tanto la cal hidratada al ser incorporada favorece en la formación de calcio insoluble( calcio); lo que favorece en la mitigación al daño por la humedad.

Menéndez (2016), Su objetivo general fue estudiar la influencia de la adición de cal a mezclas asfálticas para observar y explicar los cambios que esta produce en las propiedades volumétricas, físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, su diseño de investigación es experimental y enfoque cuantitativo. Para lograr efectuar sus objetivos planteados elaboro 54 briquetas para el diseño de 3 mezclas bajo los parámetros de Marshall, las cuales contenían porcentajes de 0%, 1%y 2% de cal hidratada; un grupo de 5 posibles dosificaciones de asfalto especímenes ensayados en 4% al 6% con incremento de 0.5% y una cantidad de mezcla para validar el contenido optimo del asfalto. El resultado que obtuvo en su investigación fue que al añadir la cal hidratada en dosificaciones de un 1.5% y 2% en el peso del agregado seco permitió reducir la cantidad del cemento asfaltico lo cual sirvió para cumplir con los requerimientos para el volumen de vacíos en el diseño.

Concluye que para el diseño de mezcla patrón sin cal hidratada bajo la metodología Marshall, el contenido optimo del asfalto AC-30 es de 5%; ya que con estos valores se fabricaron las briquetas; que servirían para los ensayos de resistencia para condiciones de humedad, sus resultados en la estabilidad fueron de 1677.22 Kgf, flujo de 3.15 mm, densidad 2.322 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A de 14,3%, así como también los vacíos generados en la mezcla compactada alcanza los 4%, cumpliendo con el requisito mínimo. Para el diseño de mezcla modificado con 1% de cal hidratada, su contenido óptimo de asfalto AC-30 fue de 4.7%, presentando una densidad de 2.308 gr/cm<sup>3</sup>, vacíos en la mezcla compactada al 3.6% ,estabilidad de 1805.08 kgf, flujo de 3,23 mm y V.M.A de 13.45%

cumpliendo con los parámetros de diseño indicados y finalmente para el diseño modificado con cal hidratada al 2%, se llegó a determinar que la estabilidad disminuye obteniendo resultados en la estabilidad de 1681.58 kgf, flujo 2,79 mm, densidad de 2.303 gr/cm<sup>3</sup>, vacíos de aire para la mezcla compactada al 3.8% y V.M.A 13,6%; siendo superior con la adición de 1% de cal hidratada, determinando que la incorporación de cal hidratada al 1% presenta mejor desempeño en su estabilidad con una ligera reducción en los vacíos de la mezcla compacta muy superior a la mezcla patrón sin cal hidratada.

Como antecedentes nacionales se tiene a Ordoñez (2016), teniendo como objetivo general estudiar el Comportamiento Mecánico para mezclas asfálticas en caliente, haciendo uso de la cal hidratada, en el Aeropuerto sur del Perú; en su metodología se define como método analítico de diseño experimental, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo, su población fue el lugar donde aplico su diseño de mezclas asfáltica y su muestra fueron sus especímenes del diseño, los procedimientos que siguieron fueron que al aplicar los porcentajes de cal hidratada en el diseño de mezclas asfáltica en cantidades de 1%, 2% y 3%, siguiendo los parámetros para el diseño de la metodología Marshall (ASTM D-1559); con el propósito de encontrar el porcentaje óptimo para una adecuada dosificación y poder diseñar una mezcla de asfalto en caliente, que cumpla propiedades de resistencia y flujo y el posible efecto de deterioros para su reducción en la pista de aterrizaje del aeropuerto.

Concluyen que el empleo de cal hidratada presenta un desempeño favorable ya que se observó mejoras en su resistencia y una disminución en las deformaciones; los resultados determinaron que se obtuvo una mejora favorable en sus propiedades físico mecánica en tracción indirecta en 84.50%, N° de golpes 75, estabilidad en 1,181 kg, flujo de 5.0 mm, 3.3% en los vacíos de aire, peso unitario 2.327 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A 14.3%, V.LLCA 76.5% y un índice en su rigidez de Marshall de 2,360 Kg/cm para el porcentaje de cal hidratada al 1% con un porcentaje óptimo de asfalto de 5.6%, que a comparación de los demás porcentajes se determinó que es el más apropiado, se observó que la estabilidad en el porcentaje de cal hidratada al 2% con un óptimo de asfalto de 5.8% es de 1,228 kg, pero se observa una disminución en el flujo de 4.95 mm, vacíos de aire al 2%, teniendo en cuenta que fue elaborado con los parámetros indicados, N° de golpes 75, peso unitario 2.324 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A 14.4%, V.LL.CA 85% y índice de rigidez de 2,470 kg/cm, al igual que en el porcentaje de 3% de cal hidratada y un contenido óptimo de

cemento asfáltico de 5.9%, N° de golpes por cara 75, su estabilidad alcanza los 1,230 kg, longitud en el flujo de 4.55 mm, peso unitario 2.322 gr/cm<sup>3</sup>, vacíos de aire 1.5%, V.M.A 14.7%, V.LL.CA 87% y un índice de rigidez de 2,630 kg/cm, a todo esto la mezcla asfáltica en caliente quedo establecido para ser aplicado en 1% como el más óptimo de cal hidratada, su proporción de mezcla es de 22% de piedra chancada de ½" , 40% de arena zarandeada, 15% de piedra chancada de 3/8" y 22% de arena chancada.

Como segundo antecedente nacional se tiene a Ulloa (2020), que tuvo como objetivo general Determinar cómo afecta el Filler Activo en el comportamiento de la Carpeta Asfáltica para su rehabilitación, así mismo su metodología se basó en un tipo de investigación aplicada, de nivel explicativo, causal, correlacional, y de enfoque cuantitativo, su población son todos los diseños de mezclas asfálticas con filler, su muestra es el diseño de mezcla y un muestreo de tipo intencionado, Así mismo en su investigación los resultados que esperan obtener son las mejoras en la propiedades de la carpeta asfáltica para un pavimento duradero y que soporte las diversas cargas del tránsito, se rigió a los parámetros de diseño Marshall realizando cuatro diseños para sus mezclas, en donde emplearon el cemento portland y la cal hidratada como filler activo en porcentajes para ambos de 0.5% y 1.5%, tras finalizar los ensayos respectivos para los agregados y verificar el cumplimiento de los parámetros indicados para el diseño de mezclas asfáltica según lo que estipula la norma EG-2013.

Finalmente concluye en sus resultados, que al incorporar filler activo se mejora las propiedades en una carpeta asfáltica, según lo indicado el diseño de mezcla que mejor desempeño presento para la estabilidad es el primer diseño con cemento portland en porcentaje de 0.5% como filler, contenido óptimo de cemento en 5.75% la estabilidad que se obtuvo fue de 1296.00 (kN), fujo de 13.40 (mm), vacíos de 4.50%; así mismo para el segundo diseño en 1.5% de cemento asfáltico, con un contenido óptimo de 5.65%, se obtuvo 1328.20 (kN), con un flujo de 11.60 (mm) y un porcentaje en sus vacíos de 4.10%; dato no muy distante para el porcentaje de 0.5% con cal hidratada y un óptimo de asfalto de 5.80%, la estabilidad obtenida alcanza los 1258.80 (kN), con un flujo de 13.30 (mm) y porcentaje de vacío en 4.30% y para el ultimo diseño en porcentaje de 1.5% de cal hidratada como filler, con contenido óptimo de cemento asfáltico en 5.57%, estabilidad fue de 1304.00 (kN), fujo de 12.80 (mm) y porcentaje de vacíos en 3.90%, se determinó que el primer diseño presento con cemento portland al 1.5% se obtuvo mejores resultados para una mejor resistencia a la deformación, y que el desempeño

de la cal hidratada no es del todo negativo ya que también se obtuvieron resultados favorables para la rehabilitación de la Avenida.

Gutiérrez (2017), Su objetivo planteado fue elaborar un diseño del asfalto en caliente modificado empleando cal hidratada para la Av. Camino Dibos de Ica 2017, el diseño de su investigación es experimental, de tipo aplicada, nivel descriptivo y de enfoque cuantitativo, su población quedo establecida en todos los diseños que realizo en el departamento de Ica, su muestra es el diseño que realizo en la avenida camino dibos. Los procedimientos y resultados que siguió fue que para cumplir con los objetivos desarrolla diversos ensayos para la calidad de los agregados gruesos y finos con el seguimiento y especificaciones bajo la norma MTC y que por consiguiente realiza estudios para cumplir con los parámetros y condiciones para la dosificación de cada una de las mezclas de agregados, en donde para cada mezcla de los agregados se incorporó los porcentajes de la cal hidratada en 1%, 1.5% y 2%; se elaboraron probetas para lo cual se empleó una mezcla convencional; utilizando la metodología Marshall ya que es el más conocido y representativo; mediante un laboratorio que cuente con el equipamiento necesario para establecer su rotura de cada una de las probetas y así determinar si incrementa la estabilidad que se obtiene para cada porcentaje de cal hidratada adicionada, la calidad de agregados que se elaboró cumple con el requisito para la norma MTC y ASTM; indicando en la curva que se encuentra dentro del parámetro a realizar para cada porcentaje de cal hidratada que se añadió en el asfalto en caliente y así poder realizar el diseño correcto.

En síntesis, la incorporación de cal hidratada genera un aumento de la resistencia para el agregado fino más cemento asfáltico y cal hidratada aumenta la adherencia , determinando que al 1% y 1.5% de cal hidratada la estabilidad se incrementa presentando una mejor resistencia, con un flujo de 3.75 (mm) y 4.25 (mm), y con 2% de cal hidratada la estabilidad presenta una disminución y fujo 4.38 (mm); en donde se señala el % de cal hidratada en 0 , 1, 1.5 y 2 % y la estabilidad (kg) es de 909, 1099, 1442, 1049; como recomendación esencial se debe tener en consideración la norma EG 203 del MTC manual de ensayos de materiales en donde indican los procedimientos a seguir para el diseño para verificar el cumplimiento si se da o no y así obtener la resistencia propicia.



Como parte de la investigación se incluyeron 3 antecedentes o tesis de idioma inglés, estas tesis contienen resultados descriptivos basados en pruebas, estos resultados tienen relación con el tema de estudio.

Al Khafaji, Alwash and Majeed (2018) "Research essay for the behavior of asphalt mixtures modified by additive combinations (hydrated lime, polypropylene), published through IOP Publishing. Its general objective of study: Evaluation of the performance of flexible pavements; using asphalt from the AL Daurah refinery and two main additives; hydrated lime polypropylene, his research design was experimental, his sample was defined in the design of hot asphalt briquettes made with aggregates, 25 mm in size; base layer and 19 mm; binder layer. Cement was used for the purpose of filling the HMA in percentages of portland cement (5% in the base layer and 6% for the binder layer). Their results determined that polypropylene should be used in amounts of 1.2% and 3% by weight of the asphalt, as well as hydrated lime in a percentage of 1% by weight of the aggregate; for the load part, they finally come to the conclusion that for the stability test as an indicator for the problems of the formation of furrows; Your best option is the combination of 1% with hydrated lime, 2% polypropylene, increasing the stability value to 1.3 times, for the combination of additives 1% hydrated lime and 2% polypropylene, values are achieved satisfactory on Marshall stiffness; presenting an increase of 1.25 times for the HMA, on the other hand, the incorporation of hydrated lime in the HMA mixture when using any polymer decreases the% of the air voids by 1.2 times, finally when using the test effect of the water in compacted mixtures, its index of resistance retained with a mixture of polymers increases 1.3 times more.

En la anterior tesis en inglés por Al Khafaji, Alwash y Majeed (2018) Titulada "Ensayo de investigación para el comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas mediante combinaciones de aditivo (cal hidratada, polipropileno)", publicado através de IOP Publishing. Su objetivo general de estudio: Evaluación del desempeño de los pavimentos flexibles; empleando asfalto de refinería AL Daurah y dos aditivos principales; cal hidratada el polipropileno, su diseño de investigación fue experimental, su muestra se definió en el diseño de briquetas asfálticas en caliente elaboradas con áridos, de un tamaño de 25 mm; capa base y 19 mm; capa del ligante. Se empleo cemento con la finalidad de relleno del HMA en porcentajes de cemento portland (5% en la capa base y 6 % para la capa aglutinante). Sus resultados determinaron que se debe emplear el polipropileno en cantidades de 1,2% y 3% en el peso del asfalto, así

como también cal hidratada en porcentaje de 1% en el peso del árido; para la parte de la carga, finalmente llegan a la conclusión que para la prueba de estabilidad como un indicador para los problemas de la formación de surcos; su mejor opción es la combinación de 1% con cal hidratada, el 2% de polipropileno, incrementando el valor en la estabilidad a 1.3 veces, para la combinación de aditivos el 1% de cal hidratada y el 2% de polipropileno, se logra valores satisfactorios en la rigidez Marshall; presentando un incremento en 1,25 veces para el HMA , por otra parte la incorporación de cal hidratada en el la mezcla HMA al emplear cualquier polímero decrece el % de los vacíos de aire en 1,2 veces, finalmente al emplear la prueba efecto del agua en mezclas compactadas, su índice de resistencia retenida con una mezcla de polímeros incrementa en 1,3 veces más.

Başak Varlı Bingöl (2019), Investigation of the effect of hydrated lime on low temperature cracking of asphalt concrete, Technical University.

The main objective of their study was to investigate the effects that hydrated lime produces on resistance to cracking due to low temperatures in hot asphalt mixtures, in order to evaluate the influence of the modification of calcium hydroxide or dead lime. , the aggregates, the gradation of the aggregates and the aging of the asphalt binders before the failures that are caused by the temperatures, they made briquettes following the Superpave design method where they made briquettes for indirect tension tests, thermal stress and for tests of indirect traction, in order to investigate the influence of the incorporation of hydrated lime as well as other variables in its design such as resistance to cracking due to low temperatures. In their development for the conclusions, they used statistical analysis methods in order to identify the significant variables that influence resistance to fracture and cracking; Their findings determined that hydrated lime improves mix designs, increases resistance to fracture, as well as improves stability and reduces void contents in the mix.

Como segunda tesis en ingles por Başak Varlı Bingöl (2019), Titulada " Investigación del efecto de la cal hidratada sobre el agrietamiento a baja temperatura del hormigón asfáltico", El objetivo principal de su estudio fue investigar los efectos que produce la cal hidratada en la resistencia ante el agrietamiento por las bajas temperaturas en la mezclas de asfalto en caliente, con el fin de evaluar la influencia de la modificación del hidróxido de calcio o cal muerta, los agregados, la gradación de los agregados y el

envejecimiento de los aglutinantes asfálticos ante las fallas que son ocasionadas por las temperaturas, realizaron briquetas siguiendo el método de diseño Superpave en donde hicieron briquetas para ensayos de tensión indirecta, estrés térmico y para ensayos de tracción indirecta, con el propósito de investigar la influencia de la incorporación de la cal hidratada así como también se tuvo en cuenta otras variables en su diseño como la resistencia ante el agrietamiento por las bajas temperaturas. En su desarrollo para las conclusiones, emplearon métodos de análisis estadísticos con el fin de la identificación de las variables significativas que influyen para la resistencia a la fractura y para el agrietamiento; sus hallazgos determinaron que la cal hidratada mejora los diseños de mezclas, aumenta la resistencia a la fractura, así como su estabilidad mejora y reduce los contenidos de vacíos de la mezcla.

Rajan Acharya (2018), *Evaluation of the Moisture-Induced Damage Potential of Asphalt Mixes and Asphalt Binder Aggregate Systems*, South Dakota State University.

Its objective is to evaluate the potential of moisture-induced damage through tests applied to asphalt mixtures, these tests are carried out at the same University of South Dakota, they used local aggregates and also asphalt binders that are commonly used. applied were through tests of relation of resistance to traction and bending; The effect of adhesion was evaluated through a test called binder binding (BBS) for aggregated binder systems. The asphalt mixtures that were put to the test contained a hot asphalt (HMA) with a percentage of hydrated lime of 1% (by the weight of the aggregate); asphalt mixture with an amine-based additive (WMA) content of 0.5% by the weight of the mixture, for the evaluation of the mixtures 16 types of asphalt binder were manufactured, they concluded that the use with these additives have greater potential for moisture-induced damage than other asphalt binder systems.

Como Tercera y última tesis en inglés por Rajan Acharya (2018), titulada "Evaluación del potencial de daño inducido por la humedad de las mezclas de asfalto y los sistemas agregados de aglutinantes de asfalto", Universidad Estatal de Dakota del Sur. Su objetivo es evaluar el potencial del daño inducido por la humedad mediante pruebas aplicadas en las mezclas asfálticas, estas pruebas son realizadas en la misma universidad de Dakota del Sur, emplearon agregados locales y también aglutinantes asfálticos que son de uso común, Las pruebas que se aplicaron fueron a través de ensayos de relación de resistencia a tracción y flexión; para el efecto de la adhesión se evaluó a través de una prueba denominada unión de aglutinante (BBS) para sistemas

aglutinantes agregados. Las mezclas de asfalto que fueron puestas a pruebas contenían un asfalto en caliente (HMA) con un porcentaje de cal hidratada de 1% (por el peso del agregado); mezcla de asfalto con un contenido de aditivo a base de amina (WMA) en 0,5% por el peso de la mezcla, para la evaluación de las mezclas se fabricaron 16 tipos de aglutinante de asfalto, concluyeron que el empleo con estos aditivos tienen un mayor potencial ante el daño inducido por la humedad que en comparación otros sistemas de aglutinantes de asfaltos.

En esta investigación se incluyó artículos científicos, los cuales describen los resultados originales de sus ideas y debates de forma clara y concisas, Ya que es el producto de una investigación sintetizada que fue desarrollada dentro del marco de una disciplina, con temáticas bajo lineamientos teóricos.

Kikut, Baldi y Elizondo (2020), en su artículo científico: Beneficios del empleo de la cal hidratada para las mezclas asfálticas: Estado de arte, Su objetivo fue conocer los métodos y el efecto que tiene la incorporación de cal hidratada, estudio de este compuesto y el desempeño que aporta ante diversas condiciones a las que están expuestas las mezclas de asfalto. Sus resultados reportan que los porcentajes más usuales que se emplean en los diseños para modificar una mezcla asfáltica va en un rango de 1% a 2% (en peso del agregado). Así mismo, la utilización de la cal hidratada mejora las condiciones de las mezclas asfálticas tanto en dureza como su resistencia como para contrarrestar la humedad a la que mayormente están expuesta; ya que se sabe que es perjudicial para todo pavimento de asfalto. Concluyen que en la mayoría de los estudios que realizaron sobre los beneficios de la cal hidratada para las mezclas asfálticas; el porcentaje que mayormente fue utilizado y por lo cual se debería tener en consideración para los diseño corresponde al 1,5% en su masa de acuerdo al agregado; ya que este porcentaje mostro mejores resultados que a comparación de los estudios donde se señala que al emplear cal hidratada en porcentajes en mayores cantidades de 10%, 15% y 20% de cal hidratada estas mezclas se sedimentan y se vuelven heterogéneas, es por ellos que a partir de estos resultados se empezaron a realizar estudios de autores que proponen emplear la cal en 0,96% a 3,84%, estos datos son a partir del contenido del asfalto; este se reduce en un 20% por la incorporación de la cal hidratada y por lo tanto este 20% se interpretaría como 0,3% para el contenido óptimo de asfalto para un concreto denso.

Rondón, León y Fernández (2017), en su artículo científico: Comportamiento de las mezcla asfáltica tibia elaboradas en plantas de asfalto, Su objetivo fue la comparación entre una mezcla asfáltica tibia y una mezcla asfáltica en caliente, en su artículo obtuvieron resultados de una fase experimental en donde evaluaron y compararon la resistencia mecánica que tiene una mezclas tibia y una mezcla caliente, estas mezclas son fabricadas en una planta de asfalto destinadas para lo que son bacheos; realizaron ensayos para la resistencia de cargas monotónica ( tracción indirecta y Marshall) y también cíclica (deformación, modulo resiliente; resistencia a la fatiga). En la elaboración de la mezcla asfáltica tibia se utilizó aditivo químico de espuma de asfalto de a 80°C, para el ligante se empleó en su fabricación un cemento de penetración 60-70, la granulometría de referencia utilizada; fue como para la producción de una mezcla densa caliente MDC 19. Este proceso que se siguió fue la para la fabricación de la mezcla de control la que fue compactada a temperaturas entre 140°C y 150°C, y para la mezcla tibia fue en temperatura de 110°C y 120°C. Como conclusión reportan que la resistencia mecánica en la mezcla caliente que fue fabricada en la planta de asfalto es superiormente a la mezcla control; teniendo en cuenta que la primera fue diseñada con una compactación y un grado de temperatura a 30°C menos.

Articulo por George, Boateng y Jenkins (2020), Rendimiento de laboratorio y modelización del comportamiento del asfalto de mezcla en caliente con vidrio triturado reciclado, Su investigación se centró la idoneidad del empleo del vidrio triturado el cual es reciclado de las comunidades, tienen la intención de reemplazar como un sustituto parcial del agregado fino para la producción de las mezclas de asfalto, la investigación caracteriza el rendimiento de la mezcla asfáltica densa graduada en laboratorio con una composición de 15% del vidrio triturado. El aditivo anti "stripping" y su influencia es seleccionado para la susceptibilidad para la humedad en donde se evaluó específicamente para el rendimiento de la mezcla con vidrio y asfalto de la siguiente forma (1) Efecto que produce la cal hidratada al 1%, (2) efecto aditivo anti stripping liquido en un 0,5% y (3) efecto que produce sin la incorporación del aditivo anti stripping, el efecto de la susceptibilidad a la humedad fue evaluada con el parámetro relación de resistencia a tracción, la rigidez y propiedad de deformación de la mezcla con vidrio y asfalto revelaron que tienen una resistencia optima al daño producido por la humedad; se hizo comparación con la mezclas sin vidrio. La propiedad para el rendimiento fue evaluada empleando el modelo Huet-Sayegh y también un modelo

polinómico, estos se emplearon especialmente para el desarrollo del modelo del rendimiento de la mezcla con vidrio y asfalto. Las conclusiones del estudio revelaron que el uso de aditivos antidespojo es esencial para el cumplimiento para el criterio a la susceptibilidad de la humedad y mitigar los daños que se producen en la mezcla con vidrio densamente graduada; cabe resaltar que también se mejoró por la incorporación de la cal hidratada demostrando que la adición de este material mejora significativamente los asfaltos haciéndolo más resistentes.

Como teorías relacionadas al tema de investigación se consideró definiciones principales que deben estar en relación con las variables de estudio, la cuales son fundamentales para dar a conocer el propósito del estudio.

El Método del Diseño de Marshall, tiene como objetivo conseguir diversos parámetros para el control en una mezcla asfáltica. Este tipo de diseño se compara con el original y con los parámetros de exigencia en cada especificación técnica para la obra. Para empezar, conocer el peso unitario en la mezcla compactada, los vacíos generados en la mezcla compactada, vacíos de los agregados, relación de los vacíos llenos con asfalto, para así determinar la estabilidad en la mezcla compactada, así como la fluencia en la mezcla (deformaciones bajo cargas de la mezcla).<sup>4</sup>

El propósito de la metodología Marshall es la determinar los contenidos óptimos para el asfalto en una composición específica de agregados, este método proporciona la información necesaria sobre las propiedades en una mezcla asfáltica caliente, establece la densidad en la mezcla y el contenido óptimos de vacíos, la cual debe cumplir durante el diseño del pavimento. El método es aplicado para mezclas asfálticas en caliente de pavimentación en donde se emplea cementos asfálticos valorados por su viscosidad y con contenidos en agregados del tamaño de 25.0 mm o menor, la metodología Marshall es aplicada también para diseños elaborados en laboratorios para el control de producción de mezclas asfálticas caliente para pavimentos en campo, Ver tabla N°1.

---

<sup>4</sup> (Grupo JJC, 2016 pág. 10)

**Tabla 1.** Requerimientos de diseño para la mezcla de concretos bituminosos.

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones EG. 2013.

Método de Marshall ASTM D-1559, la norma detalla el proceso que debe seguir para poder determinar la resistencia a deformaciones plásticas para mezclas asfálticas empleadas en pavimentos, el procedimiento se puede emplear tanto en proyectos en laboratorio de mezclas, así como también para control de obras de la misma, Ver figura N°1.



*Figura 1. Procedimientos para el método Marshall.*

*Fuente: Laboratorio Lab Suelos JCH.*

El contenido de asfalto, en una mezcla específica es determinada empleando criterios para un método de diseño definido, para el contenido óptimo de asfalto en una mezcla se rige en gran medida a la granulometría ya que está directamente relacionada y la capacidad del agregado (absorción). Si el porcentaje de agregado fino en la granulometría es alto; por lo tanto, su área superficial total es mayor, necesitando un incremento en la proporción de asfalto para poder cubrir las partículas, por otro lado, para las mezclas gruesas la demanda de asfalto es mínima, debida a su área superficial total menor.

Si al diseño de mezcla se adiciona pequeñas cantidades de filler (fragmentos finos de agregado que atraviesan el tamiz (N° 200) 0.075mm) existe una inclinación a que absorba una mayor parte de asfalto; como resultado se tiene una mezcla seca e inestable o también si al adicionar pequeñas medidas de filler daría como consecuencia una mezcla húmeda o muy rica, Ver figura N°2.

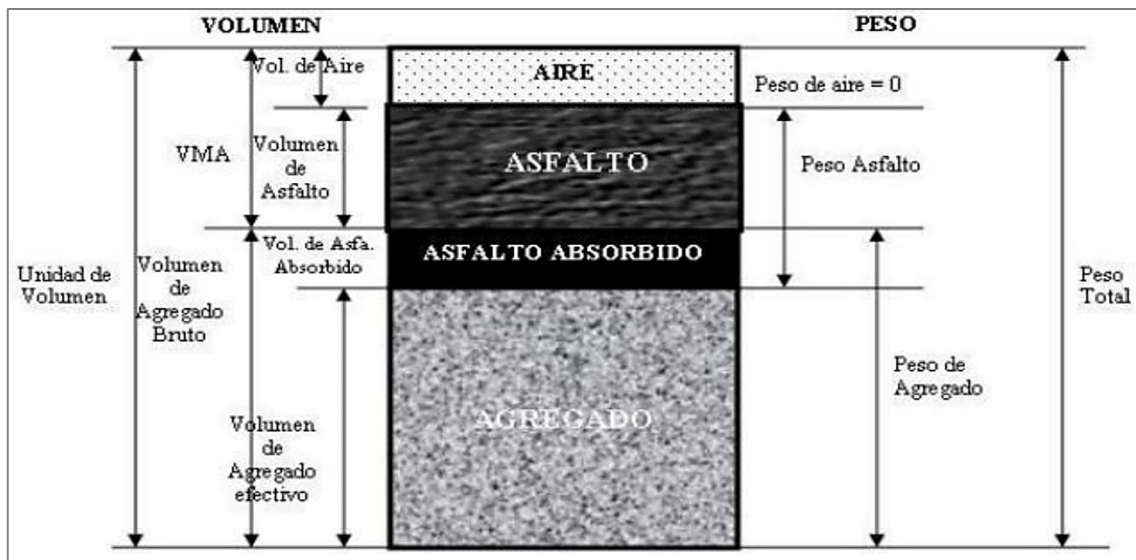


Figura 2. Esquema de componentes en una mezcla asfáltica en caliente.

Fuente: Programa de investigación y estratégica de carreteras SHRP A-369.

Densidad, es definida como el peso unitario, así mismo la densidad es una de las características más importantes para lograr un rendimiento duradero, cuando se incrementa; la proporción en los vacíos generados son mayores, por ello las mezclas compactadas serán vulnerables al efecto del agua, por lo tanto si la densidad presenta un incremento la proporción en los vacíos disminuye y el agua no ingresa en el interior,



logrando una carpeta más durable, es expresada para muestras compactadas en ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ) o también ( $\text{lb}/\text{pie}^3$ ).

Contenido de Vacíos, son espacios pequeños de aire que se encuentran entre los agregados que están revestidos con el asfalto en una mezcla compactada. Para las capas base y las capas superficiales, los valores de las muestras que son elaboradas en laboratorios están en un rango de 3% - 5%, para las especificaciones en campo la densidad se requiere el menor valor posible de los vacíos siendo inferior en 8%.

Vacíos en el agregado mineral (V.M.A), es definida como el espacio intergranular (vacíos), están son espacios existentes de las partículas de los agregados y espacios llenos con asfalto en la mezcla compactada, es decir V.M.A son los vacíos o espacios disponibles para acomodo del volumen de asfalto efectivo y la cantidad necesaria de vacíos en la mezcla, requisitos vacíos mínimos en V.M.A, Ver Tabla N°2.

El volumen del asfalto efectivo; es la totalidad del asfalto, menos la proporción que se pierde por la absorción del agregado, mientras el V.M.A sea mayor; existe más capacidad para la película del asfalto. Se debe considerar que si es más gruesa la película del asfalto que reviste las partículas en el agregado; se obtendrá un incremento en la durabilidad de la mezcla, Ver figura N°3.

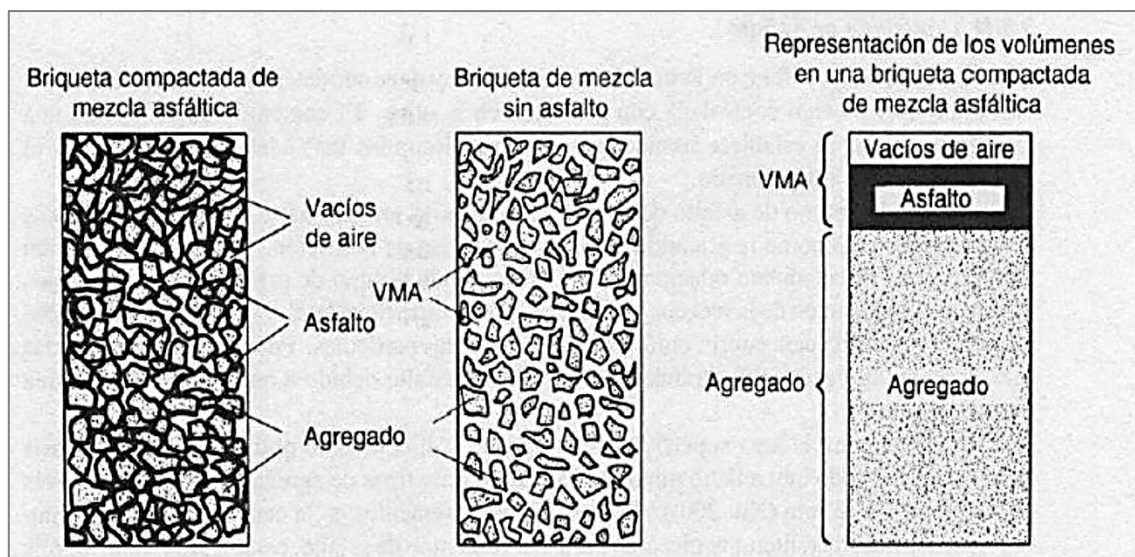


Figura 3. V.M.A en briqueleta de mezcla asfáltica compactada.

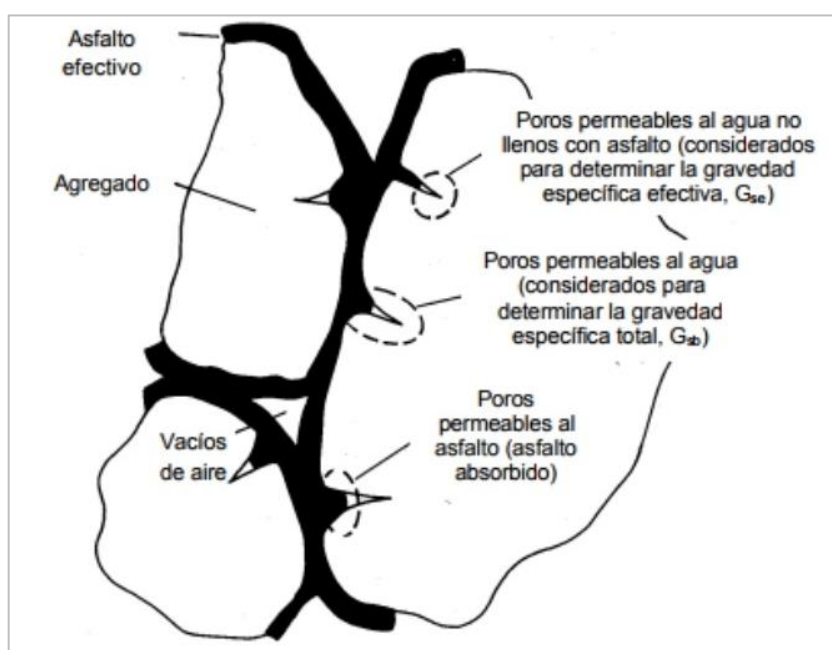
Fuente: Principios de la Construcción para Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente.

**Tabla 2.** Requisitos de vacíos mínimos en V.M.A.

N.º Tamiz	Vacíos mínimos para el agregado mineral (%)
	Marshall
2,36 mm. (N.º 8)	21
4,75 mm. (N.º 4)	18
9,5 mm. (3/8")	16
12,5 mm. (1/2")	15
19 mm. (3/4")	14
25 mm. (1")	13
7,5 mm. (1 1/2")	12
50 mm. (2")	11.5

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones EG 2013.

Vacíos llenos con asfalto, es el porcentaje de los vacíos intergranulares en las partículas del agregado (V.M.A) que encuentra saturado o llenos de asfalto, el V.M.A abarca el asfalto y también el aire, de modo que el los vacíos llenos con asfalto es calculado al restar los vacíos generados de aire del V.M.A y luego dividido por este mismo y finalmente expresado como valor de porcentaje, Ver figura N°4.



*Figura 4. Volumen en la mezcla asfáltica compactada.*

*Fuente: Asphalt Institute ,2001.*

La Estabilidad y fluencia, son las características de las mezclas bituminosas que se determinan a partir de los especímenes compactados con una geometría definida y en una forma prescrita. La estabilidad, es la máxima resistencia a deformación con una razón constante en la carga. Su magnitud de la estabilidad puede variar con el tipo de gradación del agregado y el grado de bitumen que se empleó en la proporción, existen muchas agencias que establecen reglas para la valoración de la estabilidad.

La fluencia Marshall o flujo, es una de las medidas de las deformaciones de las mezclas de bitumen, que son determinadas durante los ensayos de la estabilidad. No se dispone de valores numéricos ideales, pero existen límites permisibles, si el flujo para el contenido óptimo de asfalto es sobrepasado su límite superior, esta mezcla es considerada demasiado inestable o plástica, y si está por bajo de los límites inferior esta es considerada una mezcla excesivamente rígida.<sup>5</sup>

La estabilidad y el flujo de Marshall determina la resistencia en la mezcla asfáltica para discernir si es adecuado para el diseño según el MTC, ya que la estabilidad sería la medición para la resistencia a las deformaciones constantes de cargas y el flujo es la medida para la deformación de toda mezcla bituminosa que se define a través del ensayo para la estabilidad.

Un Pavimento, es una estructura de vías terrestres de comunicación que están conformadas por un conjunto de capas, que tiene el objetivo el de permitir el tránsito de los vehículos de manera cómoda, segura y un óptimo costo de operación.

Las funciones de un pavimento, están apoyado sobre una superficie apropiada, su finalidad es la de proveer una superficie de rodamiento que facilite el tráfico de forma segura y confortable para los vehículos, para velocidades deseables y bajo cualquier condición climática. Existe una diversidad de pavimentos que se diseñan de acuerdo al tipo de vehículos y sobre todo a volumen del tráfico.

Un pavimento flexible, se puede definir como una estructura que está conformada por capas asfálticas que se son colocadas sobre capas de una menor rigidez, está formada por ligantes asfáltico y materiales agregados (base, sub base, afirmado y en casos algunos de sub rasante) que a su vez se apoyan en el terreno natural.<sup>6</sup> Los pavimentos

---

<sup>5</sup> (MTC Manual de mantenimiento o conservación vial, 2016 pág. 583)

<sup>6</sup> (RONDON Hugo y REYES Fredy, 2015 pág. 5-6)

flexibles son aquellos que tienen una estructura que de forma completa se flexiona o deflecta dependiendo de las diversas cargas que pueden transitar sobre dicha estructura y están compuesta de materiales bituminosos y agregados y una capa asfáltica que se asienta sobre una capa de menor rigidez. El empleo del pavimento flexible se ejecuta especialmente para zonas con exceso de tráfico como pueden ser para aceras, vías o parkins, Ver figura N°5.

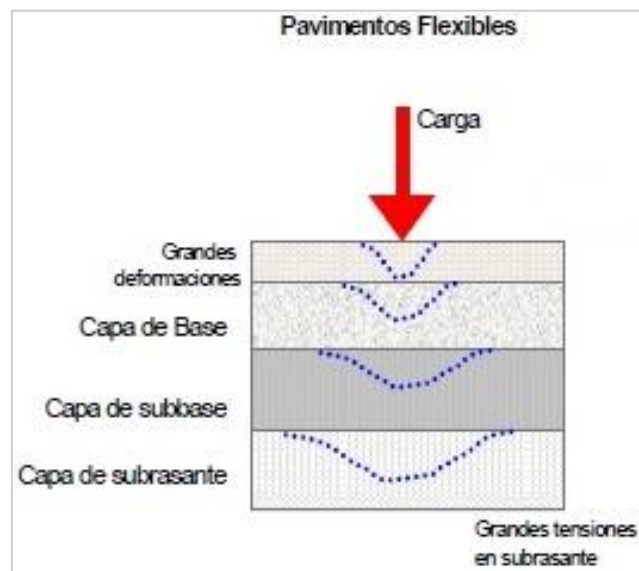


Figura 5. Esquema de comportamiento y capas de un pavimento flexible.

Fuente: Libro de pavimentos – definiciones.

Los asfalto, son un tipo de material viscoso que es la mezcla de brea que tiende a ser de color plomo con gravilla o arena y consistencia entre semisólido y sólido en temperatura ambiente, que se emplean en la pavimentación de caminos, para revestimientos, tejados e impermeabilizantes para muros.<sup>7</sup> Ante lo definido los asfaltos son aglomerantes que están constituidos primordialmente de bitumen de coloración oscura, su empleo en mezclas asfálticas es en el uso de carreteras o autopistas, empleado de impermeabilizantes y son derivados del petróleo.

Las propiedades funcionales de un asfalto están referidas a:

Susceptibilidad Térmica, es una propiedad valiosa del asfalto, cuando la temperatura se incrementa el asfalto tiende a ponerse blando (menor viscosidad) y si la temperatura descende el asfalto se vuelve rígido (menor viscosidad), siendo un comportamiento

<sup>7</sup> (AGUIRRE Roberto, 2009 pág. 11)

mecánico en ligantes de bitumen ya que se ve influenciada por la temperatura y las aplicaciones de las cargas.

La Cohesión, es una propiedad que mantiene juntas o unidades las partículas en los materiales pétreos en los pavimentos de servicios otorgando una determinada cohesión y definiendo el poder aglomerante a resistir, capacidad a la deformación sin romperse y absorción de altas sollicitación del tráfico de vehículos.

La Durabilidad (Envejecimiento), es una propiedad juzgada de acuerdo al comportamiento del pavimento; medida de retención de sus características de origen cuando tiene exposición a procesos de envejecimiento y degradación.

Las mezclas asfálticas, son la composición de agregado fino, grueso y ligante asfáltico. Se producen habitualmente en plantas que mezclan estos agregados, como también pueden elaborarse in situ. [...] las mezclas asfálticas en caliente están compuestas por los agregados pétreos teniendo como requisitos la calidad de los agregados. Asimismo, existe diferencia con respecto a la función de la estructura del pavimento y el tipo del material del ligante asfáltico que se emplea, los ensayos que son realizados al agregado pétreo que conforman los diseños de mezcla; se debe tener en cuenta la información al momento de ser relacionada con respecto a sus requisitos mínimos para la calidad que se pide sobre los materiales.<sup>8</sup>

En otras palabras, una mezcla asfáltica es una composición entre un cemento asfáltico y los agregados pétreos de una diversa granulometría y que las dosificaciones que se empleen en cada componente interferirán de forma directa en sus propiedades físicas que den como resultado en esta mezcla de la misma manera para su rendimiento. Las mezclas de asfaltos estas compuestas con un aproximado de 90% de agregados pétreos fino y grueso, 5% de un ligante asfáltico y un 5% de polvo mineral, sus elementos que fueron mencionados son de gran relevancia para su correcta funcionalidad de un pavimento; ya que si algunos de estos componentes tuvieran alguna deficiencia de calidad afectaría el conjunto.

El Cemento Asfáltico, es una mezcla de delgada espesura dentro de la carpeta (menor 1 cm). Por lo que no son mezclas empleadas para poder resistir cargas impuestas que son producidas por el transporte, por lo general se requiere cuando las carpetas

---

<sup>8</sup> (RONDON Hugo y REYES Fredy, 2015 pág. 82-83)

asfálticas presentan una superficie de rodadura envejecida, por peladuras o también irregularidades en la superficie que inciden directamente en el grado de la serviciabilidad de las vías (mantenimiento vial). Adicionalmente, son empleadas para selladuras de grietas en las superficies de la carpeta.

El ligante asfáltico que es recomendado para la fabricación de estas mezclas son las emulsiones de tipo CRR- CRR-2m, posteriormente al extenderse el ligante sobre la superficie de los pavimento ya existente, se debe proceder a la compactación y extensión con una capa de arena (métodos constructivos).<sup>9</sup> Por lo tanto, los cementos asfálticos, es un material viscoso que se adhieren de forma fácil a las partículas de los agregados demostrando ser un excelente ligante para juntar las partículas de los agregados en los pavimentos y en diseños en mezclas en caliente, son materiales excelentes impermeabilizantes y no es afectado por la presencia de ácidos, álcalis base, esto nos dice que los pavimentos de cementos asfálticos que son elaborado adecuadamente son impermeable y muy resistentes ante daños químicos y al exponerse a temperaturas de 150°C se vuelve en forma líquida, lo que permite lograr un sellado en las partículas para los agregados gruesos y finos reduciendo los porcentajes de vacíos, así mismo el grado de penetración va en consecuencia al clima para diseñar una mezcla asfáltica.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se hará uso de un cemento asfáltico PEN 60-70, se tuvo en cuenta el lugar para su aplicación y también se consideró los límites que son definidos para el asfalto, según el manual del MTC (E.G 2013), Ver tabla N°3.

**Tabla 3.** Selección para el tipo del cemento asfáltico.

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

Fuente: Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas eg-2013.

<sup>9</sup> (RONDON Hugo y REYES Fredy, 2015 pág. 102-103)

Los ensayos para el cemento asfáltico, incumbirán en el cumplimiento de una serie de requerimientos, donde se deberá realizar para un mejor control del proceso productivo; se mencionará a continuación alguno de estos ensayos: Ver tabla N°4.

Ensayo de penetración, la finalidad de este ensayo es la determinación de la profundidad, esto se logrará mediante la introducción y el empleo de una aguja aplicada por un periodo de 5 segundos aprox. en el cemento asfáltico, lo cual se indica que, si a más dificultoso sea introducir la aguja, este tendrá un valor menor de penetración y si entre más fácil sea su valor será mayor.<sup>10</sup>

**Tabla 4.** Clasificado por grado de para cementos asfálticos.

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) <sup>(1)</sup>	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
<b>Ensayo de la Mancha (Oliensies)<sup>(2)</sup></b>											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h</b>											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, <sup>(3)</sup> cm	MTC E 306			50		75		100		100	

Fuente: Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas eg-2013.

Ante lo definido, en esta investigación se trabajará con un cemento asfáltico PEN 60-70, donde se tuvo en cuenta el lugar para su aplicación y se consideró los límites que definen en los asfaltos según la tabla 4, de acuerdo al MTC EG 2013.

Los agregados finos, deben seguir el procedimiento SUCS para la clasificación se debe determinar las partículas del agregado fino para el agregado pétreo en su totalidad que pasan por un tamiz de # 4 y pasar en el tamiz número 200.

<sup>10</sup> (MÉNDEZ José 2012 pág. 98)

Este agregado fino debe estar compuesto de arena triturada para el uso del asfalto; la proporción aceptable por lo cual deberá quedar definida para el diseño y estar aprobado adecuadamente. Las partículas para el agregado fino deberán estar limpias, duras y con una superficie áspera o rugosa. El material deberá de estar libre ante cualquier elemento, que evite la adhesión del cemento asfáltico y debe de satisfacer requerimientos básicos para la calidad lo cual indica en cada especificación.<sup>11</sup>

Los agregados finos deben pasar por un proceso correspondiente para que esté libre de cualquier elemento que dificulte su adhesión, para que este producto cumpla con la norma según el MTC y así adquirir una mejor estabilidad que en conjunto con el cemento asfáltico reducirá los porcentajes de vacíos.

El Agregado grueso, se debe seguir el procedimiento SUCS para la clasificación; se debe determinar las partículas del agregado grueso para el agregado pétreo en su totalidad que se retienen en el tamiz # 4. El MTC considera que los agregados gruesos surgen son el producto de la trituración entre una roca o grava en lo que estas partículas deben de ser resistentes, durables y limpias, sin contener demasiadas partículas blandas, alargadas y planas. Deberán de estar libre de tierra, polvo, así como de otras sustancias que impidan su adhesión al entra en contacto con el cemento asfáltico.

Sus requerimientos básicos de calidad en lo cual esto se presentan en cada especificación. Los agregados gruesos son considerados un fragmento de la trituración de las rocas, el cual debe estar completamente limpio para que cuando se realice el tamizado este debe quedar retenido en el tamiz número 4 para obtener una mejor trabajabilidad, respetando las normas que se establecen en el MTC.

El desgaste de la máquina de los ángeles sirve para inducir al efecto perjudicial de los materiales en grado de alteración, planos de debilitamiento, baja resistencia estructural, forma de las partículas y plano de cristalización, Ver figura N°6.

---

<sup>11</sup> (MTC Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas EG, 2013 pág. 470)





*Figura 6. Máquina de los ángeles.*

*Fuente: Grupo pinzuar, especificaciones máquina de los ángeles.*

La Máquina para abrasión los ángeles (MTC E 207), Su diseño es para poder determinar las resistencias a la abrasión de los agregados, su tambor de esta máquina de los ángeles está elaborado con una chapa de acero cilíndrica con una tapa de acceso para ser graduable o ajustable que sobre su eje gira y está montado con rulemanes, posee un sistema para contar las revoluciones, tiene bandeja de descarga y un conjunto de esferas de acero, Ver figura N°7.



*Figura 7. Máquina de los Ángeles y Abrasión de agregados.*

*Fuente: Laboratorios EMAs.*

Procedimiento para las briquetas Marshall, consiste en fabricar briquetas en un molde y compactando al diseño que realiza, elaboradas como se detalla en la norma, rompiéndose después una prensa hidráulica y determinando la estabilidad y la deformación. Para conocer los porcentajes de los vacíos, se deberá determinar previamente el peso específico de los materiales que se emplearon y de los moldes de

las briquetas compactadas, antes de realizar el ensayo de rotura correspondiente a las normas indicadas. El proceso se inicializa con la elaboración de briquetas de ensayo, en donde los materiales que son propuestos deben de cumplir con especificaciones para la granulometría fijadas ya para el diseño. Además, se debe determinar de forma previa los pesos específicos aparentes de los agregados, el peso específico para el asfalto y el análisis de la densidad y vacíos.<sup>12</sup>

Como señala la norma MTC, el procedimiento descrito para las briquetas de Marshall son las siguientes, al elaborar los ensayos de granulometría que se especifican para los tamizados, el ensayo de Marshall y el peso específico son imprescindibles que cumplan con todos los requisitos para el criterio que se establece para el diseño, para así poder determinar las proporciones del agregado fino y grueso, y la del cemento asfáltico utilizado para así lograr realizar el procedimiento adecuado para las briquetas de Marshall. El procedimiento consiste en el moldeado de briquetas con el asfalto en caliente y la mezcla de agregados; deben estar dispuestas en serie las briquetas y esta serie debe contar con los diferentes porcentajes de asfalto, se procede al moldeado cuando los materiales (asfalto y agregados) hayan aprobado las especificaciones para la calidad, el tamaño, etc.

La Cal Hidratada o cal apagada, proviene de la misma cal que es un conglomerante que se obtiene por medio de la calcinación de un material calizo, ya que la cal hidratada o hidróxido de calcio es incoloro de tipo polvo seco fino y cristalino, que se obtiene en la hidratación para la cal viva  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; óxido de calcio, y en contiene cantidades pequeñas de  $(\text{Mg}(\text{OH})_2)$  hidróxido de magnesio,  $(\text{SiO}_2)$  óxido de silicio,  $(\text{Al}_2\text{O}_3)$  Alúmina y  $(\text{Fe}_2\text{O}_3)$  Óxido de hierro".<sup>13</sup> La cal hidratada o cal apagada es un producto que reduce los índices del envejecimiento de los pavimentos que actúa como retardador de los óxidos en los diferentes tipos del betún ya que reacciona a las moléculas polares del betún, su objetivo es alterar las propiedades y ganar una mayor adhesión para el asfalto evitar viscosidad y ganando una mayor duración en la capa y así incrementar su durabilidad y estabilidad para los pavimentos. Ver figura N°8

---

<sup>12</sup> (MTC DGCF Manual de ensayos de materiales para carreteras, 2001 pág. 1)

<sup>13</sup> (AGUILAR Sara y otros, 2016 pág. 28-29)

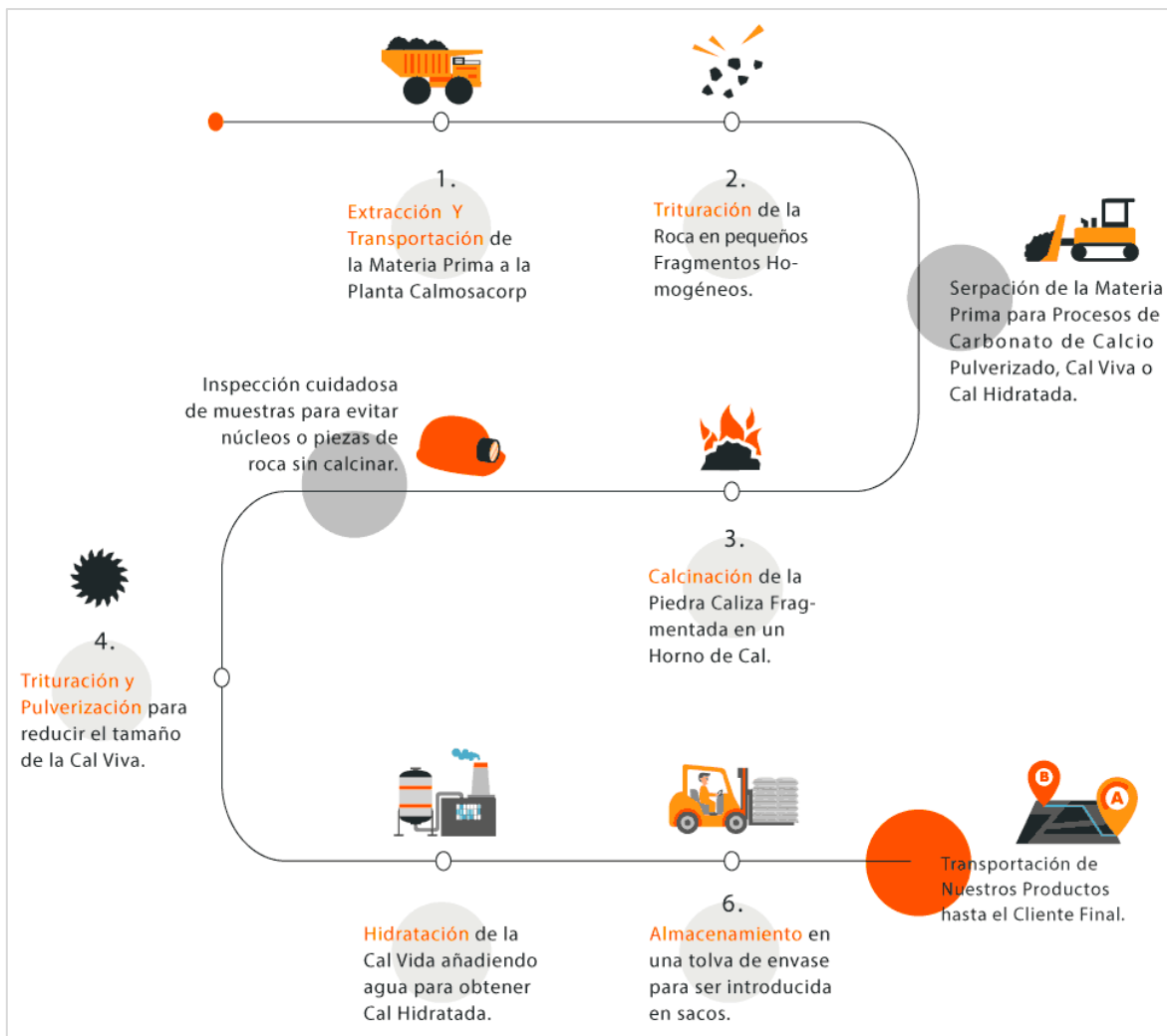


Figura 8. Proceso del hidróxido de calcio.

Fuente: Calmosacorp – proceso de hidratación.

Propiedades de la cal hidratada (Hidróxido de calcio), está relacionada con el tiempo de fraguado, con su resistencia, relación química y la consistencia en las mezclas con base de este material; que genera al hacer contacto con los demás materiales empleados en construcción ya que mejora su calidad.

Una de las propiedades de la cal hidratada, entre ellas es la duración de fraguado, la resistencia, que está directamente relacionada con la combinación química que tiene; ya que esta podría variar dependiendo por las impurezas que contiene la materia prima, uno de los ejemplos es la caliza ya que esta podría incluir hierro, azufre, arcillas, carbonatos basados en magnesio, álcalis, y cualquier residuo que altere su reactividad en la cal con el efecto del agua, Ver figura N°9.



*Figura 9. Comparación física entre el óxido de calcio y hidróxido de calcio.*

*Fuente: caltek, funciones de la cal hidratada.*

Influencia o conducta de la cal hidratada en la mezcla asfáltica, cuando es empleada tiene un comportamiento como un mejorador de la adherencia entre cemento asfáltico y agregados pétreos; es un magnífico modificador de los asfaltos ya que reduce y elimina los daños que se producen por la humedad, también se sabe que tienen propiedades beneficiosas que no se descubren, en lo que es calificada como un modificador de tipo multifuncional. Si se emplea de sustituto del fino, dado por su inherente composición química y forma activa, puede eliminar elementos innecesarios y puede volver a la mezcla más resistente contra las altas temperaturas, implicando resistencia a los ahuellamientos.

La cal logra reducir los índices de envejecimiento, deteniendo la oxidación en el ligante, ya que presenta una reacción a las moléculas polares (extremo de carga positiva y carga negativa) en el cemento asfáltico y resistencia a fatigas; ya que cuando los pavimentos envejecen se producen agrietamientos que dan origen a las microfisuras y estas a su vez dan comienzo a las macrofisuras que son las que dañan los pavimentos, presentado fallas como piel de cocodrilo que son provocadas por incapacidad elástica de los asfaltos. La cal hidratada tiene efectos sobre las microfisuras y las desvía evitando que se originen grietas y perjudique el pavimento, tiene la ventaja de que no se deteriora ante los rayos UV.

Comportamiento de la Cal Hidratada o cal apagada en el asfalto, tiene reacción en el asfalto ya que mejora la adherencia para los agregados gruesos y finos en el cemento asfáltico; Posee un excelente modificador para los asfaltos ya que reduce primordialmente los daños que se produce por la humedad siendo un modificador multifuncional; Elimina los elementos indeseables haciendo muy resistente en las altas temperaturas, lo que incide en la resistencia y haciendo más fuerte para resistir los helamientos; Si se emplea en proporciones adecuadas reemplazando los agregados finos favorece en mejorar estabilidad y reduce los porcentajes de vacíos; Posee un elevado poder espesante, particularmente relevante para la obtención de un elevado cuerpo de película del ligante y mejora su adherencia; Transporte fácil y almacenamiento sencillo; Su aplicación es de forma inmediata, Ver figura N°10.



*Figura 10. Comportamiento de la cal en el asfalto.*

*Fuente: caltek, funciones de la cal hidratada.*

La utilización de la cal Hidratada se da en diferentes tipos, los cuales van en infraestructuras, edificaciones, para empleos en protección ambiental.

Infraestructuras, se emplea en la estabilización para suelos con intención de mejorar sus propiedades en suelos que son arcillos, también para mezclas bituminosas en caliente con el objetivo de aumentar la durabilidad.

En edificaciones, se utiliza en morteros de cal, para pintura, encalados, decoración en prefabricados a base de cal, bloques de tierra y piedra artificial.

En protección ambiental, para el proceso de tratamiento (potabilización) de las aguas potables, y también en el tratamiento de las aguas residuales.

Precedentes en otros países sobre el empleo de la cal hidratada, los rendimientos obtenidos son positivamente buenos ya que la Asociación nacional de cal de los Estados Unidos, determinaron que el efecto de añadir la cal hidratada en las mezclas asfálticas proporcionan mejoras para el módulo dinámico ya que resaltan que es una de las propiedades fundamentales empleadas en las evaluaciones para el agrietamiento producidos por fatigas, fisuras por efecto térmicos y ahuellamientos ya que califica de modo racional los comportamientos de esfuerzo deformación en la mezcla. La Universidad de Nevada EE. UU concluyo que hubo una disminución en el tiempo de vida de las carreteras con la implementación de cal hidratada de hasta un 45%; incrementa su rendimiento de los pavimentos e intensifica en un 38% su ciclo de vida útil.

En el continente de Europa, el empleo de la cal hidratada se aprovechado por muchos años, investigaciones recientes establecieron que la cal hidratada proporciona múltiples ventajas en las mezclas asfálticas: Frías, Calientes y templadas, como también para "in-situ frio", ya que su adición anticipa los deterioros de manera prematura e incrementa la vida del pavimento y su resistencia a deformaciones, así mismo en algunos países de Europa establecieron como requisito obligatorio el empleo de la cal hidratada en el diseño de las mezclas asfálticas formando parte de sus reglamento nacional para carreteras local y nacional, sus beneficios en España los más importantes del uso de esta técnica son los relacionados al envejecimiento y deformaciones plásticas, con costo bajo siendo una opción interesante para mejorar los diseños de las mezclas asfáltica.

La importancia de los diseños de mezclas asfálticas modificados, ayuda a contrarrestar los Factores y fallas que afectan los pavimentos flexibles, ya que según detalla el MTC, son dos los factores en el apartado de suelos y pavimento, en lo que se ve influenciado el diseño y comportamiento de los pavimentos: temperatura y las precipitaciones de lluvias como también similares como las precipitaciones de las nevadas. El territorio del Perú se diferencia por sus tres regiones: la Costa con un clima mediatizado sin lluvias; Sierra con temperaturas pronunciadas mínimo y máximo y lluvias moderadas; selva tropical con unas temperaturas altas y lluvia fuertes. Por otro lado, una subdivisión territorial calurosa en la costa norte ya que es parte ecuatorial y en la

ocasión es peruana con presencia de lluvia tropical cuando el fenómeno del niño se presenta.<sup>14</sup>, Ver figura N°11.

La Temperatura, según el MTC manual de carreteras señala que es relevante tener en cuenta que en territorios alto andinos es normal tener temperaturas en meses de junio hasta el mes de octubre con variaciones constantes con un rango de entre 40°C y sobre todo fenómenos de heladas con vientos rígidos y altas radiación solar. Las temperaturas afectan de forma directa o contribuyen a la deformación de las carpetas asfálticas de los pavimentos, así como también las diferentes variaciones de temperaturas que son capaces de producir en la carpeta asfáltica tensiones. Por otro lado, las temperaturas más bajas tienen un predominio para la aparición de agrietamientos que en conjunto con la fatiga se pronuncia en el ahuellamiento de la carpeta asfáltica.



*Figura 11. Fallas en una carpeta asfáltica.*

*Fuente: Grupo Bitafal, fallas más comunes.*

Los agrietamientos que se dan por baja temperaturas y por la fatiga hacen que incrementen los costos para su conservación, así mismo el ahuellamiento provoca problemas relacionado a la seguridad referido al patinaje de los vehículos. De acuerdo a las diversas temperaturas; las regiones deben ser seleccionada de acuerdo al empleo de los asfaltos para distintos rangos de viscosidad y penetración, así como se menciona en el cuadro de selección para de Clasificado por penetración para el cemento asfáltico.

---

<sup>14</sup> (MTC Manual de mantenimiento o conservación vial, 2014 pág. 77)

Precipitación de las lluvias, se deben tener en cuenta ya que el MTC; manual de carreteras indica que las precipitaciones afectan directamente la exigencia de los diseños de los pavimentos y las capas granulares ya sea por presencia de manera superficial y por percolación que se da al interior, en otras palabras, se debe al efecto que se origina por la presencia de aguas de alrededores que se encuentran cercana al camino; corrientes superficiales de lagunas y aguas subterráneas que ascienden el nivel freático debajo de la plataforma y la modifican, dependiendo al periodo de temporada de lluvia. El nivel freático elevado cercano de las capas superior de una sub rasante del diseño de un proyecto puede desestabilizar estas debido al fenómeno de capilaridad del material empleado.<sup>15</sup>

El impacto principal que puede generar el cambio del clima para los pavimentos es incrementar el deterioro, además los fenómenos climáticos acrecientan la probabilidad a eventos para la infraestructura. Se debe tener en cuenta que los factores climáticos representan el principal problema que perjudica el desempeño de los pavimentos de una carretera, así mismo, este problema no es el único existente; ya que estas características que posee el pavimento; se hace referencia particularmente a los materiales, estructura que lo constituyen; también se ve involucrado la geografía, topografía del lugar y el tránsito incesante de los vehículos pesados que son los causantes del problema al desgaste del pavimento.<sup>16</sup>

Las bajas temperaturas que presenta el asfalto tienden a sufrir enfriamiento de forma acelerada, para el caso de presencia de lluvias constantes se requiere efectuar trabajos de drenaje para que no exista posibilidad de que se filtre el agua entre capas del pavimento perjudicando daños en la estructura. Para las zonas geográficas donde la temperatura sobrepasa los 50°C, es elevada la temperatura en la superficie de rodamiento a 35°C, y la radiación es muy alta podría superar hasta un 75% en su temperatura ambiente siendo la mayor complicación, cuando se trata de hacer mantenimiento; ya que es muy susceptible a sufrir deformación.

---

<sup>15</sup> (MTC Manual de mantenimiento o conservación vial, 2014 pág. 78)

<sup>16</sup> (HUMPIRI Katia, 2015 pág. 1-2)



Los factores que independientemente interfieren en la calidad y método del diseño de los pavimentos, de forma predominante afectan a este se pueden considerarse en los grupos siguientes:

Características de los materiales, son las que están compuestas por terracerías y la sub rasante de los pavimentos intervienen en un papel importante ya que el comportamiento y su espesor se requiere para los pavimentos flexibles, se determina sus características de estos materiales que son empleados, lo cual se logra através de los conocimientos enfocados en mecánica de suelos, también se incluyen lo que es la base y sub base.

El clima, es un factor principal que involucra a los pavimentos, que se da através de precipitación de lluvias, ya sea también por influencia de la acción las elevaciones de agua freáticas, así mismo las altas temperaturas que se ven reflejado en las deformaciones que sufre los pavimentos que junto con acciones de otros factores contribuyen a ser susceptibles a estos cambios en su viscosidad debido a su alteración.

Drenaje, es un elemento de mayor importancia que provoca problemas ya que mayormente perjudica a los pavimentos cuando es ineficiente en su funcionamiento, ya que el agua provoca su disminución en la resistencia de los suelos, presentado fallas superficiales. En consecuencia, un buen sistema d drenaje sería el alma de todo pavimento para que tenga un mejor desempeño en el funcionamiento de su estructura.

El tránsito de vehículos produce cargas directamente al pavimento, por lo que es necesario conocer con la precisión suficiente para poder planear y diseñar exitosamente los aspectos para la vialidad; para tener cuenta en el pavimento de asfalto.

Las fallas que afectan un pavimento flexible, según lo señalado por en el manual para el mantenimiento y conservación vial en el apartado de mantenimiento y conservación vial se describe que las fallas se clasifican en dos grupos las cuales corresponden a las fallas superficiales y fallas estructurales; las fallas superficiales son generadas por el defecto de su construcción dado por una mala calidad en los materiales empleados en la elaboración o también dado por el aumento del tráfico, así mismo si no se tienen en cuenta la intervención oportuna de estos problemas de fallas en el pavimento estos pueden pasar y convertirse en el grupo denominado fallas estructurales, las misma

que afectan el paquete estructural, es por ello que se infiere que es más costoso los mantenimientos para los tipos de fallas como estas en comparación con el primer grupo, Ver tabla N°5 y figura N°12.

**Tabla 5. Clasificación de fallas de los pavimentos asfálticos.**

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/falla	Deterioro / Falla	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.

Fuente: MTC Manual de mantenimiento o conservación vial.



*Figura 12. Deterioro o fallas en un pavimento.*

Propiedades Mecánicas y físicas en las mezclas asfálticas, tienen propiedad mecánica de resistencia a deformaciones constante y grietas; para tolerar esfuerzos mayores de tráfico canalizados, cargas elevadas por ejes y climas extremos. Así mismo una mezcla asfáltica se caracteriza por presentar cambios en su forma física y estructura que se pueden dar por factores de fuerzas a los que están sometidos sin sufrir una rotura, presentar rigidez, deformaciones, cambios por la temperatura, el volumen de los vacíos generados.

Conducta mecánica en mezclas asfálticas, las mezclas asfálticas son de tipo heterogéneas las cuales están compuestas de agregados, aditivos si en caso lo requiera, asfalto, aire, etc., se debe establecer un volumen de mejor trabajabilidad en su procedimiento de mezclado y compactación; Los materiales empleados como los agregados y el asfalto se deben calentar con una temperatura de mezclado adecuada.<sup>17</sup>

Las mezclas asfálticas estas constituidas de materiales muy parecidos al de los concretos hidráulicos, ya que para su elaboración se necesita de manera primordial agregados pétreos, aire, cemento asfáltico y aditivos si en casi se necesite.<sup>18</sup>

Cabe mencionar que los principales materiales que aportan resistencia en las mezclas bituminosas son los granulares y finos, ya que a su vez contienen tipos de gradación, ya que de acuerdo al tipo de gradación se puede clasificar los tipos de mezclas

---

<sup>17</sup> (MONTEJO Alfonso, 2006 pág. 91)

<sup>18</sup> (MTC Manual de ensayos y materiales EG, 2013 pág. 573)

asfálticas en caliente en las que se menciona a: mezclas de gradación abiertas, mezclas densas y mezclas incompletas.<sup>19</sup>

Se hace mención a que las mezclas de asfalto convencionales; estas presentan requisitos mecánicos para la resistencia a las deformaciones y a fisuras permanentes relacionados a esfuerzos mayores influenciado por el tráfico que se canaliza, elevadas cargas de los ejes, climas extremos.<sup>20</sup>

Las mezclas asfálticas que no son modificadas presentan requerimientos en cuanto resistencia de los fisuramientos y la deformación la que se ve reflejado en su durabilidad. Por lo tanto, esto es producido por 2 factores en lo que se ve influenciado por el tráfico y los climas extremos; por otro lado, la adición de materiales en las mezclas elaboradas de manera convencional mejora el desempeño de esta misma.

Las mezclas de asfalto convencionales pueden modificarse de 2 maneras: por vía seca y vía húmeda; estos procesos tienen el objeto de cambiar sus propiedades de estas mezclas asfálticas con la intención de mejorar e incrementar su desempeño en su vida de servicio, en relación a lo mencionado se concluye que las mezclas de asfalto son soluciones viables o necesarias; en donde se emplea ante los limitantes que presentan las convencionales sin modificar.<sup>21</sup>

**Deformación,** Las Deformaciones en las mezclas asfálticas muchas veces presentan como patologías ocasionadas por diversos factores que posteriormente se deben a la puesta del tráfico, servicio y clima; posteriormente los parámetros para la determinación de la deformación son analizados a través de la estabilidad y el flujo Marshall.<sup>22</sup>

Las deformaciones en las mezclas asfálticas son referidas a deformaciones plásticas que se manifiestan en pavimentos del tipo flexible en caliente, que son producidas por las diversas cargas repetitivas producto del tránsito.

---

<sup>19</sup> (MINAYA Silene y ORDÓÑEZ Abel, 2006 pág. 163)

<sup>20</sup> (MÉNDEZ José, 2012 pág. 76)

<sup>21</sup> (RONDON Hugo y REYES Fredy, 2015 pág. 69)

<sup>22</sup> (MTC Manual de mantenimiento o conservación vial, 2016 pág. 520)

Estas deformaciones se pueden originar como flujos que no son muy distantes a huellas como también por consolidación y el reacomodo de material pétreos posteriormente en el da a inicios de la puesta del servicio.<sup>23</sup>

Resistencia a compresión- inmersión, es una propiedad en donde se determina mediante un ensayo, en lo que si a más resistencia a compresión tiene las propiedades mejoran para el concreto asfáltico; la resistencia es una de las estimaciones del cociente entre la valoración de la carga puntual y su área transversal de las briquetas, desde el momento en que esta falla y se origina la rotura.<sup>24</sup>

Una de la forma de evaluar la resistencia de compresión en los concretos asfálticos es através del ensayo a compresión, el ensayo consiste en someter las briquetas a cargas axial, con el fin de obtener el valor de la fuerza en la que falla y este dividirlo con el área transversal de las briquetas.<sup>25</sup> Esta prueba se ejecuta conforme a la norma ASTM D1075, la cual se emplea para la determinación de la pérdida de resistencia por acción del agua, Ver figura N°13.



*Figura 13. Prueba de Resistencia Inmersión – Compresion.*

*Fuente:* Instituto Mexicano de transportes.

Resistencia de tracción indirecta es determinado através de un ensayo en donde es aplicada una fuerza de forma constante por compresión diametral para una briketa de

---

<sup>23</sup> (MÉNDEZ José, 2012 pág. 95)

<sup>24</sup> (BANTO Flavio, 2007 pág. 50)

estructura cilíndrica, la que se emplea para el ensayo de Marshall, en donde se alcanza la rotura.<sup>26</sup>

Relevancia del asfalto en caliente, las muestras de los agregados que se emplean luego para realizar la mezcla asfáltica, deben ser seleccionados para obtener una mejor calidad de estos materiales, teniendo en cuenta una adecuada distribución; cuando se efectúa la granulometría esta debe de cumplir con rangos ya fijados por la normativa del MTC y AASHTO; para la obtención de los resultados a la hora de efectuar los ensayos en laboratorios correspondientes, lo cual debe estar apoyado en el sustento escrito que detalla el apartado del manual de ensayos de los materiales; para desarrollar los procedimientos de manera verídica.

Las Propiedades de la Mezcla de Asfalto son las siguientes:

Estabilidad, la resistencia que se da al desplazamiento en la capa asfáltica y que es apto para soportar las cargas de vehículos pesados ante la resistencia de deformaciones. Se considera que la estabilidad es una de las propiedades más importantes ya que resiste los desplazamientos y deformaciones que son producidos por el tránsito.

- Resistencia ante la fatiga, es una capacidad para soportar las cargas aplicadas sin fracturarse, resistencia de flexión para la vida útil de pavimento.

- Flexibilidad, es una capacidad de que no sufra fisuras o agriete el pavimento.

- Impermeabilidad, es una capacidad a la resistencia del material ante condiciones del agua; dependiendo del grado de porosidad en el pavimento.

- Durabilidad, es una propiedad que ofrece mayor resistencia a los pavimentos ante agresiones que sufre en su vida útil y cuenta con características que son:

- ✓ Resistencia ante la abrasión para el desgaste.
- ✓ Adhesión para las capas.
- ✓ Resistencia ante el impacto.
- ✓ Conducta de carga rodante.

---

<sup>26</sup> (GARROTE Elizabet, 2006 pág. 6)

- ✓ Resistencia ante la tracción.
- ✓ Resistencia para el impacto pesado.
- ✓ Módulo de la elasticidad.

La Estabilidad Marshall, este valor vendría a ser una medida de carga en donde la probeta falla o cede totalmente, cuando en es ensayada la carga es aplicada lentamente, la parte de los aros o cabezales de la maquina (superior e inferior) son acercados, la carga encima la briqueta se incrementa, de la misma forma lo hace la lectura para el indicador del cuadrante. Así mismo, cuando es suspendida la carga se llega a obtener la carga máxima, lo que indica el medido sería el valor de la estabilidad Marshall.<sup>27</sup>

Propósito de la prueba de estabilidad y el Flujo Marshall, esta prueba se desarrolla con la intención de dar a conocer valores de la cohesión; (estabilidad) y fricción, (flujo) en la mezcla asfáltica, através de una carga a la deformación que es controlada en 50.8mm/min; esta prueba solamente es aplicada para las probetas que fueron diseñadas con el martillo de Marshall, la cual se fundamenta en sumergir las probetas en baño María con una temperatura 60°C, entre 30 min a 40 min, para luego poder ser ensayadas en la máquina de Marshall; y estos valores se emplean para la determinación del contenido óptimo de asalto, Ver figura N°14.



*Figura 14. Equipo para pruebas Marshall - Pruebas estabilidad.*

*Fuente: Laboratorio Lab Suelos JCH.*

---

<sup>27</sup> (CRESPIN, Rafael y otros, 2012 pág. 192)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque de investigación

**Diseño de investigación:** El termino experimental orientado a una acepción particular es la que se adhiere al método científico, dirigido a un estudio en la que se manipula de forma intencional las variables, para analizar posteriormente los efectos de la variable dependiente manipulada, en una limitación de control que es diseñada por el investigador.<sup>28</sup>

El diseño experimental es aplicado cuando el investigador fija y procura el probable resultado de un problema que se manipula para determinar los efectos de la variable dependiente.

Una investigación de diseño experimental es cuando el investigador describe de forma constante el objeto de su análisis en lo que es relevante disponer de los objetivos para identificar efectos derivados por el método de comprobar la hipótesis planteada.<sup>29</sup>

En síntesis, esta investigación está enfocada en el diseño experimental, ya que, debido a su finalidad para manipular la variable; realizar los ensayos para la obtención de nuevos resultados y corroborar con las hipótesis propuestas de la investigación.

**Tipo de investigación:** Es caracterizada por el interés para aplicar los entendimientos teóricos a una determinada situación en específica y para efectos prácticos en que se derive, por lo que es relevante conocer para poder aplicar.<sup>30</sup>

La investigación aplicada tiene el propósito de dar solución a determinados problemas o situaciones concretos e identificables.

Se considera que ayuda para poder tomar acciones y fijar políticas y estrategias [...] para la investigación de tipo aplicada es el énfasis en la resolución del problema.<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> (GOMEZ Marcelo, 2006 pág. 87)

<sup>29</sup> (BERNAL Cesar, 2010 pág. 117)

<sup>30</sup> (ARIAS F, 2012 pág. 22)

<sup>31</sup> (SAMPIERI, Roberto, 2014 pág. 37)



La investigación del tipo aplicada se describe por tener beneficio en la aplicación para determinadas acciones, garantiza resultados, se enfoca en análisis y productos de la investigación.

Según las definiciones dadas por los dos autores el tipo de investigación por su naturaleza es del tipo aplicada, porque se busca dar soluciones a problemas conocidos y dar respuesta a las interrogantes específicas.

**Nivel de investigación:** En una investigación de nivel explicativa los estudios se van a centrar en sustentar por qué acontece un fenómeno y en qué circunstancia se presentan o porque se vinculan dos o más variables estudio.<sup>32</sup>

La investigación es de Nivel explicativa ya que presenta una relación casual, porque no solo se centra en la búsqueda de la descripción del problema, sino que también busca relación del origen en el mismo; se trata de estudiar las propiedades físicas y mecánica de una mezcla asfáltica en caliente con añadidura de cal hidratada Así mismo, se pretende la obtención de todos los datos que sean necesarios, se busca también las razones y realiza la valoración indispensable que nos permitan dar a entender las causas y consecuencias.

**Enfoque de investigación:** Las investigaciones se catalogan de acuerdo al enfoque, entre ello se define al enfoque cuantitativo, este enfoque que se centra en las mediciones numéricas, en base a los resultados que pueden ser numéricos o conteo y frecuentemente se sustenta en las estadísticas para la determinación de patrones para una población dada.<sup>33</sup>

Para tal fin se considera que es una investigación cuantitativa, por que reúne y analiza los datos sobre las variables de estudio empleadas, para interpretar las hipótesis. En otras palabras, es una investigación objetiva porque se fijan mediciones de manera reales con los que se obtendrá una mayor proporción de datos íntegros, adquiriendo las interpretaciones más contrastadas.

---

<sup>32</sup> (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 95)

<sup>33</sup> (BORJA Manuel, 2012 págs. 11-12)

### 3.2. Variables y operacionalización

Las variables del estudio de una investigación son todos aquellos que se pueden medir, la información en que se colectamos, o también, los datos en que se recaban con el propósito de poder responder a las interrogantes de la investigación, las que habitualmente están señaladas en los objetivos”.<sup>34</sup>

Las variables de estudio o investigación son términos que se emplea para referir al tipo de relación de causa o efecto, mejor dicho, una variable en términos generales es un atributo medible que puede cambiar en un experimento.

Para el estudio de la investigación se emplearon las siguientes variables:

**Variable independiente:** La variable independiente es cuando el experimentador altera o modifica con intención de averiguar si esa modificación provoca o no cambios en las demás variables, mejor dicho, las variables independientes [...].<sup>35</sup> En este caso, la variable independiente ejerce influencia o efectos en las llamadas variables dependientes, son las que dan explicación a estas.

La variable independiente se presenta como como una condición o causa de la variable dependiente, cuyo valor no depende de la otra variable.

**Diseño de mezcla asfáltica:** Tiene como finalidad proveer características en una mezcla, constituidas de agregados y un ligante; mostrando un excelente desempeño al ser modificada para resistir fallas como deformaciones permanentes, fatiga térmica, por cargas, y además la de proporcionar una resistencia al deslizamiento.

**Adición de cal hidratada:** La cal es un conglomerante que se obtiene por medio de la calcinación de un material calizo, la cal hidratada o hidróxido de calcio es incoloro, fino y cristalino, que se obtiene através de la hidratación (óxido de calcio) o cal viva, la fórmula que la representa es  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , y contiene cantidades pequeñas de hidróxido de magnesio, óxido de silicio, Alúmina y Óxido de hierro.<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> (VILLASIS Miguel y MIRANDA María, 2016 pág. 304)

<sup>35</sup> (PINO, 2018 pág. 134)

<sup>36</sup> (AGUILAR Sara y otros, 2016 pág. 28-29)

**Variable dependiente:** Las variables dependientes son el resultado de forma medida que el investigador emplea para determinar si tuvo algún cambio o efecto en la variable dependiente.

Las variables dependientes son aquellas cuyos valores son subalterno de lo que haga la otra variable; es el factor que es medido y observado para determinar los efectos por la variable independiente.

**Propiedades físicas de la mezcla asfáltica en caliente:** Una mezcla asfáltica se caracteriza por presentar cambios en su forma y estructura que se pueden dar por factores de fuerzas a los que están sometidos sin sufrir una rotura, presentar rigidez, deformaciones, cambios por la temperatura, densidad y el volumen de los vacíos generados.<sup>37</sup>

**Propiedad mecánica de la mezcla asfáltica en caliente:** Las mezclas asfálticas poseen propiedades mecánicas como resistencia a la deformación constante y fisuras; para tolerar esfuerzos mayores de tráfico canalizados, cargas elevadas por ejes y climas extremos.

**Operacionalización de la Variable:** Es un proceso en la investigación que puntualiza de qué manera podrían ser cuantificadas las variables con el propósito de responder a las hipótesis generales e hipótesis específicas propuestas.<sup>38</sup>

Operacionalización de las variables es relevante para poder precisar el tipo de medición al que serán sometido y de acuerdo a estos valores poder definir a través de valores o escalas.<sup>39</sup>

La operacionalización de la variable está formada de una serie de indicaciones o procedimientos, en donde se intenta obtener información de las variables seleccionadas de modo que se pueda captar el sentido y la adecuación al entorno para poder ser analizadas o medidas.

Ver **Anexo 1.** Operacionalización de variable independiente y dependiente.

Ver **Anexo 2.** Matriz de consistencia.

---

<sup>37</sup> (FLORES Jhon, 2018 págs. 16-21)

<sup>38</sup> (BORJA Manuel, 2012 pág. 38)

<sup>39</sup> (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 64)

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Es representada por el conjunto de todos los objetos u elementos que presenta la característica particular resaltante del universo y que a su vez forman parte del espacio territorial del problema”.<sup>40</sup>

Para el estudio de la investigación la población es tomada la Av. San Diego de San Martín de Porres, donde se tomará un tramo de 1 km para el estudio.

**Muestra:** “Es un subconjunto que corresponde a la población o universo, estos elementos muestran adecuadamente la particularidad de la población, teniendo en cuenta la técnica más adecuada para el muestreo, a diferencia con la población es el número de unidades”<sup>41</sup>

Así mismo, con respecto a la descripción para la muestra, se tomará el diseño de mezcla asfáltica en caliente que se elaborará con el aditamento de cal hidratada en porcentajes de 1%, 1.5% y 3%, lo cual conlleva al diseño de 64 briquetas mediante el método Marshall ASTM D 1559.

#### **Determinar el contenido de vacíos y densidad en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.**

Un total de 4 diseños de mezcla asfáltica en caliente; las que serán evaluadas a través del ensayo para determinar su contenido de vacíos y la densidad según los parámetros de diseño del método Marshall, Ver tabla N°6.

**Tabla 6.** *Análisis del contenido de vacíos y densidad en el diseño de mezcla.*

Diseño de mezcla asfáltica	Ensayo	
Mezcla Asfáltica con asfalto, sin Cal hidratada (0%)	Contenido de vacíos en el diseño de mezcla asfáltica ASTM D 1559 - Método Marshall	Densidad en el diseño de mezcla asfáltica MTC E 504 ASTM D 1559 - Método Marshall
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al (1%)		
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al (1.5%)		
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al (3%)		

*Fuente: Elaboración propia.*

<sup>40</sup> (CARRASCO Sergio, 2005 pág. 238)

<sup>41</sup> (VALDERRAMA Santiago, 2013 pág. 184)

### Muestras para ensayo de deformabilidad (Estabilidad - Flujo)

Un total de 40 muestras o briquetas compactadas para determinar la deformabilidad (estabilidad y fluencia Marshall), Ver tabla N°7.

**Tabla 7.** Muestras para el ensayo de deformabilidad.

Descripción y porcentajes	Muestras	
	Compactadas (75 golpes)	Sub Total (Por diseño)
Mezcla Asfáltica con asfalto, sin Cal hidratada (0%)	10	10
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al (1%)	10	10
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al (1.5%)	10	10
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al (3%)	10	10
<b>N° Total de briquetas</b>		<b>40</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Muestras para ensayo resistencia a la compresión - inmersión (MTC E-518).

En este ensayo se presenta una cantidad total de 24 muestras compactadas, 12 muestras secas a condiciones específicas y 12 inducidas a humedad. Ver tabla N°8.

Efecto del agua en la resistencia a compresion en las mezclas asfálticas compactadas (Ensayo inmersión – compresion).

**Tabla 8.** Muestras para ensayo resistencia a la compresión inmersión (MTC E-518).

Descripción y porcentajes	Muestras Compactadas		
	Seca	Húmeda (acondicionada)	Sub Total (Por diseño)
Mezcla Asfáltica con asfalto, sin Cal hidratada	3	3	6
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al 1%	3	3	6
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al 1.5%	3	3	6
Mezcla Asfáltica con asfalto + Cal hidratada al 3%	3	3	6
<b>N° Total de briquetas</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>24</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Resumen del total de cada uno de los ensayos según dimensión

Resumen total de ensayos a realizar al diseño de mezcla asfáltica en caliente, muestras estratificadas y la sumatoria total de las briquetas para cada ensayo, Ver tabla N°9.

**Tabla 9.** Resumen del total de cada uno de los ensayos según dimensión.

Propiedad física de la mezcla asfáltica en caliente	Diseño de mezcla asfáltica en caliente			
	Porcentaje de cal hidratada			
Contenido de vacíos en la mezcla asfáltica (%)	0%	1%	1.5%	3%
Densidad en la mezcla asfáltica (gr/cm <sup>3</sup> )				
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente				Muestras (Briquetas)
Deformabilidad (Estabilidad (lb) - Flujo (mm))				40
Resistencia a la compresión – inmersión (Mpa)				24
N° Total de muestras - briquetas				64

Fuente: Elaboración propia.

**Muestreo:** El muestreo es un procedimiento necesario en donde se obtiene una parte de la población en la que representa al mismo; el muestreo no probabilístico es de tipo intencional la que es desarrollada bajo los criterios e intereses del estudio para el investigador.<sup>42</sup>

El muestreo no probabilístico es un tipo de muestreo, ya que puede existir una clara influencia por parte del investigador, pues hace selección de la muestra según su criterio y para razones de comodidad.

En base a lo mencionado referente a los dos autores, para adquirir la muestra se dará a través del muestreo no probabilístico - intencional, por ello el criterio se justificará en base al interés de la investigación realizada, en este caso es el de cuantificar el estudio del comportamiento físico y mecánico para el diseño de la mezcla asfáltica; con la proporción óptima de asfalto y cal hidratada, según las normativas correspondientes para los ensayos y guiado por el Manual EG-2013.

---

<sup>42</sup> (VALDERRAMA Santiago, 2013 pág. 193)

### 3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad

**Técnica:** Para los trabajos de investigación de metodología, el empleo de las técnicas utilizadas es: Experimento, análisis del contenido y encuesta o sondeo.<sup>43</sup>

Para esta investigación se empleará la técnica para la recolección de los datos através de la observación directa experimental, y cuyos ensayos serán realizados en los laboratorios; así mismo, estos resultados serán plasmados en las fichas de recolección de datos para posteriormente ser analizados y obtener resultados concretos.

**Instrumento:** El instrumento para el recojo de los datos es una herramienta o recurso elemental para las investigaciones científicas ya está permite el poder cuantificar de forma directa las variables de estudio através de la validez y confiabilidad.<sup>44</sup>

Para la investigación los instrumentos que se emplearan estarán representados mediante el equipamiento automatizado del laboratorio de estudio y las fichas técnicas; el equipo automatizado se encargara de cuantificar y por lo tanto reportaran los datos de cada uno de los especímenes de ensayo que estarán bajo la normativa del MTC y manual de ensayos.

**Ver Anexo 3.** Ficha técnica N°1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

**Validez:** "La Validez se trata [...] de ratificar en la medida de lo mejor posible la validez y fiabilidad de las técnicas y de los procedimientos seleccionados para la recolección de los datos".<sup>45</sup>

La validez es también conocida como una prueba de instrumento ya que permite de una forma poder administrar el instrumento para diversas situaciones con objeto de comprobar que realmente se cuantifique las características en las variables del diseño.

La validez en la presente investigación se dará através de los profesionales los cuales son ingenieros expertos que garanticen la validez y veracidad de los ensayos. Para validar el instrumento de recolección de los datos (ficha técnica), se tuvo en

---

<sup>43</sup> (HIDALGO J, 2006 pág. 187)

<sup>44</sup> (MENDOZA J, 2009 pág. 18)

<sup>45</sup> (ANDER Ezequiel, 2011 págs. 148-149)

consideración el juicio de expertos para la evaluación de la información recopilada si tiene una relación coherente a la investigación propuesta.

**Ver Anexo N° 3.** Experto N°1. (Nombre, CIP, Firma), Ficha recolectora.

**Ver Anexo N° 3.** Experto N°2. (Nombre, CIP, Firma), Ficha recolectora.

**Ver Anexo N° 3.** Experto N°3. (Nombre, CIP, Firma), Ficha recolectora.

**Confiabilidad:** La confiabilidad es referida a la capacidad en la que el instrumento otorga los datos de las mediciones correspondientes a la realidad a la que se pretenderá conocer, mejor dicho, su exactitud para la valoración de medición, como también la estabilidad y consistencia para diferentes situaciones<sup>46</sup>

Es una de las características que posee todo instrumento; ya que sin la ausencia de esta el instrumento de medición carece de formalidad; esta se basa en la obtención en qué medida se debe aplicar de forma repetitiva el instrumento a un objeto para el estudio.

Para la confiabilidad, se tomarán las medidas adecuadas con el propósito de obtener los resultados más óptimos que reflejen la autenticidad de la investigación, por ello se solicitarán que todos los equipos que se empleen en los ensayos cuenten con los certificados de calibración del equipo automatizado del laboratorio; para que garantice el buen estado y calidad.

**Ver Anexo 4.** Reporte de ensayos de laboratorio.

**Ver Anexo 5.** Certificados de Calibración de instrumentos.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento son las etapas organizadas en una secuencia que nos permitirán detallar como es la recolección de las muestras, saber cómo es la manipulación de las variables, para esta investigación. Para esta investigación el procedimiento a seguir será el siguiente:

---

<sup>46</sup>(MONJE Carlos, 2011 pág. 165)



## Etapa 1: **Adquisición de los materiales**

Se Adquirirá los materiales necesarios para el diseño de mezclas asfáltica en caliente, estos materiales son obtenidos de forma básica los cuales son: El agregados grueso y fino, la cal hidratada y el cemento asfáltico con una penetración de PEN 60-70, Ver figura N°15.



*Figura 15. Materiales empleados en el diseño de mezcla asfáltica.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## Etapa 2: **Coordinación con el laboratorio**

Se coordinará con el personal de laboratorio para determinar los tiempos en que se podrá ir a realizar los ensayos y si disponen de los materiales necesarios para el diseño de mezcla asfáltica y otras necesidades que requiera el proyecto.

### **Materiales y equipos empleados en el proyecto**

#### **Molde de compactación**

Consta de una placa que tiene una base Plana, de molde y un collar (extensión cilíndricos). Este molde debe ser de un diámetro en su interior de (4") 101.6 mm con una altura aprox. de (3") 76.2 mm, así mismo, la placa y el collar de extensión cilíndrica

deben ser intercambiable, mejor dicho, se debe conectar a cualquiera de alguno de los dos extremos, se sugiere tener a disposición 3 moldes, Ver figura N° 16.



Figura 16. Molde de compactación.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

### Extractor para el molde

Debe servir para separar las briquetas del molde a la hora de retirarla; esta provisto por un disco para desplazar de 10 mm de espesor y 100 mm de diámetro. Ver figura N° 17.



Figura 17. Extractor de molde de briquetas.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

## Martillo para compactación

Está conformada de una cara circular de ( $3 \frac{7}{8}$ " ) 100 mm de diámetro proveída con un peso de unos  $4.515 \pm 15$  g; (10 lb) y elaborado con el propósito de conseguir altura para una caída de  $460 \pm 2$  mm (18"), estas especificaciones señaladas garantizan la obtención de 20,75 J. de una energía por caída. Ver figura N° 18.

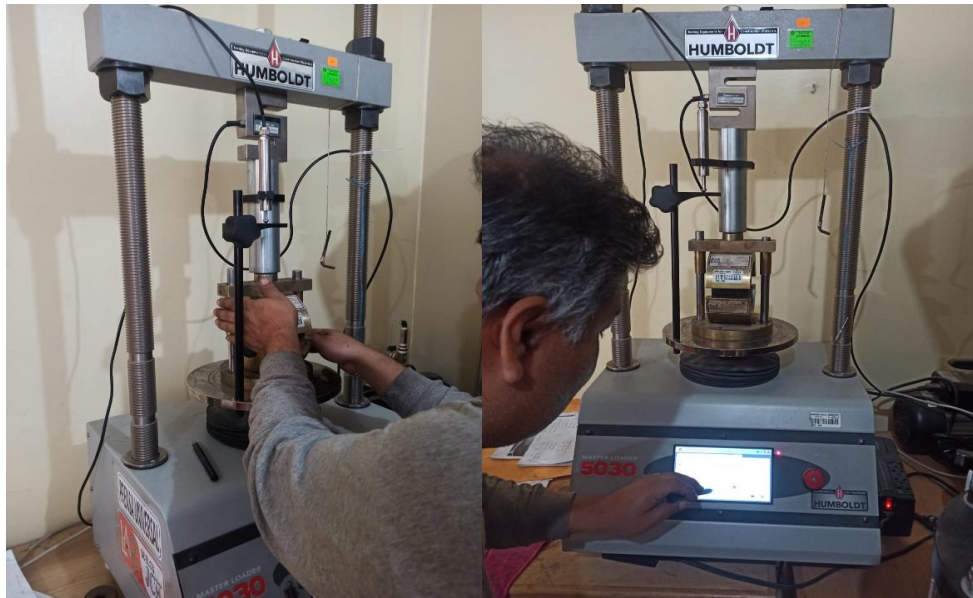


*Figura 18. Martillo de compactación.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

## Máquina para prueba de estabilidad y flujo Marshall

Es un instrumento electrónico que está diseñado con el fin de aplicar la carga a las briquetas en el momento del ensayo, con una velocidad de deformación ( $50 \pm 1$  mm/min), provista de un anillo de ensayo calibrado para la determinación de la carga que se ha de aplicar, debe ser de una capacidad mayor a unos 25 kN con una sensibilidad de (45N), dial graduado para unos (0,0025 mm) y con un medidor para el flujo de una precisión (0,01 mm), con el objetivo de determinar su deformación la cual se produce en su carga máxima. Ver figura N° 19.



*Figura 19. Máquina para prueba de estabilidad y flujo Marshall.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

### **Mordaza o cabezal de rotura Marshall**

Está constituida de 2 segmentos de cilindro, parte superior e inferior de un radio interno de entre  $51 \pm 0,2$  mm, diseñado con el propósito de transmitir carga a la briqueta durante el ensayo. Ver figura N° 20.



*Figura 20. Cabezal de rotura Marshall.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

### **Pedestal para compactación**

Consta de un poste elaborado de madera de dimensiones de 205 x 205 x 455 mm recubierto de una placa hecha de acero (305 x 305 x 25 mm). El poste fabricado de madera va colocado en el concreto a través de cuatro perfiles de metal, el cual está firmemente afianzado y a nivel. Ver figura N° 21.



*Figura 21. Pedestal de compactación.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

### **Horno**

El Horno debe contar con un termostato que sea capaz de controlar y poder mantener la temperatura adecuada para el proceso. Ver figura N° 22.



*Figura 22. Horno para ensayo.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

## Recipiente para baño de agua

Sus dimensiones son de al menos de 150 mm de profundidad y debe estar dirigido por un termostato a unos  $60 \pm 1$  °C, el estanque debe contar también con un fondo falso con perforaciones y termómetro centrado y fijo, Ver figura N°23.

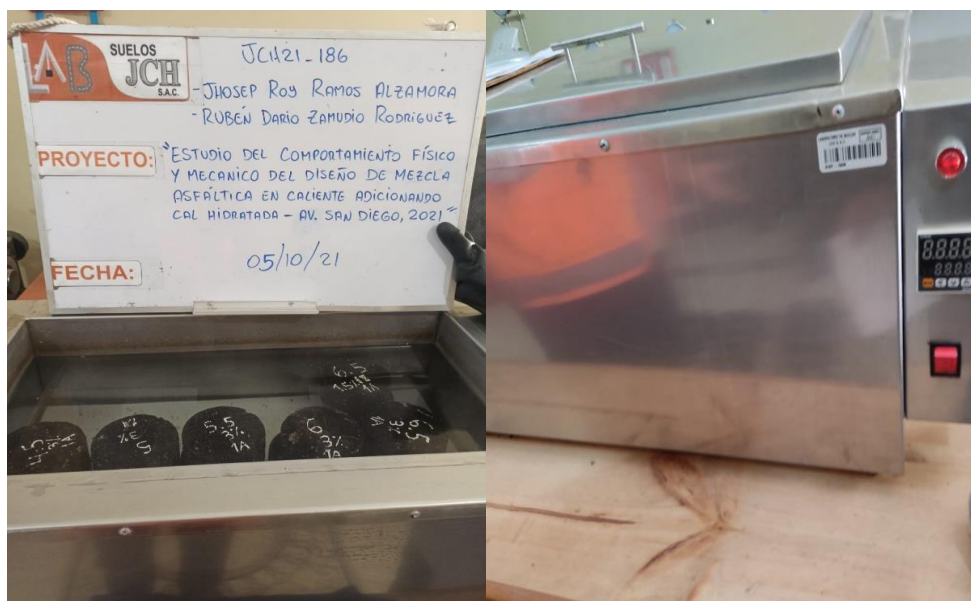


Figura 23. Recipiente para acondicionamiento de baño de agua.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

## Equipos misceláneos (Ver figura N° 24)

- ✓ Recipientes para calentado del asfalto y el árido.
- ✓ Bol de acero inoxidable, para mezclado del asfalto y árido.
- ✓ Espátulas, para elaborar la mezcla manual.
- ✓ Termómetro con rango de 10 a 200 °C para obtener las temperaturas del asfalto, árido, y de la mezcla bituminosa.
- ✓ Balanza con una capacidad de 5 kg y de precisión de 1 g.
- ✓ Plancha metálica o poruña.
- ✓ Guantes aisladores de seguridad para temperatura elevadas.
- ✓ Elementos de marcación para identificar las briquetas.



*Figura 24. Equipos misceláneos empleados.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

**Etapas 3: Ensayos iniciales y diseño de la mezcla de acuerdo a las normas.** (Ver Figura N° 25)

Se iniciará los ensayos como la determinación de las propiedades de los agregados entre otros. En cuanto a la manipulación de las variables de estudio, se realizarán los diseños de mezcla definiendo el porcentaje óptimo de asfalto y los porcentajes de cal hidratada en 1%, 1.5% y 3%. Ver Tabla N° 10,11,12 y 13.



*Figura 25. Ensayos iniciales para el diseño de mezcla asfáltica.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

#### Etapa 4: **Elaboración de briqueta con la dosificación 0%,1%,1.5% y 3%.**

Posteriormente se dará inicio a la elaboración de las briquetas para las muestras, respetando los parámetros de diseño establecido según el manual de ensayos MTC (E-504) y MTC E 518, las cuales serán sometidas a un estudio del comportamiento físico y mecánico, Ver Figura N° 26.



*Figura 26. Briquetas con 0%; 1%; 1.5% y 3% de cal hidratada.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

#### Etapa 5: **Ensayos de prueba de cada briqueta diseñada.**

Las briquetas elaboradas serán ensayadas para determinar sus propiedades a la deformación, los vacíos, densidad y la resistencia Inmersión – compresión; para así poder responder a las hipótesis planteadas.

#### Etapa 6: **Procesamiento e interpretación de resultados para los ensayos.**

Finalmente se procesará los datos, se describirá los procedimientos y normas que se emplearon para el desarrollo del proyecto. Así mismo los resultados de los ensayos será interpretados a través de cuadros y gráficos respectivamente.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El método para el análisis que se aplicara en la investigación, se dará mediante los análisis que se obtengan de las briquetas, las cuales será ensayadas en el laboratorio; estas serán con el diseño de mezcla en 0% sin cal hidratada y los otros diseños de mezcla serán con los porcentajes de 1%, 1.5% y 3%, se interpretara a través de gráficos



comparativos para posteriormente dar respuesta a las hipótesis y todo esto a través del siguiente desarrollo:

1. Se determinará el contenido óptimo del asfalto en la mezcla patrón con 0%; posteriormente también para el diseño con los porcentajes de cal hidratada en (1%, 1.5% y 3%), siguiendo los parámetros de diseño de Marshall; Peso específico, porcentajes de vacíos, flujo, estabilidad y la relación del flujo; los cuales servirán para realizar cuadros comparativos.
2. Posteriormente se obtendrá el porcentaje óptimo de cal hidratada para el diseño de mezclas asfáltica en caliente, todo esto de acuerdo a los parámetros de diseño Marshall del MTC E.G 2013.
3. Finalmente se realizará las tablas y los gráficos respectivos, estos contarán con los valores y parámetros de diseño de Marshall, así como también los resultados de los ensayos aplicados según las dimensiones establecidas para (Contenido de vacíos y absorción), analizando sus porcentajes que presentan en cada diseño, para el ensayo (Deformabilidad) , se analizará los índices de resistencia y para la (Resistencia Inmersión – compresión) analizar los esfuerzos y su resistencia conservada, esto se dará para el diseño con 0% sin cal y con la mezcla con porcentajes en 1%, 1.5% 3%, todo esto con la intención de generar gráficos comparativos entre los dos diseños de mezcla y poder determinar su efecto.

### **3.7. Aspectos éticos**

En esta investigación se tiene en consideración el derecho de autor, respetando la pertenencia intelectual, así como el reconocimiento apreciado de cada investigador por su trabajo realizado en investigación, a todo lo mencionado se afirma que este contenido empleado para la investigación se respetó estrictamente la ética moral; fue debidamente citado y referenciado sin alterar su contenido, siguiendo la norma ISO 690, 690-02.

Por otro lado, los resultados que se obtendrán serán verídicos y confiables, estos serán debidamente consultados a través del software Turnitin de la universidad Cesar Vallejo con un mínimo del 25% de similitud; para garantizar un contenido fiable e íntegro, para así ser empleado en futuras investigaciones que contribuyan en el desarrollo de otras.

**Ver Anexo 7.** Reporte de coincidencias Turnitin.



Esta investigación se desarrolló enfocado como propuesta a la mejora de sus propiedades física y mecánica del diseño de una mezcla asfáltica mejorado con la incorporación de cal hidratada en porcentajes de 1%; 1.5% y 3%, en la Avenida San Diego del Distrito de San Martín de Porres.

#### 4.1.4 Ubicación del laboratorio

Laboratorio LAB Suelos JHC S.A.C, ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho Av. 4 de abril Nuevo Perú, laboratorio de concreto y asfalto, se elaboró 4 diseños Marshall en base a los porcentajes indicados, se determinó su estabilidad, flujo, vacíos y resistencia la compresión – Inmersión sobre efectos del agua a la resistencia a la compresión en mezcla asfálticas, la cual se detalla en la siguiente figura N°28.

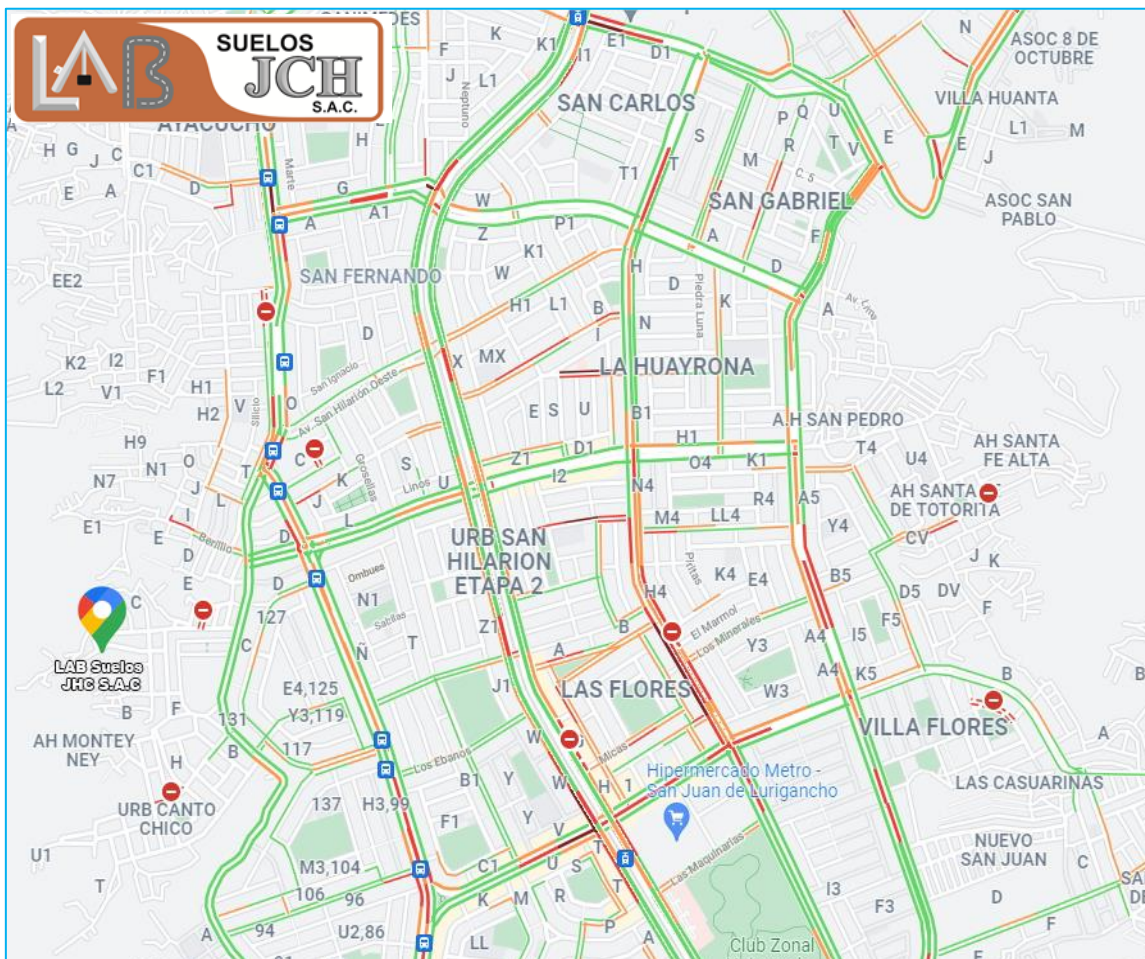


Figura 28. Ubicación del laboratorio.

Fuente: Google Maps.

#### 4.1.5 Ubicación de la cantera para los agregados

La localización de la cantera Jicamarca se encuentra en el distrito de San Juan de Lurigancho - provincia de Lima, la cual se detalla en la siguiente figura N°29.

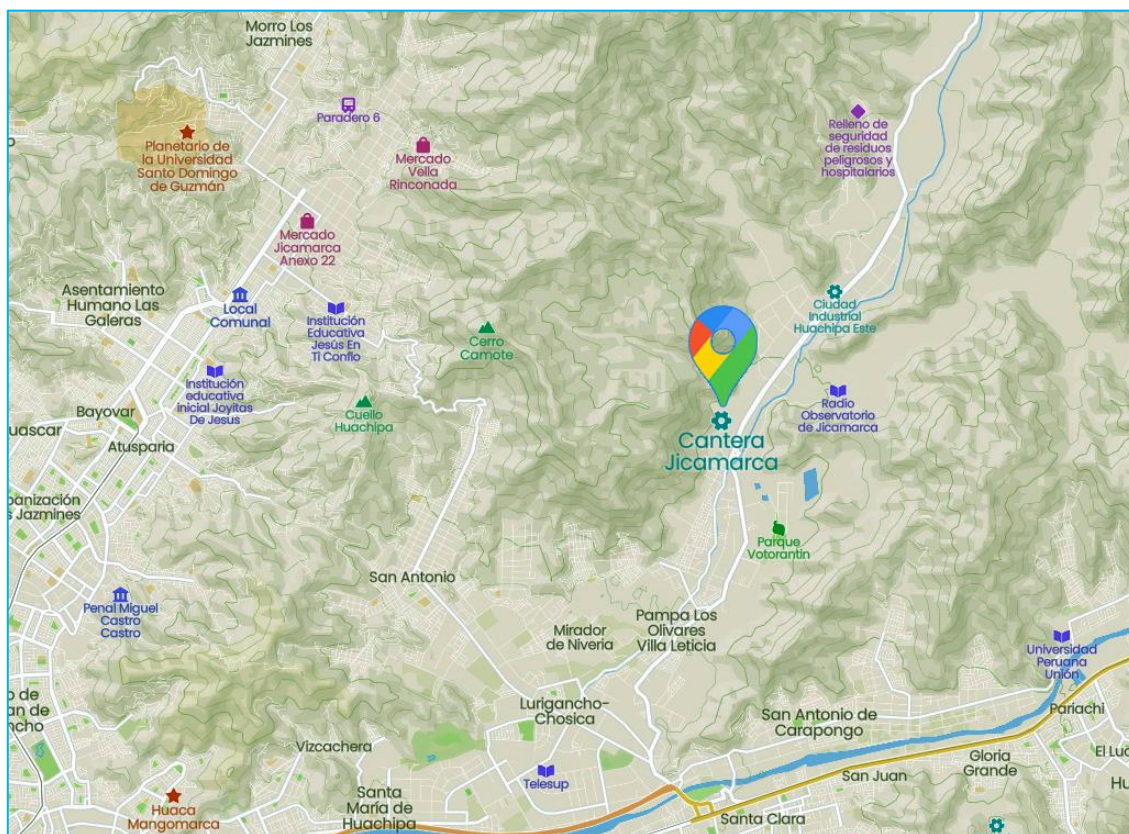


Figura 29. Ubicación de la cantera.

Fuente: Google Maps.

#### 4.2 Desarrollo del procedimiento

Se procedió a realizar los respectivos ensayos correspondiente como indica en manual de ensayo y materiales del Ministerio de transporte y comunicación, según lo señala la norma internacional (ASTM), con el propósito de sustentar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Por Consiguiente, los diseños se realizaron en base al Método de Marshall ASTM D-1559, la norma detalla el proceso que se debe seguir para la evaluación de la resistencia a deformaciones plástica en mezclas asfálticas en cada uno de los porcentajes de 0%; 1%; 1.5 y 3% de cal hidratada, para ello los materiales que fueron propuestos deben de cumplir con especificaciones para la granulometría, la fabricación de las briquetas consiste en un molde y compactar el diseño que se realiza; como se describe en esta norma, rompiéndose posteriormente con la prensa hidráulica Marshall y pasando a

determinar la estabilidad y deformación. Si se desean saber los porcentajes de vacíos generados en la mezcla, se deberá previamente determinar el peso específico de los materiales que fueron empleados y de las briquetas compactadas. Así mismo, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión- inmersión ya que es una forma de evaluar la resistencia de compresión en los concretos asfálticos es a través del ensayo a la compresión, la cual se centra en someter las briquetas a cargas axiales, y obtener el valor de fuerza en la cual falla y este dividirlo entre el área transversal de las probetas, a través de la norma ASTM D1075, la cual se emplea para los efectos del agua a la resistencia a la compresión en mezcla asfálticas.

### 4.3 Estudio de los agregados

#### Análisis Granulométrico

##### - Objetivo

Determinar la distribución de las partículas, puesto que los tamices son colocados en forma decreciente, de modo que nos proporcionara los resultados que indiquen si el agregado es el más apropiado para ser usado en el diseño de la mezcla.

##### - Proceso de ensayos iniciales

1. Se realizó un cuarteo como paso inicial antes del ensayo para determinar una cuantía representativa de la muestra. Ver figura N°30.



Figura 30. Cuarteo de la muestra.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

## 2. Secado del material, horno $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

El Horno debe estar provisto de temperatura y aire regulable para las condiciones del ensayo. Ver figura N° 31.



*Figura 31. Secado del material en el horno.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

## 3. Colocación de las muestras en los tamices en orden decreciente. Ver figura N° 32.



*Figura 32. Colocación de los tamices.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

El objetivo fue la determinación de la distribución del tamaño en las partículas para el agregado grueso y fino mayores a un  $(0.075 \text{ mm})$ ; por medio de un procedimiento de tamizado que se realizó en el laboratorio.

4. Se procedió a realizar el tamizado de forma manual durante un tiempo definido.
5. Se cuantifico el peso de las partículas retenidas en cada uno del tamiz.

**Tabla 10.** Datos de los agregados para la granulometría.

MALLAS		DENOMINACIÓN	Cant. Jicamarca - Piedra chancada 1/2"		Cant. Jicamarca - Piedra chancada 3/8"		Cantera Jicamarca - Arena chancada	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)		RET (%)	PASA (%)				
3"	76.200	<b>MTC E-104</b> (2000)	-	-	-	-	-	-
2 1/2"	63.500		-	-	-	-	-	-
2"	50.800		-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.100		-	-	-	-	-	-
1"	25.400		-	-	-	-	-	-
3/4"	19.050		-	100	-	-	-	-
1/2"	12.700		65.0	35.0	-	100.0	-	-
3/8"	9.525		33.7	1.3	12.1	87.9	-	-
1/4"	6.350		1.0	0.3	33	54.9	-	100.0
N° 4	4.760		0.3	-	43.2	11.7	3.1	96.9
N° 6	3.360		-	-	4.4	7.3	12.0	84.9
N° 8	2.380		-	-	7.2	0.1	14.1	70.8
N° 10	2.000		-	-	0.1	-	6.7	64.1
N° 16	1.190		-	-	-	-	15.6	48.5
N° 20	0.840		-	-	-	-	7.8	40.7
N° 30	0.590		-	-	-	-	6.5	34.2
N° 40	0.426		-	-	-	-	5.4	28.8
N° 50	0.297		-	-	-	-	4.9	23.9
N° 80	0.177		-	-	-	-	5.3	18.6
N° 100	0.149		-	-	-	-	2.3	16.3
N° 200	0.074	-	-	-	-	4.6	11.7	
- N° 200	-	-	-	-	-	11.7	-	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo que se obtuvo en los resultados granulométricos y para un tránsito pesado se determinó la gradación MAC-2; se establece que la proporción a usar de agregado grueso es de 40% y agregado fino 60%; incorporando el asfalto sin modificar y modificado. Ver tabla N° 10,11,12 y 13.

**Tabla 11.** Granulometría a usar para el diseño de mezcla asfáltica.

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 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas eg-2013.

**Tabla 12.** Granulometría resultante del diseño de mezcla.

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE			
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN MAC -2
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	100	100
1/2"	12.700	16.2	83.8	80 - 100
3/8"	9.525	10.3	73.5	70 - 88
1/4"	6.350	5.2	68.3	
Nº 4	4.760	8.4	59.9	51 - 68
Nº 6	3.360	7.9	52.0	
Nº 8	2.380	9.5	42.5	
Nº 10	2.000	4.0	38.5	38 - 52
Nº16	1.190	9.4	29.1	-
Nº 20	0.840	4.7	24.4	-
Nº 30	0.590	3.9	20.5	-
Nº 40	0.426	3.2	17.3	17 - 28
Nº 50	0.297	3.0	14.3	
Nº 80	0.177	3.1	11.2	8 - 17
Nº 100	0.149	1.4	9.8	
Nº 200	0.074	2.8	7.0	4 - 8
Nº 200	-	7.0	-	-

Fuente: Elaboración propia.

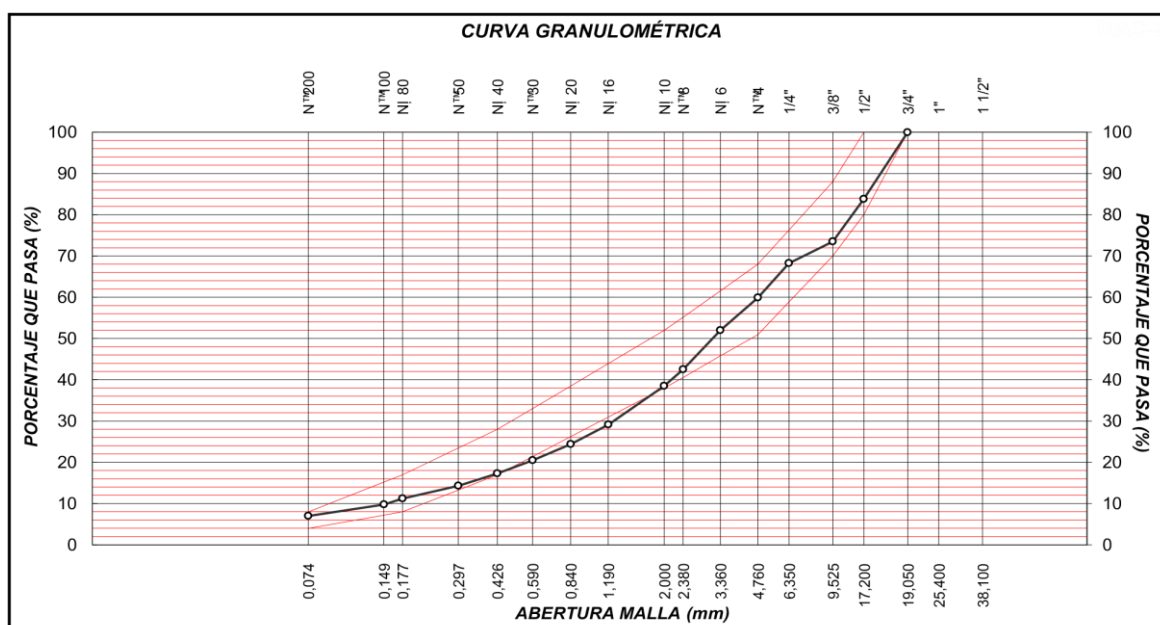


**Tabla 13. Resumen de ensayos y materiales.**

<b>RESUMEN DE ENSAYO</b>	
<b>PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADO</b>	
(1) Cant. Jicamarca - Piedra chancada 1/2"	= 25%
(2) Cant. Jicamarca - Piedra chancada 3/8"	= 15%
(3) Cant. Jicamarca - Arena chancada	= 60%
<b>PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE</b>	
- AGREGADO GRUESO	= 40%
- AGREGADO FINO	= 60%
<b>OBSERVACIONES:</b>	
- Especificaciones del MTC EG-2013	

Fuente: Elaboración propia

6. Obtención y colocación de los datos en la ficha técnica y elaboración del gráfico de la curva granulométrica. Ver figura N°33.



*Figura 33. Curva granulométrica.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

Posteriormente se determinó la combinación de la granulometría para las dosificaciones de las briquetas de mezcla asfáltica; de tal manera que esta combinación granulométrica quede dentro de los parámetros granulométricos establecidos.

## 4.4 Diseño de mezcla asfáltica

### 4.4.1 Parámetros de diseño para determinar la resistencia a la deformación plástica de mezclas asfálticas utilizando el aparato Marshall ASTM D 1559

#### - Objetivo

Especificar el procedimiento el cual debe seguirse para determinar la resistencia a la deformación plástica en mezclas asfálticas.

Este procedimiento se puede emplear para proyectos de mezclas en el laboratorio como también para el control en obras de las mismas.

#### - Síntesis del método

El método consiste en la elaboración de briquetas de forma cilíndrica de diámetro de (4") 101.6 mm y (2 ½") 63.5 mm de altura, que son preparadas como se indica en la guía de ensayos fundamentados según la norma (ASTM D 1559; AASHTO T245-97), rompiéndose en la prensa Marshall y determinando la estabilidad y el flujo. Ver figura N° 34.



Figura 34. Briquetas de forma cilíndrica, diámetro de (4") y (2") de altura.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

Para determinar los porcentajes de vacíos en las mezclas fabricadas, se conocerá los pesos específicos de los materiales que se emplearon y de las briquetas compactadas, todo esto antes de su rotura, indicado por las normas ASTM y AASHTO.

El procedimiento se dio inicio con la elaboración y acondicionamiento de las briquetas de ensayo, los materiales empleados deben cumplir con especificaciones en su granulometría y todo lo indicado anteriormente según su procedimiento ya precisadas para el proyecto. Se determino anticipadamente su peso específico de los agregados propuestos, así como también previamente su peso específico del asfalto, y la densidad. Ver figura N° 35.



*Figura 35. Cuantificación y preparación del material árido.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

Para la determinación del contenido Optimo del asfalto de una gradación determinada de agregados preparada, se elaboró una serie de briquetas con diferentes porcentajes para el asfalto, dado de manera que al realizar las gráficas de los valores que se obtuvieron después de realizar los ensayos, permitan poder determinar el valor Optimo del cemento asfáltico.

## 4.6 Elaboración y extracción de las muestras

### 4.6.1 Número de briquetas

Se debe preparar 3 briquetas como mínimo; preferiblemente 5 briquetas para los contenidos de asfaltos, en este caso se elaboró 40 briquetas en total; se empleó cemento asfáltico 60/70; 10 por cada diseño de 0%;1%;1.5% y 3%. Ver figura N° 36.



Figura 36. Diseño de briquetas en 0%;1%;1.5% y 3%.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

### 4.6.2 Preparativos del árido

La temperatura fue constante a  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  y separado por tamizado en seco en fracciones. Ver figura N°37.



Figura 37. Preparativos del material árido.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

#### 4.6.3 Temperatura para el mezclado

La temperatura de mezclado la cual se empleó para calentar el cemento asfáltico para una viscosidad es de 145 °C, tomando como referencia el diseño sin modificar.

#### 4.6.4 Temperatura para la compactación

Para los cementos asfálticos su temperatura de compactación es aquella en la que los cementos asfálticos llegan a alcanza una viscosidad ( $280 \pm 30$  cSt).

#### 4.6.5 Preparación de las briquetas o muestras (Ver figura N°38); (Ver tabla 14)

- ✓ Se determino la proporción de la mezcla, se pesó en bandejas por separado para cada briqueta de ensayo, la cantidad necesaria que se empleó para cada fracción para su producción de la muestra de como resultado una briqueta compacta con una altura aprox. de 65 mm; por lo general se necesita 1.200 g.
- ✓ Se dio a una temperatura de alrededor de 30 °C por encima de la temperatura del mezclado.



*Figura 38. Preparación de las briquetas.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

#### 4.6.5.1 Proporción de dosificación de cal hidratada

**Tabla 14.** *Proporción de mezcla y tipos de materiales.*

<b>Proporciones de mezcla</b>				
Agregado grueso	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%
Agregado fino	60,0%	59,0%	58,5%	57,0%
Filler mineral	-	1,0%	1,5%	3,0%
<b>Materiales</b>				
Tipo de Asfalto	PEN 60-70 (proporcionado)			
Agregado grueso	Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%) Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)			
Agregado fino (Arena Chancada)	60%	59%	58.5%	57%
Filler	-	1%	1.5%	3%

Fuente: Elaboración propia

- ✓ La colocación del árido fue en caliente en el bol de acero inoxidable, se revolvió completamente, se formó una separación en medio del mezclado del árido y se pasó a determinar la cantidad empleada de cemento asfáltico por medio del peso y cal hidratada la cual se incorporó al bol; por lo tanto, las temperaturas del asfalto y el árido deben estar en los límites permitidos.
- ✓ Se mezcló el asfalto y el árido rápidamente; quedando de forma uniforme.

#### 4.6.6 Compactación de las briquetas (Ver figura N°39)

- ✓ Se preparó el molde metálico y el martillo, debe estar limpio completamente, la cara del martillo para la compactación y se procedió a calentar durante 15 minutos a través de un baño de agua con una temperatura similar a la de la compactación.
- ✓ Colocación de un papel filtro, recortado a medida para el molde en la parte inferior antes de agregar la mezcla, posteriormente se debe también lubricar la cara del martillo y el molde.
- ✓ Se colocó el molde, base y el conjunto del collar en el pedestal de madera del compactador.
- ✓ Llenado del molde con ayuda de una espátula metálica, se acomodó la mezcla 15 veces en su perímetro y 10 veces para el centro.
- ✓ Su temperatura antes de ser compactada debe estar dentro de los límites ya establecidos para dar inicio a la compactación; esta no debe recalentarse.

- ✓ Se procedió a aplicar con el martillo de compactación una serie de golpes de entre 35 o 75 en base al nivel tráfico indicado estos golpes fueron con un tiempo no superior a unos 90 s.
- ✓ Se retiró la base y el collar y se invirtió y reensambló el molde, con el propósito de aplicar en la otra cara la misma cantidad de número de golpes un tiempo no superior a unos 90 s.
- ✓ Después de que se compactó, se retiró la base y se dejó enfriar al aire, se puede emplear otros instrumentos para su enfriado es opcional, pero normalmente tarda en enfriar toda una noche.



*Figura 39. Compactado de las briquetas Marshall.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

#### **4.6.7 Análisis de la densidad, espesor y parámetros de diseño**

Tan pronto se enfrió a temperatura ambiente, se desmoldó y se determinó su espesor y se procedió a determinar la densidad real de la mezcla asfáltica ya compactada en base a la norma ASTM D 2726, los parámetros de diseños para determinar la estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos con aire y V.M.A. Ver tabla N°15.

**Tabla 15.** Requisitos para los parámetros de diseño de mezcla (MTC E 504).

Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall. (MTC E 504)</b>			
1. Compactación, números de golpes en cada capa de testigo.	75	50	50
2. Estabilidad (mínima)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" 0.25 mm.	8 – 14	8 – 16	8 – 20
4. Porcentajes de vacío de aire.	3 – 5	3 – 5	3 – 5
5. Vacío en el agregado mineral.	Ver tabla 4.23-10		
<b>Prueba de Inmersión – Compresión. (MTC E 518)</b>			
Resistencia a la compresión (Mpa) Mínima.	2,1	2,1	1,4
Resistencia retenida % (mínima.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto.	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad. /flujo (kg/cm)	1.700-4.000		
Resistencia conservada tracción indirecta. AASH T 283.	80 Min.		

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones EG 2013.

#### 4.7 Resultados de laboratorio de los cuatro diseños de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall

4.7.1 Parámetros de diseño de mezcla asfáltica patrón (0%) y mezcla asfáltica modificada (1%, 1.5% y 3% de cal hidratada) ver tablas N° 16, 17, 18 y 19).

**Tabla 16.** Resultados de valores para diseño de mezcla 0%.

Características de la Mezcla:	Unidades	Porcentaje de cal hidratada 0%		
N.º de golpes por cara		75		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	-	5,9	6,1	6,3
Peso Específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2,425	2,435	2,440
Vacíos %	-	5,7	4,3	4,0
Vacíos llenos con Cemento Asfáltico %	-	60,0	64,0	70,0
V.M.A. %	-	13,8	14,0	13,6
Estabilidad	lb (kN)	3710,0 (16,5)	3650,0 (16,24)	3500,0 (15,57)
Flujo, 0.01" (0.25 mm)	mm	16,4 (4,1)	17,0 (4,3)	18,0 (4,5)
Relación Estabilidad/Flujo	kg/cm	-	3858,4	-
Absorción de Asfalto %	-	-	2,5	-
Temperatura de la Mezcla	°C	-	145,0	-

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 17.** Resultados para el diseño de mezcla modificado con 1% de cal hidratada.

<b>Características de la Mezcla:</b>	<b>Unidades</b>	<b>Porcentaje de cal hidratada 1%</b>		
N.º de golpes por cara		75		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	-	5,8	6,0	6,2
Peso Específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2,447	2,450	2,447
Vacíos %	-	4,7	4,0	3,7
Vacíos llenos con Cemento Asfáltico	-	65,0	70,0	72,0
V.M.A. %	-	13,8	14,4	14,1
Estabilidad	lb (kN)	3820,0 (16,99)	3800,0 (16,90)	3620,0 (16,1)
Flujo, 0.01" (0.25 mm)	mm	16,4 (4,1)	17,6 (4,4)	17,9 (4,5)
Relación Estabilidad/Flujo	kg/cm	-	3925,6	-
Absorción de Asfalto %	-	-	2,4	-
Temperatura de la Mezcla	°C	-	145,0	-

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18.** Resultados para el diseño de mezcla modificado con 1.5% de cal hidratada.

<b>Características de la Mezcla:</b>	<b>Unidades</b>	<b>Porcentaje de cal hidratada 1,5%</b>		
N.º de golpes por cara		75		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	-	5,9	6,1	6,3
Peso Específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2,434	2,438	2,435
Vacíos %	-	4,8	4,2	4,0
Vacíos llenos con Cemento Asfáltico %	-	62,0	64,0	70,0
V.M.A. %	-	13,7	13,7	13,8
Estabilidad	lb (kN)	3620,0 (16,1)	3600,0 (16,01)	3520,0 (15,66)
Flujo, 0.01" (0.25 mm)	mm	17,8 (4,5)	18,7 (4,7)	19,4 (4,9)
Relación Estabilidad/Flujo	kg/cm	-	3481,6	-
Absorción de Asfalto %	-	-	2,4	-
Temperatura de la Mezcla	°C	-	145,0	-

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 19.** Resultados para el diseño de mezcla modificado con 3% de cal hidratada.

Características de la Mezcla:	Unidades	Porcentaje de cal hidratada 3%		
N.º de golpes por cara		75		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	-	5,7	5,9	6,1
Peso Específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2,443	2,446	2,444
Vacíos %	-	4,7	4,1	3,9
Vacíos llenos con Cemento Asfáltico %	-	62,0	68,0	71,0
V.M.A. %	-	13,0	13,2	13,3
Estabilidad	lb (kN)	3700,0 (16,46)	3820,0 (16,99)	3800,0 (16,9)
Flujo, 0.01" (0.25 mm)	mm	18,7 (4,7)	20,5 (5,1)	21,6 (5,4)
Relación Estabilidad/Flujo	kg/cm	-	3404,6	-
Absorción de Asfalto %	-	-	2,3	-
Temperatura de la Mezcla	°C	-	145,0	-

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.8 Clasificación del contenido óptimo de cemento asfáltico y de cal hidratada en el diseño de mezcla asfáltica en caliente**

##### **- Objetivo General:**

**Determinar el comportamiento físico y mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021**

##### **4.8.1 Selección del diseño de mezcla patrón y diseño modificados con cal hidratada**

Selección de datos de los parámetros de diseño Marshall para elaboración de la mezcla asfáltica en caliente, según contenido óptimo de cemento asfáltico y los porcentajes de cal hidratada adicionada, indicada en la tabla siguiente, Tabla N° 20:

**Tabla 20.** Resumen de selección total de los valores obtenidos según el porcentaje de cal hidratada con 0%; 1%, 1.5% y 3% en el diseño de mezclas asfáltica en caliente.

Características de la Mezcla asfáltica:	Porcentajes de cal hidratada (%)			
	0%	1%	1,5%	3%
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, %:	6,1	6,0	6,1	5,9
Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup> :	2,435	2,450	2,438	2,446
Vacíos, %:	4,3	4,0	4,2	4,1
Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %:	64,0	70,0	64,0	68,0
V.M.A., %:	14,0	14,4	13,7	13,2
Estabilidad, lb (kN):	3650,0 (16,24)	3800,0 (16,9)	3600,0 (16,01)	3820,0 (16,99)
Flujo, 0.01" (0.25 mm):	17,0 (4,3)	17,6 (4,4)	18,7 (4,7)	20,5 (5,1)
Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	3858,4	3925,6	3481,6	3404,6
Absorción de Asfalto, %:	2,5	2,4	2,4	2,3
Temperatura de la Mezcla, °C:	145,0	145,0	145,0	145,0

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°20, se observa los resultados de los 4 diseños Marshall, que fueron seleccionados de acuerdo al contenido óptimo de cemento asfáltico, estos resultados serán necesarios para dar inicio a la interpretación y comparación con los diferentes porcentajes de cal hidratada; teniendo como referencia el diseño con 0%, para así determinar el contenido más óptimo de cal, con el fin de evaluar el comportamiento físico y mecánico en el diseño mezcla asfáltica en caliente.

Los datos obtenidos con el diseño sin cal hidratada en 0%, cumple con los parámetros permitidos; de igual manera con los diseños modificados en 1%; 1,5% y 3% según los requisitos permisible para las mezclas de concreto bituminosos indicado por el Ministerio de transportes y comunicaciones EG 2013. Ver tabla N° 15.

#### 4.8.2 Parámetros de Diseño Marshall (0%; 1%, 1.5% y 3% de cal hidratada) ASTM D 1559.

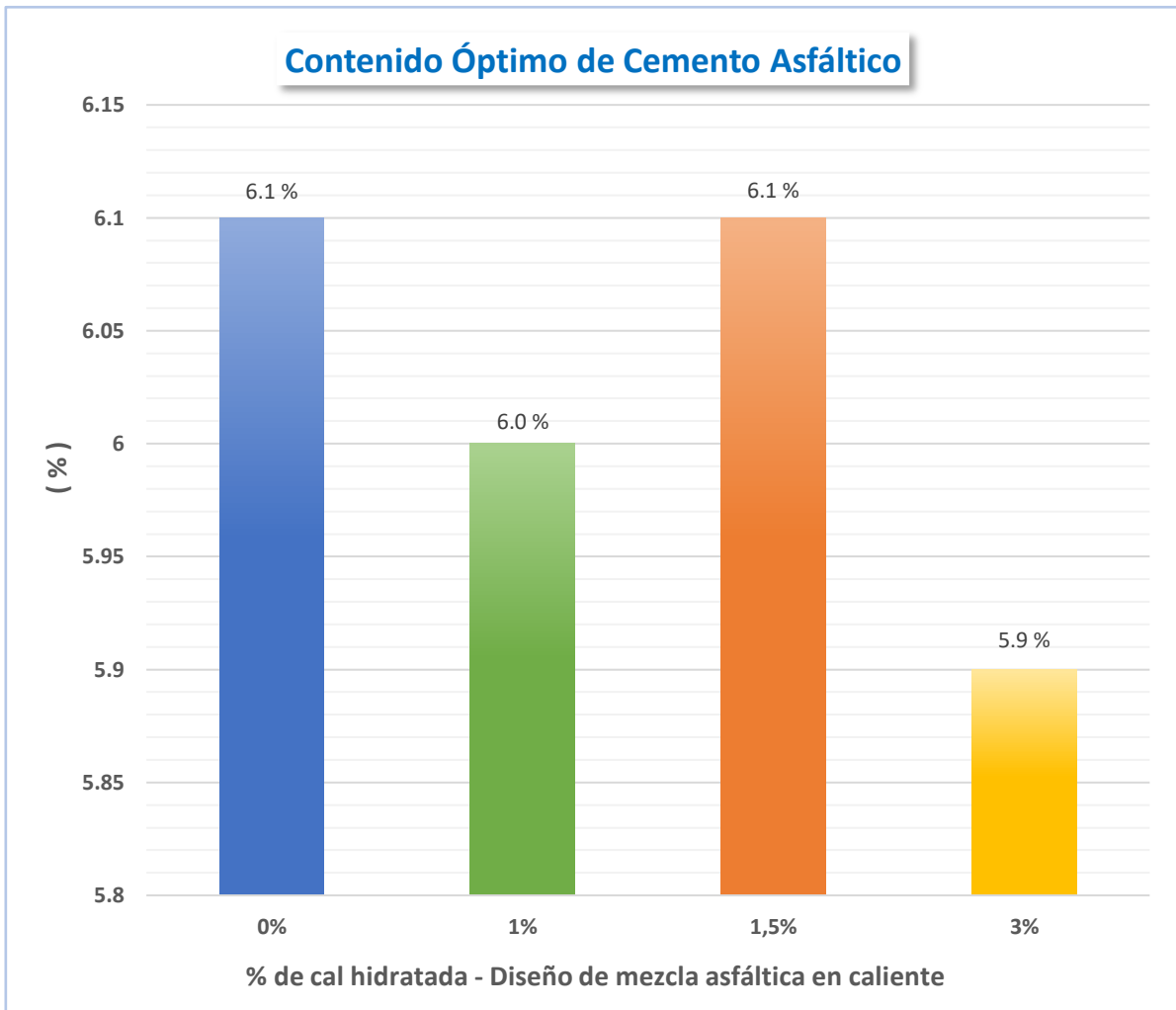
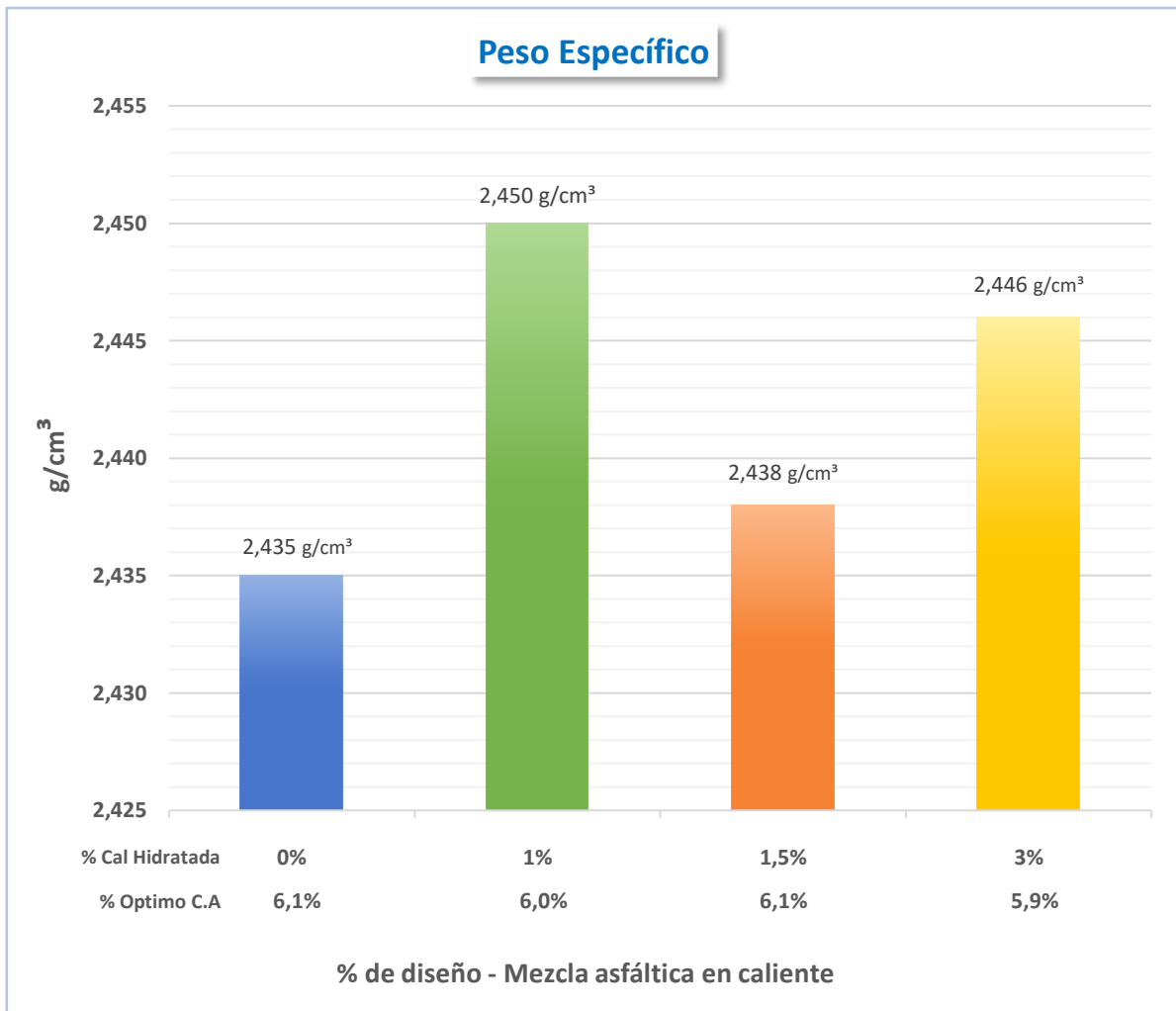


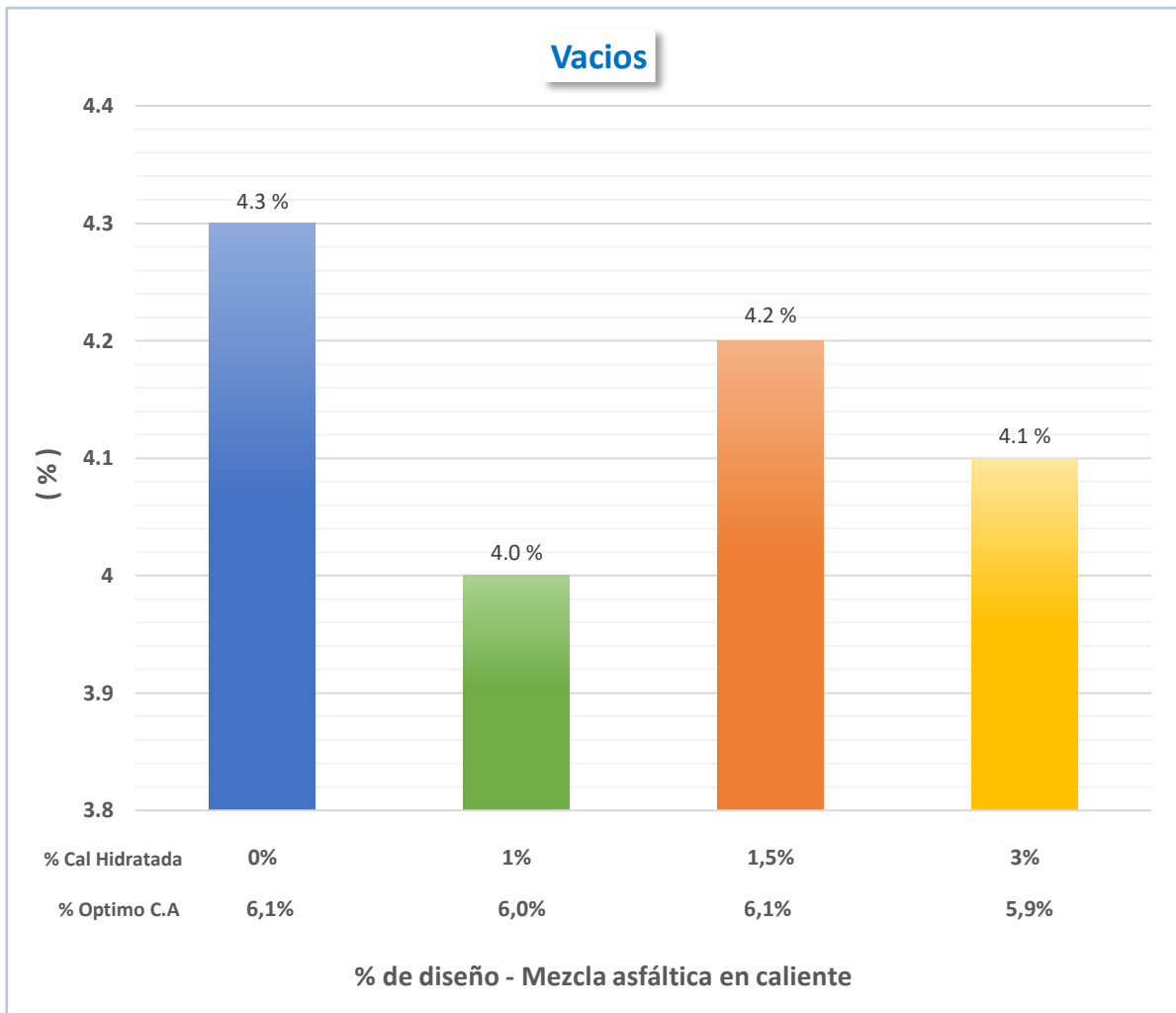
Figura 40. Barras comparativas del contenido óptimo de cemento asfáltico en el diseño con 0% y diseños modificados con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.

**Interpretación figura 40:** El mayor contenido óptimo de cemento asfáltico que se requirió para los diseños de mezcla en su elaboración son el diseño patrón (0%) con un 6.1% y el diseño de mezcla modificada con (1.5%) de cal hidratada, que mayor porcentaje presentaron para su producción; así mismo los demás diseños presentan una disminución leve de entre 6.0% y 5.9 % en el óptimo de asfalto.



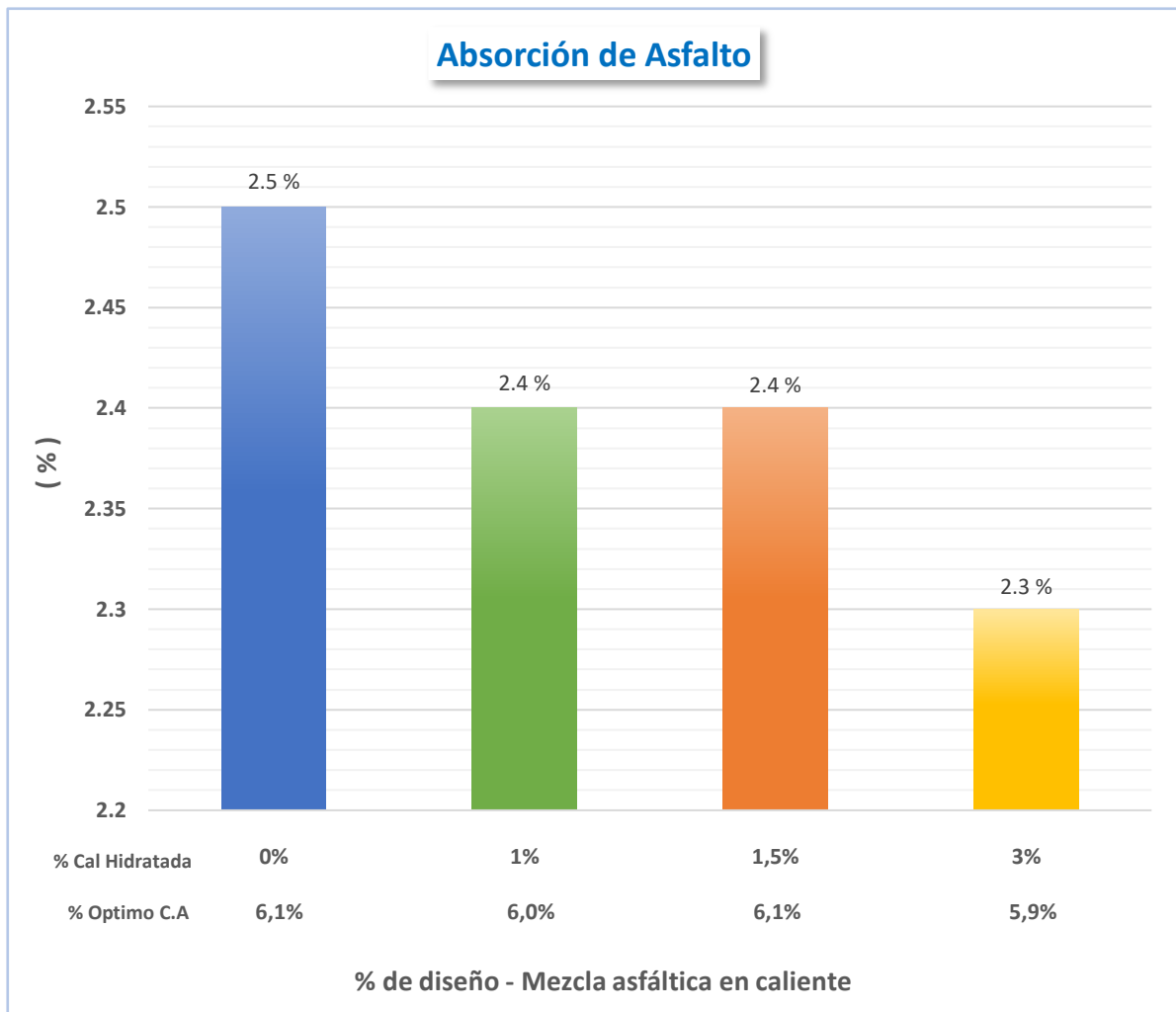
*Figura 41. Barras comparativas (peso específico g/cm³) diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

**Interpretación figura 41:** En la información se observa que la mezcla sin cal hidratada (0%) y un óptimo de cemento asfáltico al 6,1%; presenta una menor disminución en su densidad; que a comparación de la mezcla modificada con 1% de cal hidratada se incrementa hasta 2,450 g/cm³, decreciendo luego en 2,438 g/cm³, con 1.5% e incrementándose en 2,446 g/cm³ con la incorporación al 3%, lo cual no se descarta que presente una ligera porosidad en la mezcla con 0% y 1.5%.



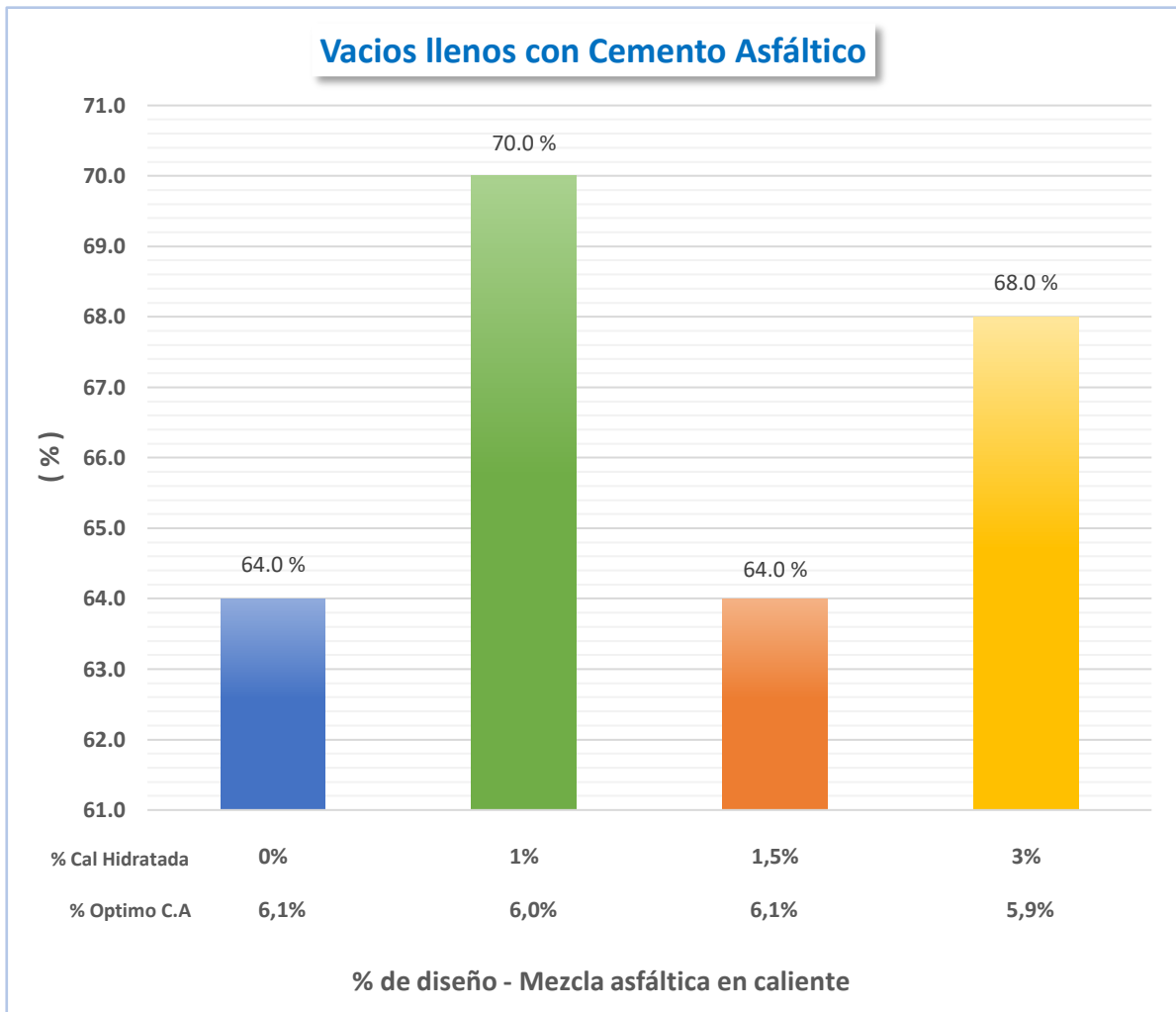
*Figura 42. Barras de gráficos comparativos para el porcentaje de vacíos en el diseño patrón (0%) y diseños modificados con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

**Interpretación figura 42:** Los porcentajes de vacíos que presenta los 4 diseños están dentro de lo permisible; presentado un ligero incremento el diseño patrón en 4.3% ; seguidamente con 4.0% el diseño modificado con 1% de cal hidratada, para el diseño modificado con 1.5% un incremento en 4.2% en sus vacíos y decreciendo en 4.1% para el porcentaje con cal hidratada al 3%, siendo estos valores aptos para el diseño, ya que no superan el máximo permitido (3 - 5 %) en lo indicado por el manual MTC E.G 2013.



*Figura 43. Barras comparativas para el porcentaje de absorción en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

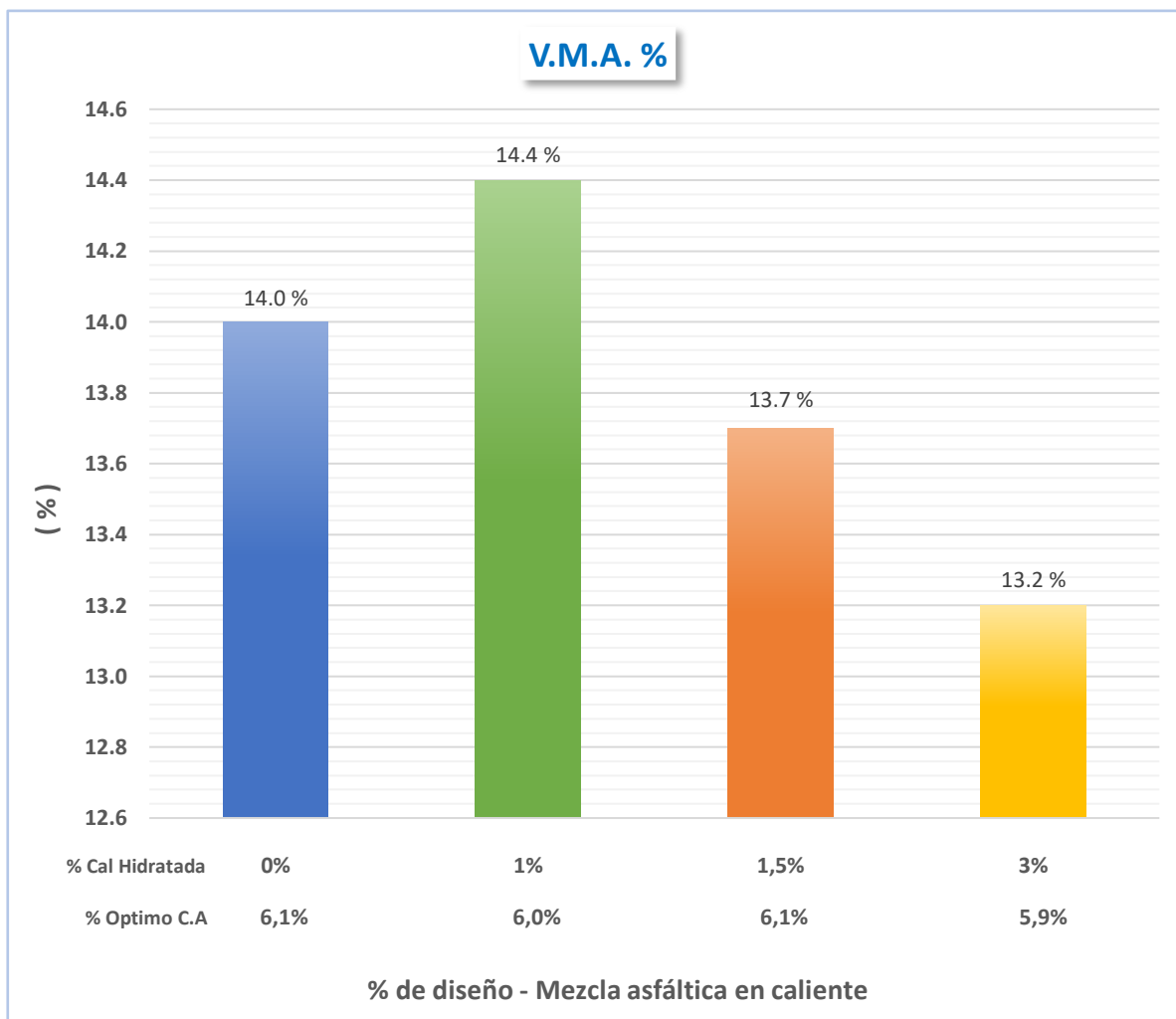
**Interpretación figura 43:** Los valores que se muestran para el porcentaje de absorción del asfalto presentan una ligera variación para el diseño sin cal hidratada (0%); de este resultado se determina que al tener una mayor absorción se establece que la mezcla obtendrá un mayor % de contenido óptimo de cemento asfáltico para la producción, sin embargo se resalta que el diseño modificado con 1% y 1.5% de cal hidratada la absorción es igualitaria pero se deduce que al variar en la proporción del filer mineral entre estos dos; sus óptimo se incrementa en 0.1% y que a mayor filer mineral decrece en su óptimo de asfalto (5,9%), como se aprecia en la figura.



*Figura 44. Barras comparativas para vacíos llenos con cemento asfáltico (%) en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

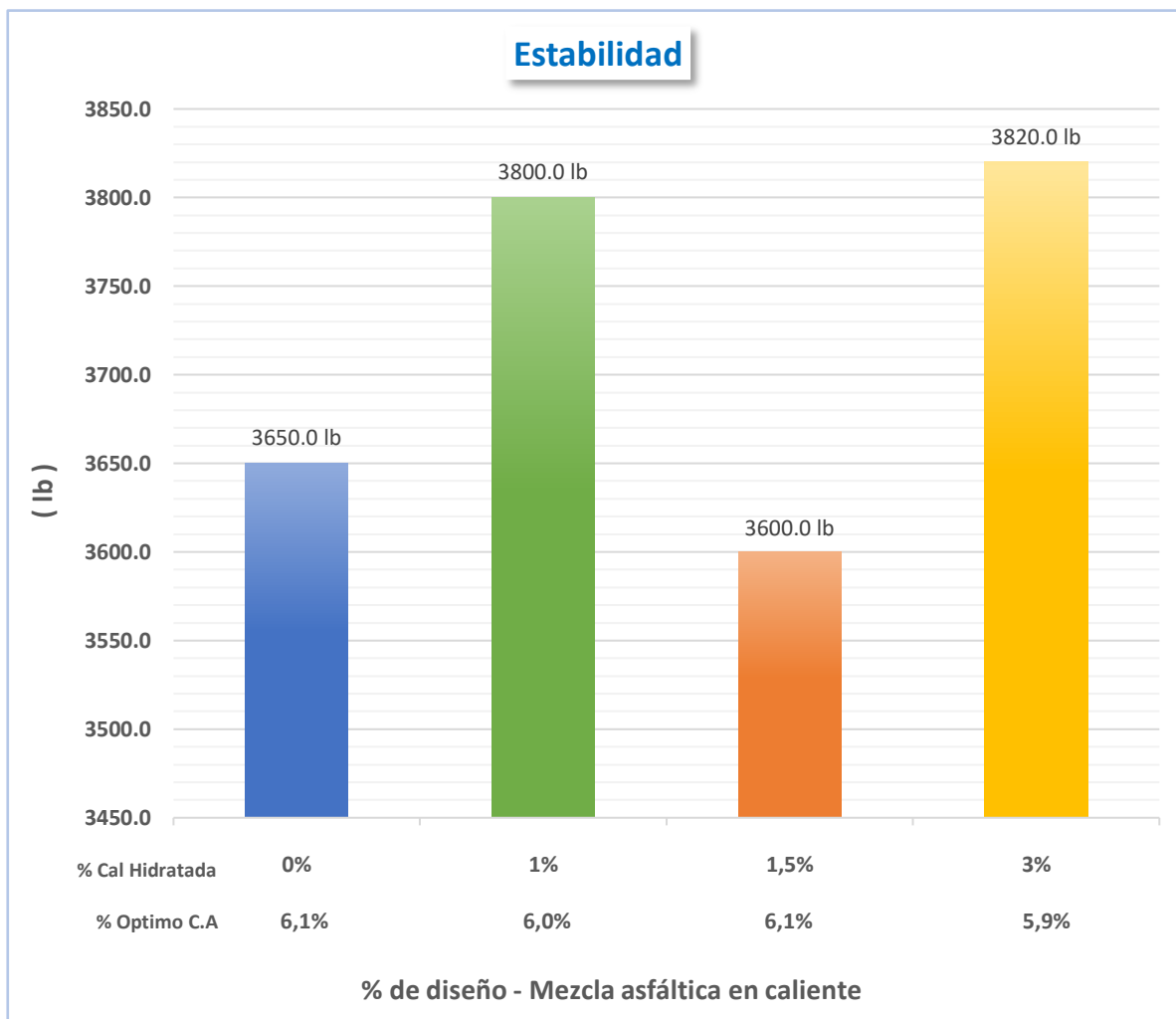
**Interpretación figura 44:** En la información expuesta muestra la proximidad de los porcentajes de vacíos llenados con cemento asfáltico, presentando un incremento para la mezcla modificada con 1% de cal hidratada en 70.0%; de la misma manera con la incorporación de 3% de cal hidratada en 68.0%, los diseños con 0% y 1.5% muestran menos porcentajes en los vacíos llenos con cementos asfáltico, (porosidad) deduciendo que es el exceso de los vacíos en los mismos, principal factor que se muestra en la gráfica de barras.





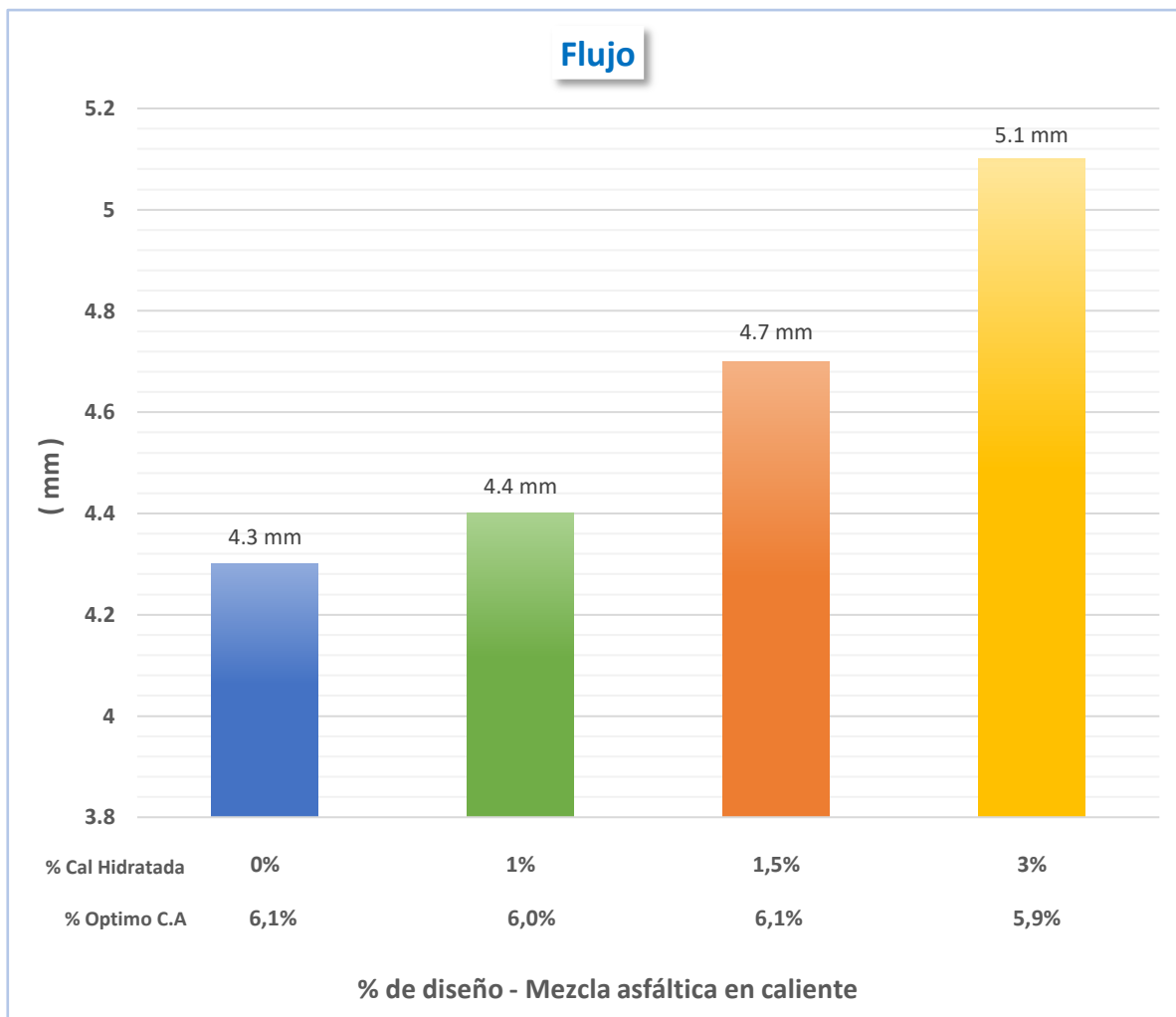
*Figura 45. Barras comparativas para el porcentaje de volumen de agregado mineral (V.M.A.%) en el diseño con patrón (0%) y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

**Interpretación figura 45:** La proporción de los vacíos en el agregado mineral (V.M.A.); en el diseño de mezcla patrón (0%), con un contenido óptimo de cemento asfáltico de 6,1%, muestra un incremento de 14.0% no muy distante del diseño modificado con 1% de cal hidratada y un óptimo de 6,0% en 14.4% que a diferencia del diseño modificado con 1.5% de cal, la proporción de vacíos en el agregado mineral alcanza el 13.7%; seguido del diseño con 3% de cal hidratada en 13.2%, contemplando que a menor contenido óptimo de asfalto decrece el porcentaje de volumen de agregado mineral, teniendo en cuenta la proporción del filler mineral y el óptimo de asfalto, así mismo estos valores obtenidos son definidos en función a las propiedades de los agregados.



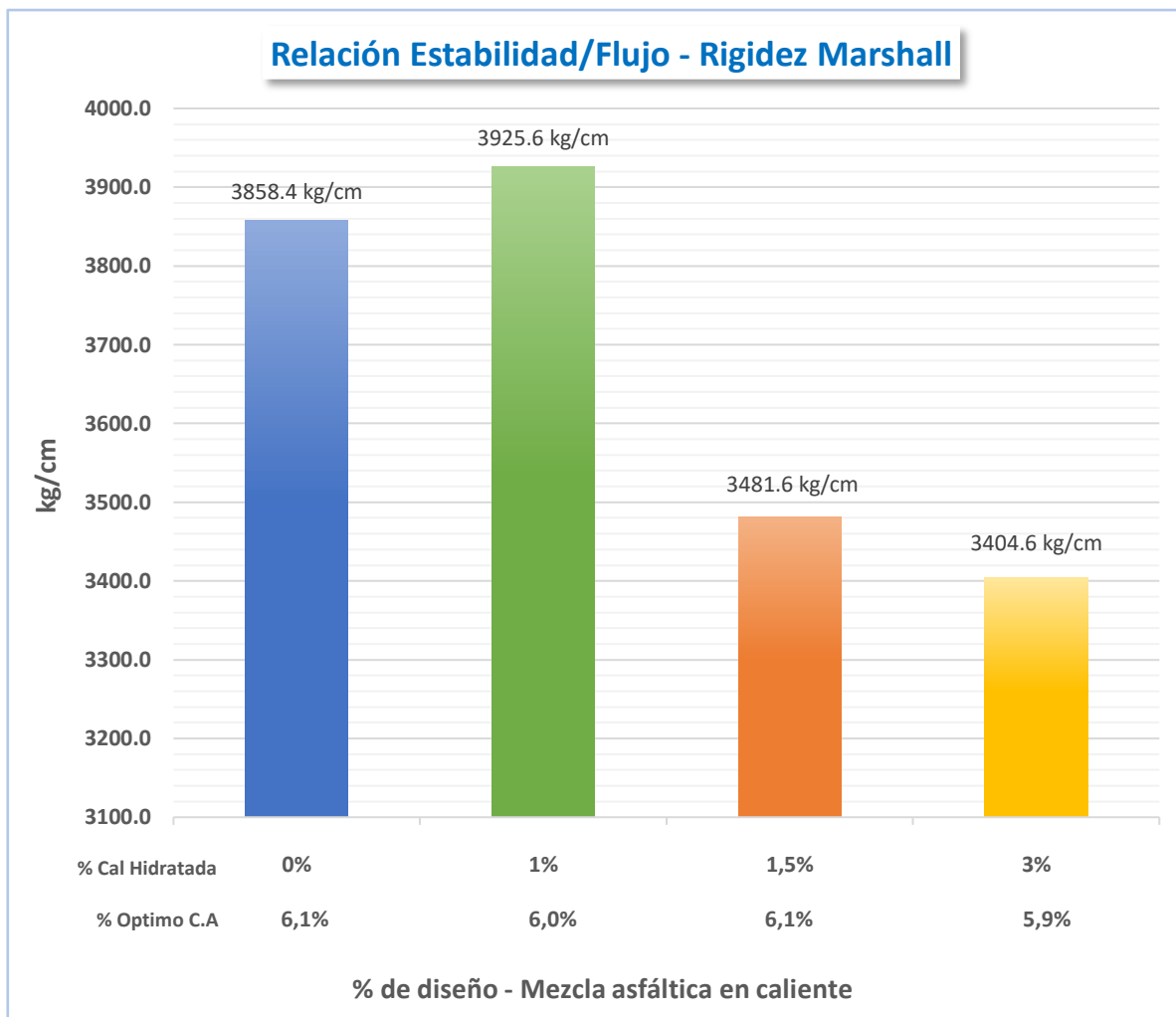
*Figura 46. Barras comparativas para la estabilidad en el diseño con patrón (0%) y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

**Interpretación figura 46:** Los valores obtenidos muestran la mayor estabilidad en los diseños de mezcla asfáltica, siendo el diseño modificado con 3% de cal hidratada y 5,9% de contenido óptimo de cemento asfáltico un valor de 3820.0 lb, seguidamente el diseño con 1% y con 6.0 % de óptimo de asfalto alcanza los 3800.0 lb, el diseño patrón con 3650.0 lb y el diseño con 1.5% de cal y 6.1% de asfalto a 3600.0 lb; estos datos obtenidos cumplen con la mínima estabilidad que establece el manual E.G 2013 del MTC a (8,15 KN) min.



*Figura 47. Barras comparativas para el flujo en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

**Interpretación figura 47:** En las barras se aprecia que los valores de deformaciones (flujo); cumplen con los parámetros de diseño, los menores valores es para el diseño de mezcla patrón (0%) con un óptimo de cemento asfáltico de 6.1% llegando a 4,3 mm, para el diseño con 1% de cal hidratada y óptimo de asfalto 6,0% alcanzó 4,4 mm, sin embargo los diseños modificados con 1.5% y 3% de cal hidratada presentan un incremento (4,7 mm – 5,1 mm), lo que indica que al aumentar el porcentaje de cal hidratada; la fluencia de la briqueta tiende incrementarse, cabe resaltar que la proporción de cal hidratada en el diseño influye con el óptimo de asfalto en este caso indicando que altera y se incrementa ya que la proporción de cal hidratada de 1.5% pasa a 3%.



*Figura 48. Barras comparativas para relación estabilidad/ flujo en el diseño con 0% y diseño modificado con 1%; 1.5% y 3% con cal hidratada.*

**Interpretación figura 48:** Los valores mostrados indican que la relación estabilidad / flujo cumplen con los parámetros; los cuales se encuentran dentro de 1.700 – 4.000 (kg/cm) establecido por el manual del MTC E.G 2013, en la graficas comparativas señalan que el diseño modificado con cal hidratada al 1% y óptimo de asfalto al 6,1%; tiene una mayor relación de estabilidad/flujo de 3925.6 kg/cm, seguidamente de la mezcla patrón (0%) y óptimo de asfalto 6,1% una relación de estabilidad flujo de 3858.4 kg/cm, los diseños modificados de cal hidratada al 1.5% y 3% decrece en ( 3481.6 kg/cm a 3404.6 kg/cm).

## 4.9 Análisis

Para analizar los datos se tuvo en cuenta que el diseño de mezcla asfáltica con 0% es la mezcla patrón de referencia; así mismo se determinó que el diseño de mezcla asfáltica con adición de cal hidratada al 1% es la más óptima y más estable, ya que este cumple con todos los parámetros mínimos permitidos especificado por el manual del Ministerio de transportes y comunicaciones E.G. 2013, señalados en la tabla N° 15.

### - Objetivo específico 1

**4.9.1 Determinar el contenido de vacíos y la densidad para el comportamiento físico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada.**

- **Diseño de mezcla patrón 0%:** 6,1% de contenido óptimo de cemento asfáltico (PEN 60-70) y 75 golpes por cada cara aplica en la briqueta.

- **Diseño de mezcla modificada con 1% de cal hidratada:** 6,0% de contenido óptimo de cemento asfáltico (PEN 60-70), modificado con cal hidratada al 1% vía húmeda y 75 golpes por cada cara aplica en la briqueta.

**Parámetros de diseño de la mezcla asfáltica patrón (0% de cal hidratada) y mezcla asfáltica modificada (1% de cal hidratada)** Ver tabla N° 21.

**Tabla 21.** Resumen de datos obtenidos de los parámetros de diseños Marshall de mezcla asfáltica patrón 0% y modificada con 1% de cal hidratada.

Características de la Mezcla:	Unidades	Mezcla asfáltica con cal hidratada	
		Patrón (0%)	Modificada (1%)
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	-	6,1	6,0
Vacíos %	-	4,3	4,0
Vacíos llenos con Cemento Asfáltico %	-	64,0	70,0
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2,435	2,450
V.M.A. %	-	13,8	13,0
Estabilidad	kN	16,24	16,90
Flujo, 0.01" (0.25 mm)	mm	4,3	4,4
Relación Estabilidad/Flujo	kg/ cm	3858,4	3925,6
Absorción de Asfalto %	-	2,5	2,4
Temperatura de la Mezcla	C°	145,0	145,0

Fuente: Elaboración propia.

## Gráficos de parámetros de diseño Marshall – Mezcla 0%

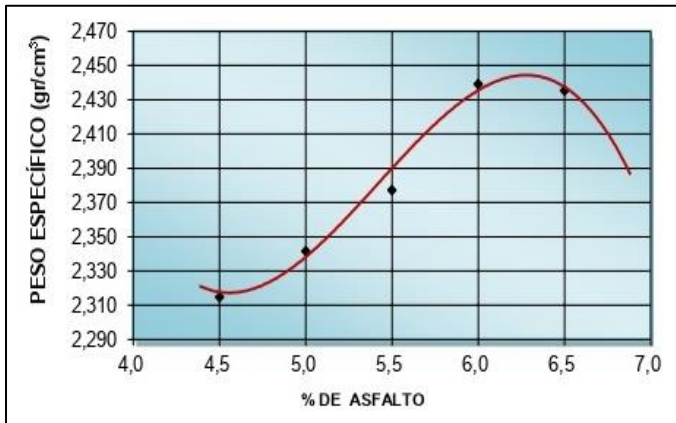


Figura 49. Peso específico (Mezcla 0%).

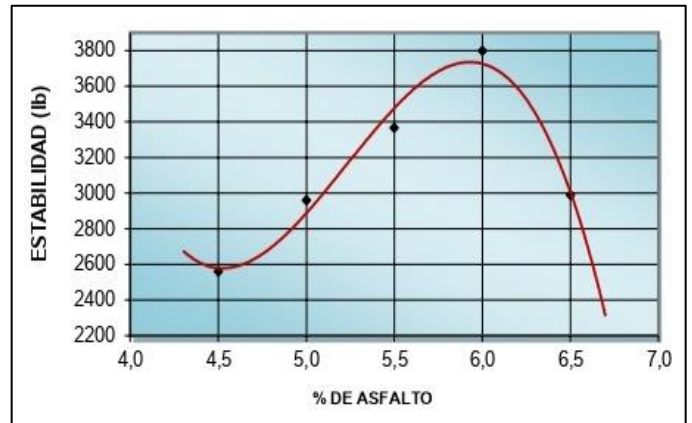


Figura 50. Estabilidad (Mezcla 0%).

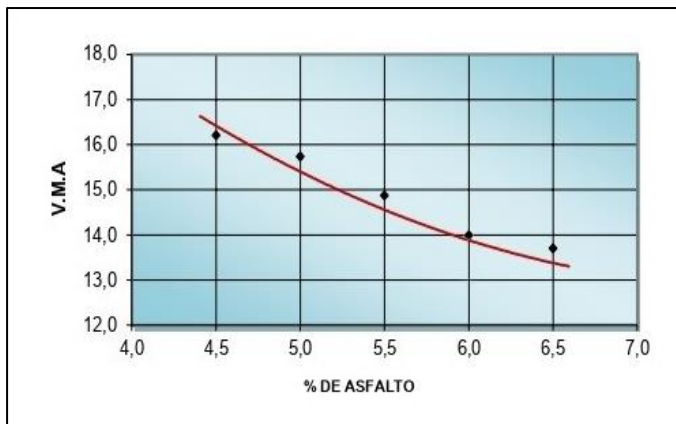


Figura 51. V.M.A (Mezcla 0%).

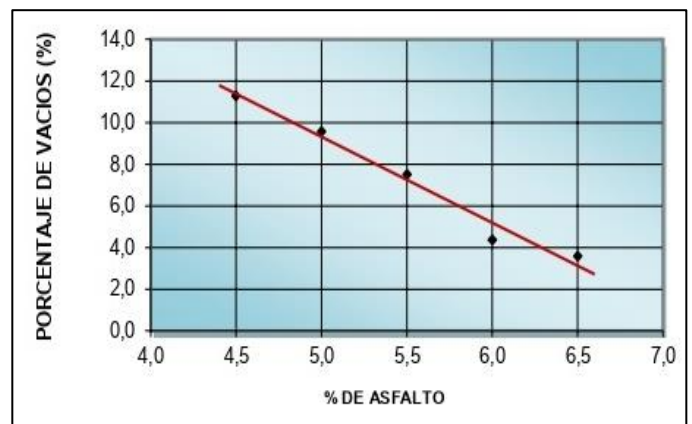


Figura 52. Vacíos (Mezcla 0%).

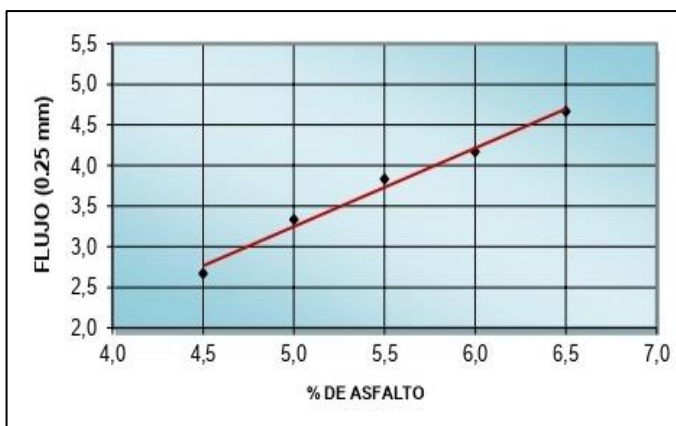


Figura 53. Flujo (Mezcla 0%).

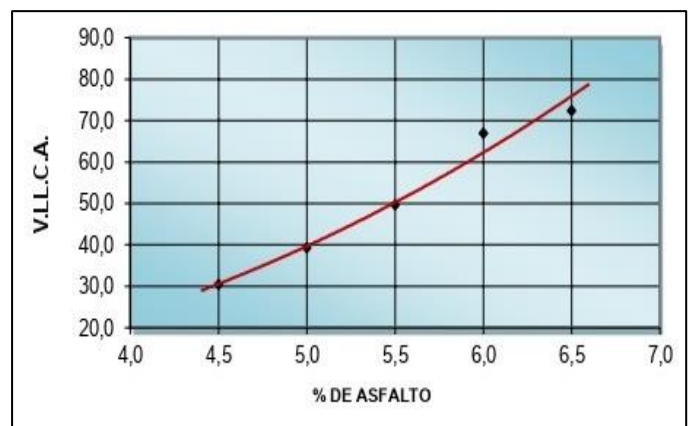


Figura 54. V.L.L.C.A. (Mezcla 0%).

## Gráficos de parámetros de diseño Marshall – Mezcla modificada con 1% de cal hidratada

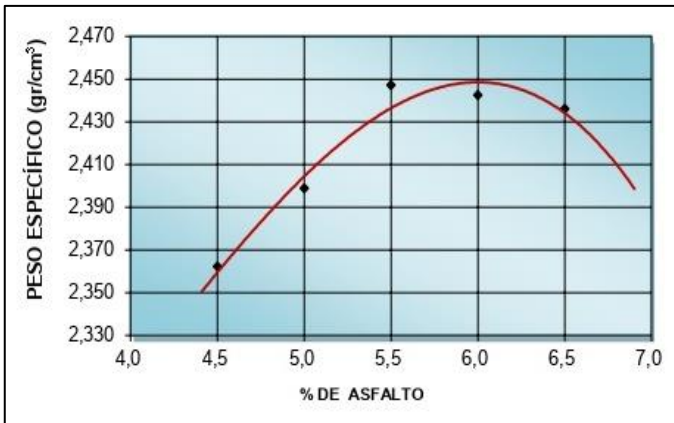


Figura 55. Peso específico (Modificada 1%).

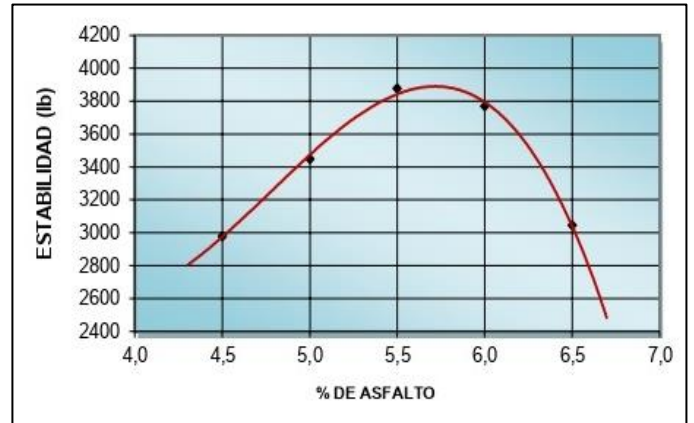


Figura 56. Estabilidad (Modificada 1%).

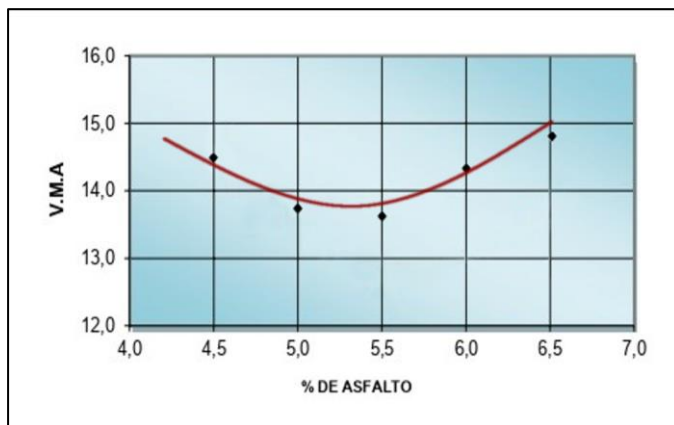


Figura 57. V.M.A (Modificada 1%).

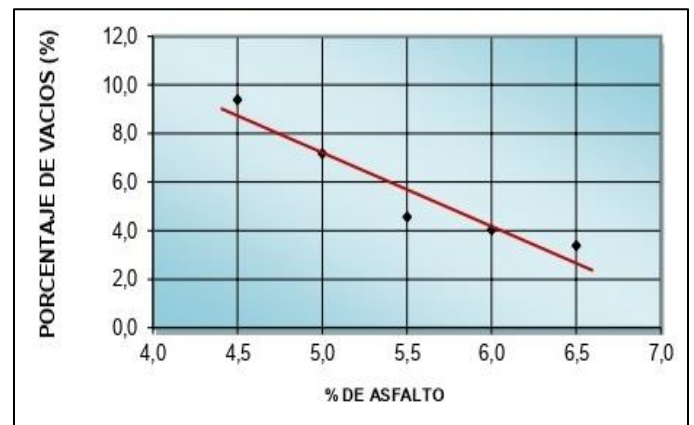


Figura 58. Vacíos (Modificada 1%).

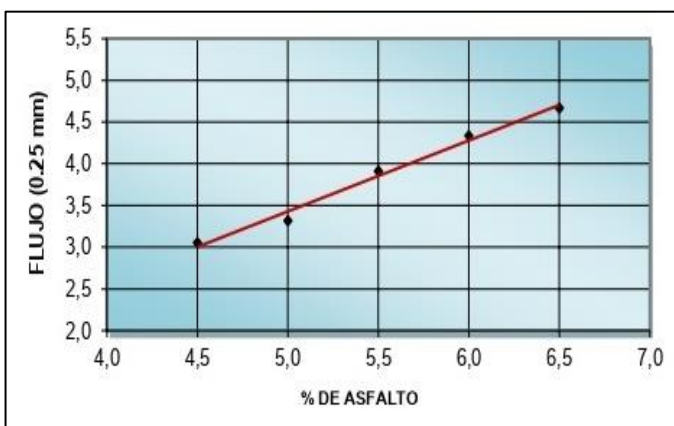


Figura 59. Flujo (Modificada 1%).

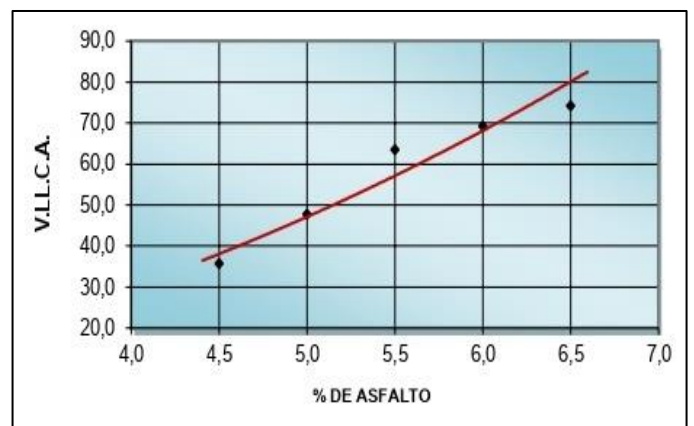


Figura 60. V.L.L.C.A. (Modificada 1%).

## Interpretación de los resultados obtenidos:

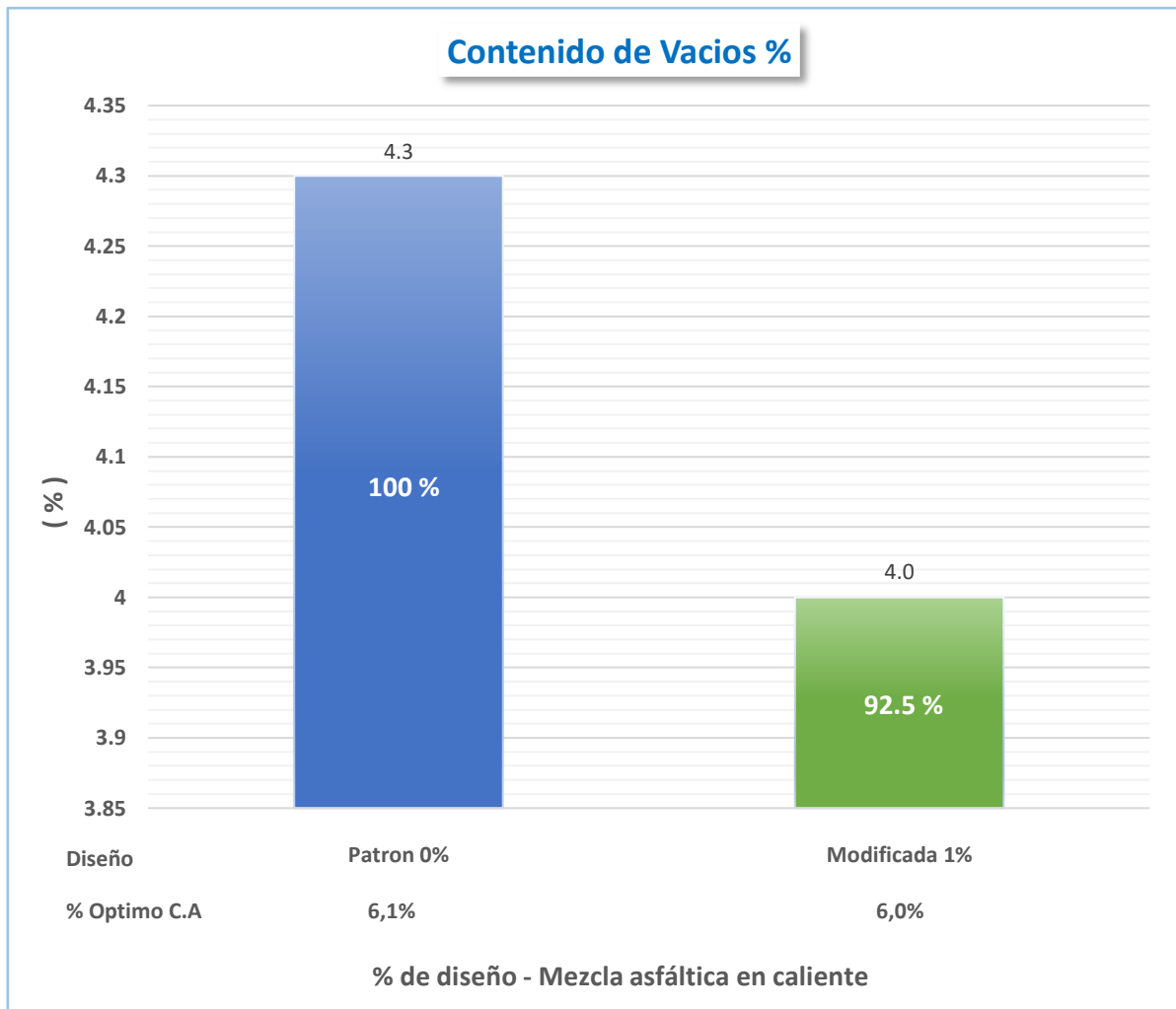
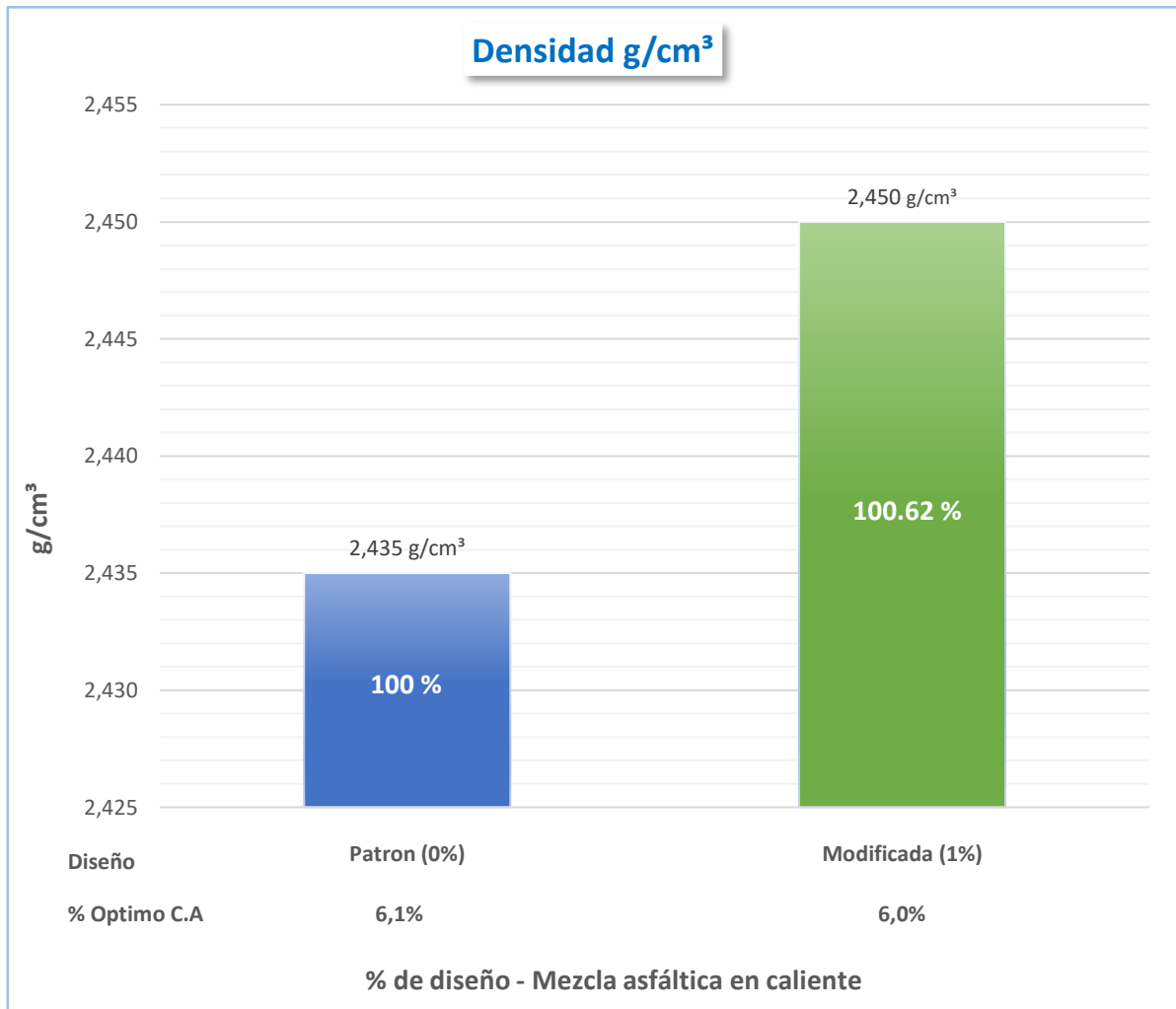


Figura 61. Barras comparativas para el contenido de vacíos en la mezcla asfáltica entre el diseño patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada.

**Interpretación figura 61:** La proporción de los vacíos en la mezcla patrón con un óptimo de asfalto al 6,1% obtuvo 4.3% en sus vacíos que a diferencia de la mezcla modificada con óptimo de asfalto en 6.0% y al 1% con hidratada alcanza los 4.0% en su contenido de vacíos, decreciendo en 7.50%; el diseño de mezcla con un menor porcentaje de vacíos posee una mayor resistencia a la fatiga y que a menor sea el porcentaje de vacíos en la mezcla esta será menos permeable; teniendo en cuenta que estos vacíos no deben reducirse mucho ya que el asfalto necesita para expandirse en climas áridos, la adición de cal hidratada en el diseño mejora sus propiedades, ambos diseños superan lo permitido según la tabla N°15 de requisitos para los parámetros de diseño de mezcla bituminosa (MTC E504).





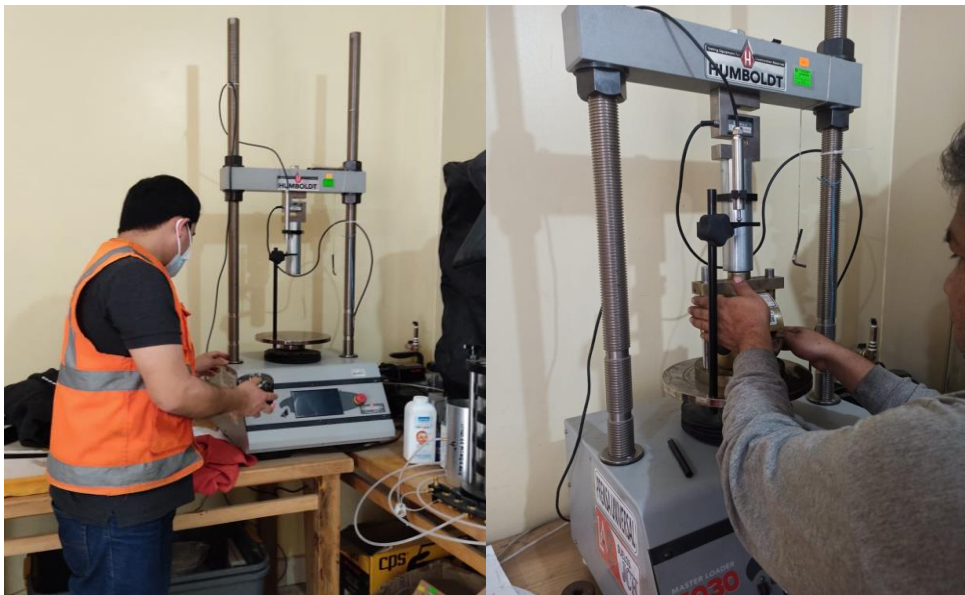
*Figura 62. Barras comparativas para la densidad en la mezcla asfáltica entre el diseño patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada.*

**Interpretación figura 62:** Se puede observar que la densidad en la mezcla asfáltica para el diseño de la mezcla patrón (0%) con un óptimo de cemento asfáltico de 6,1% alcanza los 2,435 g/cm<sup>3</sup> que a comparación del diseño de mezcla asfáltica modificado con cal hidratada al 1% con un contenido óptimo de cemento asfáltico de 6,0% fluctúa en 2,450 g/cm<sup>3</sup>, incrementándose en 0.62%; por lo tanto, a mayor densidad se obtiene una menor cantidad en los vacíos de aire; como se aprecia en la figura, es decir el agua no puede ingresar y se llega a obtener una carpeta duradera y más resistente.

#### 4.10 Procedimientos para ensayos de propiedad mecánica (Ver figura N°63 - 64)

##### 4.10.1 Prueba de ensayo para determinar la estabilidad y flujo

- ✓ Para las briquetas diseñadas con cemento asfáltico; se colocaron éstas por grupo en el recipiente para el baño de agua a unos  $60 \pm 1$  °C entre 30 y 40 minutos, antes de ser ensayadas.
- ✓ Antes de su ensayo se debe limpiar completamente la mordaza o cabezal de rotura de Marshall, se debe mantener el cabezal a una temperatura de entre 21 y 38 °C; empleando un baño de agua.



*Figura 63. Preparación para el ensayo de prueba de flujo y estabilidad Marshall.*

*Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.*

- ✓ Se retiró las briquetas del agua y se secó cuidadosamente su superficie, así mismo se colocó y se centró la biqueta en la mordaza (parte inferior), seguidamente la (parte superior) y se centró todo el conjunto ya en el aparato de carga.
- ✓ Se aplicó la carga a la biqueta con una velocidad de forma constante de deformación ( $50 \pm 1$  mm/min) hasta el momento en que se produzca la falla.
- ✓ Ya determinado el momento de la falla el punto queda definido por la carga máxima que se obtuvo, definiéndose como la estabilidad Marshall; número total de libras (lbf) o newtons (N) requeridos para producir la falla en la biqueta a 60° C.



Figura 64. Ensayo de rotura para estabilidad y flujo Marshall.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

- ✓ Conforme se avanzó el ensayo de la estabilidad, se sujetó firmemente el medidor para el flujo en la barra de guía. Seguidamente cuando se produjo la carga máxima, se tomó lectura y se registró los datos, este valor producido es la lectura de la fluidez de la briqueta expresada con unidades de (0,25 mm) y (1/100 Pulg).
- ✓ Cabe resaltar que este proceso que se sigue para la estabilidad y su fluencia ya culminado; empieza desde el instante en que es retirado la briqueta del agua y este no debe durar por más de 30 s.

## - Objetivo específico 2

### 4.10.2 Determinar cuál es la deformabilidad para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada.

Tabla 22. Resumen de datos para determinar Estabilidad y flujo Marshall.

Características de la Mezcla:	Unidades	Porcentajes Mezcla asfáltica en caliente	
		Patrón (0%)	Modificada (1%)
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	%	6,1	6,0
Estabilidad	KN	16,24	16,90
Flujo, 0.01" (0.25 mm):	mm	4,3	4,4
Relación Estabilidad/Flujo	kg/ cm	3858,4	3925,6

Fuente: Elaboración propia.

## Interpretación de los resultados obtenidos:

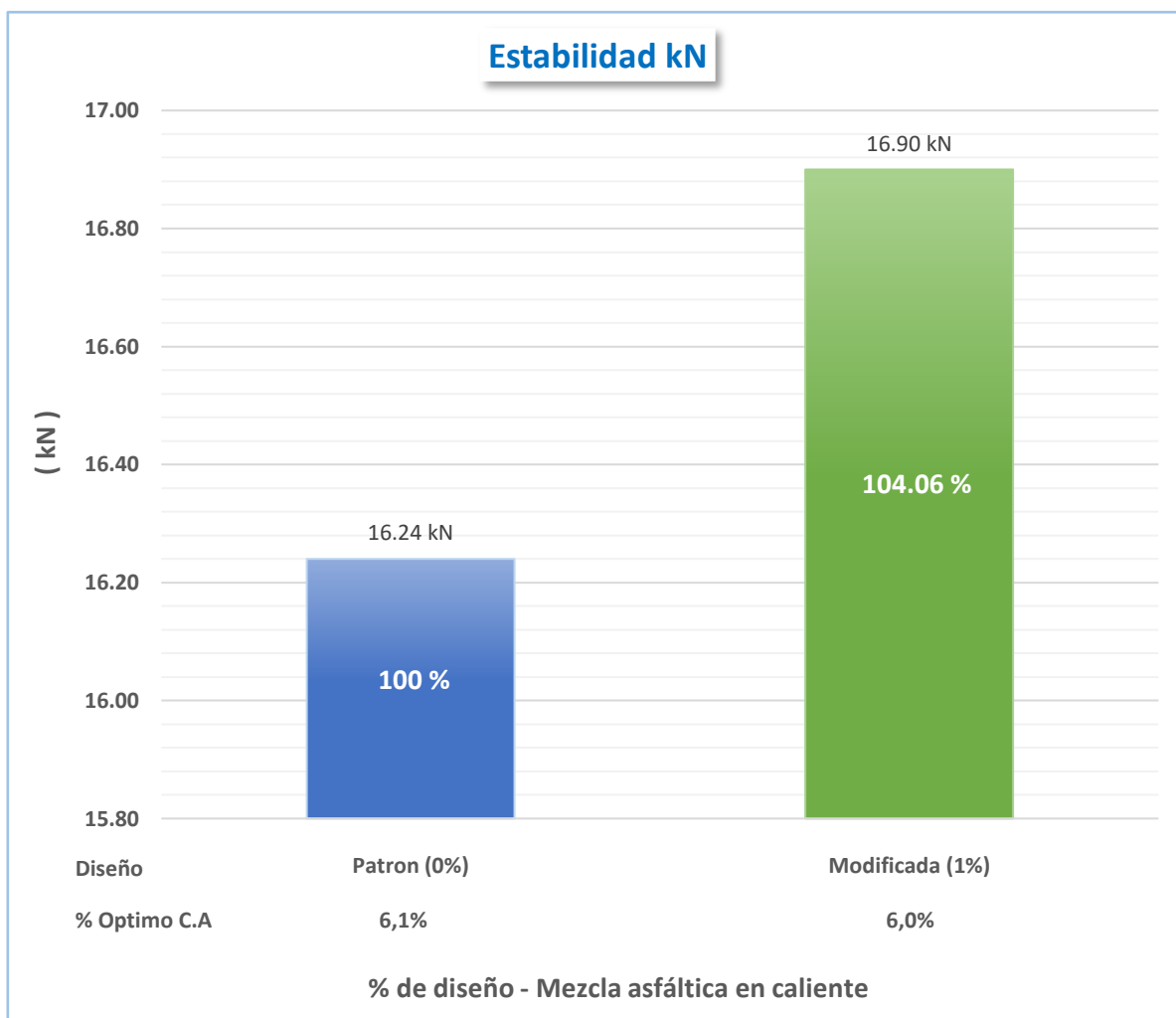
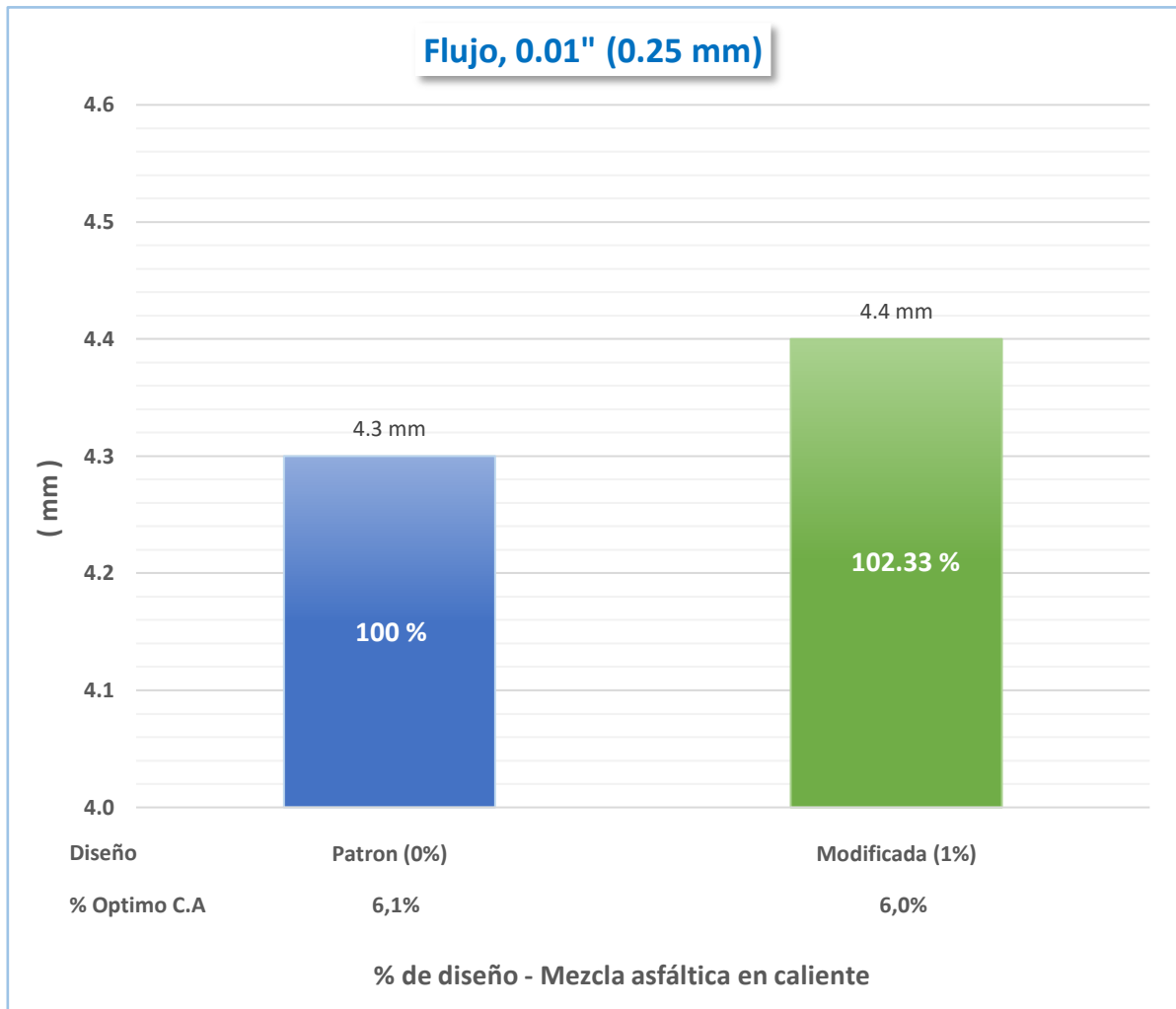


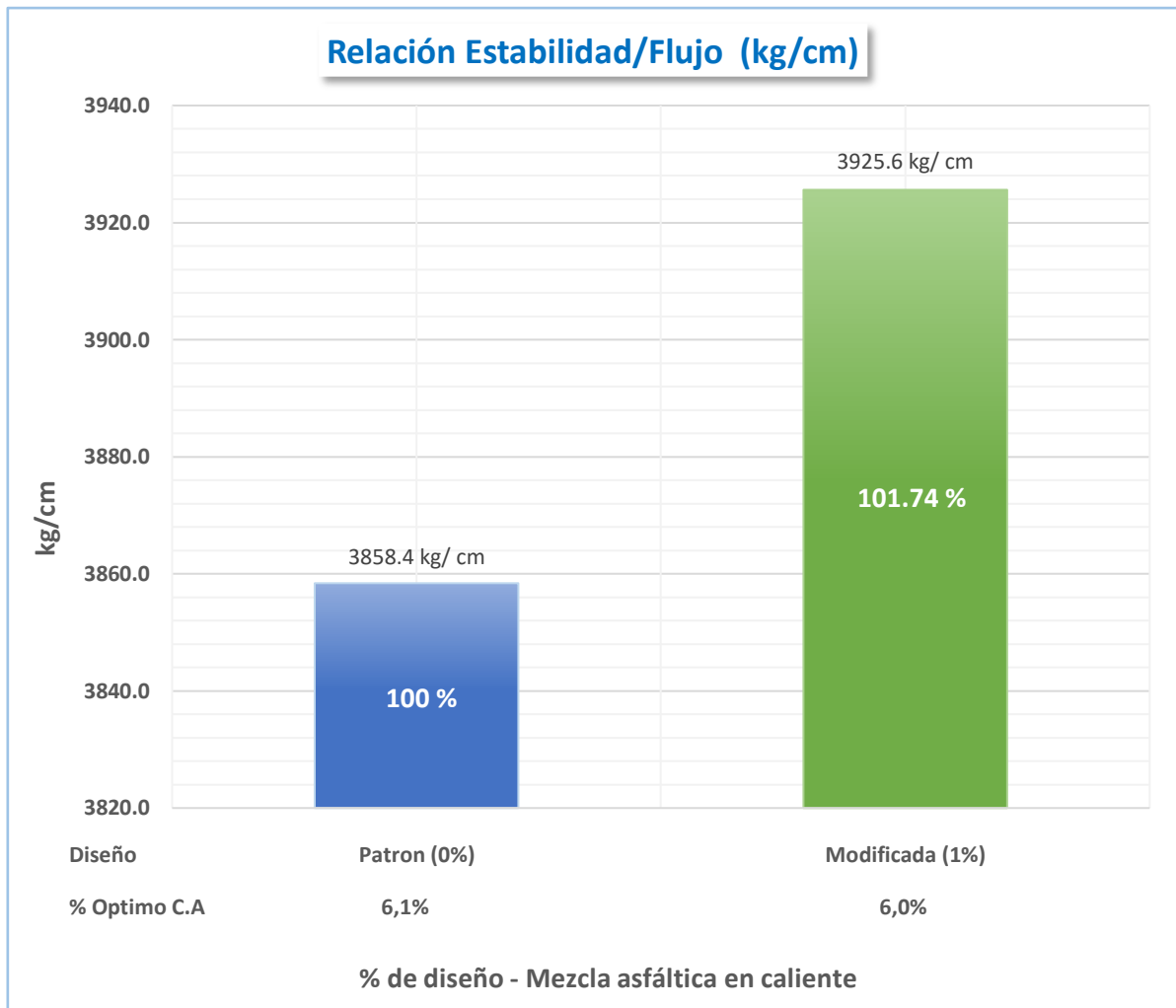
Figura 65. Barras comparativas para la estabilidad Marshall entre el diseño de mezcla asfáltica patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada.

**Interpretación figura 65:** En el cuadro mostrado se observa que la mezcla del diseño patrón con un óptimo de cemento asfáltico a 6,1% obtiene una estabilidad de 16.24 kN (1656.02 Kg), y que a comparación de la mezcla modificada con cal hidratada al 1% y un óptimo de asfalto a 6,0% presenta una estabilidad de 16.90 kN (1723.32 Kg), incrementando 4.06%, la incorporación de cal hidratada mejora sus propiedades mecánicas en el diseño ya que la estabilidad es la capacidad para resistir desplazamientos de las deformaciones bajo cargas del tránsito, sin embargo, cumplen con los parámetros permitidos por el manual EG.2013 del MTC para ambos diseños.



*Figura 66. Barras comparativas para flujo Marshall entre el diseño de mezcla asfáltica patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada.*

**Interpretación figura 66:** En los resultados se observa que el flujo del diseño de la mezcla patrón con óptimo de cemento asfáltico de 6,1% se deforma en 4.3 mm que a diferencia de la mezcla modificada con hidratada en 1% y un óptimo de cemento asfáltico de 6,0 % presenta un ligero incremento de 4.4 mm, es decir 2.33% más que el diseño patrón, deduciendo que la fluencia representa a la deformación de la briqueta, sin embargo están dentro de los parámetros permitidos, por lo tanto la incorporación de la cal hidratada mejora sus propiedades mecánicas en la mezcla asfáltica.



*Figura 67. Barras comparativas de estabilidad / flujo entre el diseño de mezcla asfáltica patrón con (0%) y diseño modificado con (1%) con cal hidratada.*

**Interpretación figura 67:** Se observa que la relación estabilidad / flujo para el diseño patrón 0% y un contenido óptimo de cemento asfáltico de 6,1% presenta una relación de estabilidad flujo de 3858.4 kg/cm, mientras que el diseño de mezcla modificado con cal hidratada al 1% y óptimo de asfalto al 6,0%; tiene una mayor rigidez o relación de estabilidad/flujo de 3925.6 kg/cm, mostrando una tendencia creciente hacia el diseño modificado con cal hidratada de 1.74%, así mismo ambos diseños cumplen con los parámetros, tabla N°15; los cuales se encuentran dentro de 1.700 – 4.000 (kg/cm) establecido por el manual del MTC E.G 2013.

#### 4.11 Elaboración y prueba de ensayo para inmersión-compresión

Las briquetas se elaboraron con el propósito de determinar la inmersión – compresión; el cual es un parámetro para la susceptibilidad a la humedad en las mezclas asfálticas, las dimensiones de las briquetas para estas mezclas compactadas son de 4” (63.5 mm) y (101.6) de altura, indicado según MTC E 518. Ver figura N°68.



Figura 68. Elaboración de briquetas para Inmersión - compresion.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.

#### 4.12 Efecto del agua en la resistencia a compresion en las mezclas asfálticas compactadas (Ensayo inmersión – compresion.) Ver figura N°69.

Se detalla el proceso para determinar o medir su pérdida de resistencia de compresion que se origina por efecto del agua para mezclas compactadas y elaboradas con cemento asfáltico.

- ✓ La prueba se desarrolló en base a la norma (ASTM D1075), la misma que se emplea para la determinación de la perdida de la resistencia por la influencia del agua; la que consistió en la elaboración de 24 briquetas compactadas; tomando al diseño de mezcla convencional y modificada con cal hidratada; procedentes del diseño Marshall.

- ✓ Se paso a determinar la gravedad especifica bulk de cada briqueta de la misma forma que la de Marshall, en este caso se tomó el óptimo de asfalto precedente del diseño Marshall de cada diseño.
- ✓ Se preparo dos grupos, para el primer grupo en estufa regulada a  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas y 2 horas a  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  en baño de agua y para el segundo grupo las briquetas se sumergieron en un baño en agua a unos  $60^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas, luego se dejaron a temperatura ambiente por 2 horas y terminando este periodo fueron transferidas para un baño de agua regulada a unos  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 2 horas.
- ✓ Se paso a determinar la resistencia a la compresion cuantificada através de la prensa Marshall.



Figura 69. Prueba de ensayo para inmersión - compresión.

Fuente: LAB Suelos JHC S.A.C.



**4.13 Resultados de laboratorio de la prueba de ensayo inmersión – compresion en mezclas asfálticas compactadas MTC E 518, Ver tabla N°23 - 26.**

Procedimiento para el acondicionamiento de los especímenes:

Los especímenes (briquetas) se elaboraron con información procedente del Ensayo Marshall. Ver tablas N°16,17,18 y 19.

- **Grupo N.º 1:** Para especímenes puestos en una estufa regulada a unos  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas y luego posteriormente sumergidos por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

- **Grupo N.º 2:** Para especímenes inmerso en baño de agua a unos  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, posteriormente por 2 horas a temperatura de ambiente y finalmente inmerso por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 23.** Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica patrón 0%.

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Mezcla asfáltica 6.1%, Procedente de Diseño Marshall					
	Diseño de Mezcla Patrón (0%)					
	Grupo N.º 1			Grupo N.º 2		
N.º de Espécimen	1	2	3	4	5	6
Peso Específico de la Briqueta (g/cm <sup>3</sup> )	2,421	2,433	2,436	2,424	2,421	2,439
Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	47,11	45,28	45,15	34,17	33,12	34,16
Resistencia a la Compresión (Mpa)	4,61	4,44	4,42	3,35	3,24	3,34
Cálculo de resistencia retenida (%)						
DENOMINACION	Especímenes a $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 hrs			Baño de agua a $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas		
Promedio Resistencia a la Compresión (Mpa)	4,49			3,31		
Resistencia Retenida (%)	73.8					

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24.** Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica modificada con cal hidratada al 1%.

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Mezcla asfáltica: 6.0%, Procedente de Diseño Marshall					
	Filler Mineral – Cal Hidratada (1%)					
	Grupo N.º 1			Grupo N.º 2		
N.º de Espécimen	1	2	3	4	5	6
Peso Específico de la Briqueta (g/cm <sup>3</sup> )	2,451	2,454	2,441	2,447	2,456	2,459
Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	53,20	53,51	52,62	41,31	44,41	44,26
Resistencia a la Compresión (Mpa)	5,21	5,24	5,16	4,05	4,35	4.34
Cálculo de resistencia retenida (%)						
DENOMINACION	Especímenes a 25° ± 1°C por 24 hrs			Baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas		
Promedio Resistencia a la Compresión (Mpa)	5,20			4,24		
Resistencia Retenida (%)	81.5					

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 25.** Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica modificada con cal hidratada al 1.5%.

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Mezcla asfáltica 6.1%, Procedente de Diseño Marshall					
	Filler Mineral – Cal Hidratada (1.5%)					
	Grupo N.º 1			Grupo N.º 2		
N.º de Espécimen	1	2	3	4	5	6
Peso Específico de la Briqueta (g/cm <sup>3</sup> )	2,440	2,431	2,433	2,436	2,434	2,439
Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	51,92	50,55	50,87	41,62	41,43	40,31
Resistencia a la Compresión (Mpa)	5,09	4,95	4,98	4,08	4,06	3,95
Cálculo de resistencia retenida (%)						
DENOMINACION	Especímenes a 25° ± 1°C por 24 hrs			Baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas		
Promedio Resistencia a la Compresión (Mpa)	5,00			4,03		
Resistencia Retenida (%)	80.4					

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 26.** Resultados obtenidos de la prueba de inmersión – compresion en la mezcla asfáltica modificada con cal hidratada al 3%.

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Mezcla asfáltica: 5.9%, Procedente de Diseño Marshall					
	Filler Mineral – Cal Hidratada (3.0%)					
	Grupo N.º 1			Grupo N.º 2		
N.º de Espécimen	1	2	3	4	5	6
Peso Específico de la Briqueta (g/cm <sup>3</sup> )	2,450	2,442	2,445	2,434	2,448	2,440
Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	50,26	48,15	49,01	40,63	38,24	39,41
Resistencia a la Compresión (Mpa)	4,92	4,72	4,80	3,98	3,75	3,86
Cálculo de resistencia retenida (%)						
DENOMINACION	Especímenes a 25° ± 1°C por 24 hrs			Baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas		
Promedio Resistencia a la Compresión (Mpa)	4,81			3,86		
Resistencia Retenida (%)	80.2					

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.14 Análisis

Para analizar los resultados se tuvo en cuenta que el diseño de mezcla asfáltica con 0% es la mezcla patrón de referencia; así mismo se determinó que el diseño de mezcla asfáltica con adición de cal hidratada al 1% es la más óptima y más estable, ya que este cumple con todos los parámetros mínimos permitidos especificado por el manual del Ministerio de transporte y comunicación E.G. 2013, señalados en la tabla N°15.

#### - Objetivo específico 3

**4.15 Determinar la resistencia a la compresion – inmersión para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada.**

##### 4.15.1 Selección del diseño de mezcla patrón (0%) y diseño de mezcla modificada (1%)

Indicadores para medir la pérdida de resistencia en cada espécimen para los grupos establecidos en el diseño de mezcla patrón de referencia (0%) y mezcla asfáltica modificada (1%) de cal hidratada diseños procedentes del diseño Marshall. Ver tabla N° 27.

**Tabla 27.** Resumen de datos obtenidos de inmersión – compresión en la mezcla asfáltica patrón 0% y modificada con 1% de cal hidratada.

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA	Mezcla asfáltica 6.1%, Procedente de Diseño Marshall					
	Diseño de Mezcla Patrón (0%)					
	Grupo N.º 1			Grupo N.º 2		
N.º de Espécimen (Briqueta)	1	2	3	4	5	6
Peso Específico de la Briqueta (g/cm <sup>3</sup> )	2,421	2,433	2,436	2,424	2,421	2,439
Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	47,11	45,28	45,15	34,17	33,12	34,16
Resistencia a la Compresión (Mpa)	4,61	4,44	4,42	3,35	3,24	3,34
CÁLCULO DE LA RESISTENCIA RETENIDA (%)						
DENOMINACION	Especímenes a 25° ± 1°C por 24 hrs			Baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas		
Promedio Resistencia a Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	45,85			33,82		
Promedio Resistencia a la Compresión (Mpa)	4,49			3,31		
Índice de Resistencia Retenida (%)	73.8					
ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA (Modificada)	Mezcla asfáltica: 6.0%, Procedente de Diseño Marshall					
	Filler Mineral – Cal Hidratada (1%)					
	Grupo N.º 1			Grupo N.º 2		
N.º de Espécimen (Briqueta)	1	2	3	4	5	6
Peso Específico de la Briqueta (g/cm <sup>3</sup> )	2,451	2,454	2,441	2,447	2,456	2,459
Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	53,20	53,51	52,62	41,31	44,41	44,26
Resistencia a la Compresión (Mpa)	5,21	5,24	5,16	4,05	4,35	4,34
CÁLCULO DE LA RESISTENCIA RETENIDA (%)						
DENOMINACION	Especímenes a 25° ± 1°C por 24 hrs			Baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas		
Promedio Resistencia a Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	53,11			43,32		
Promedio Resistencia a la Compresión (Mpa)	5,20			4,24		
Índice de Resistencia Retenida (%)	81.5					

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación de los resultados obtenidos:

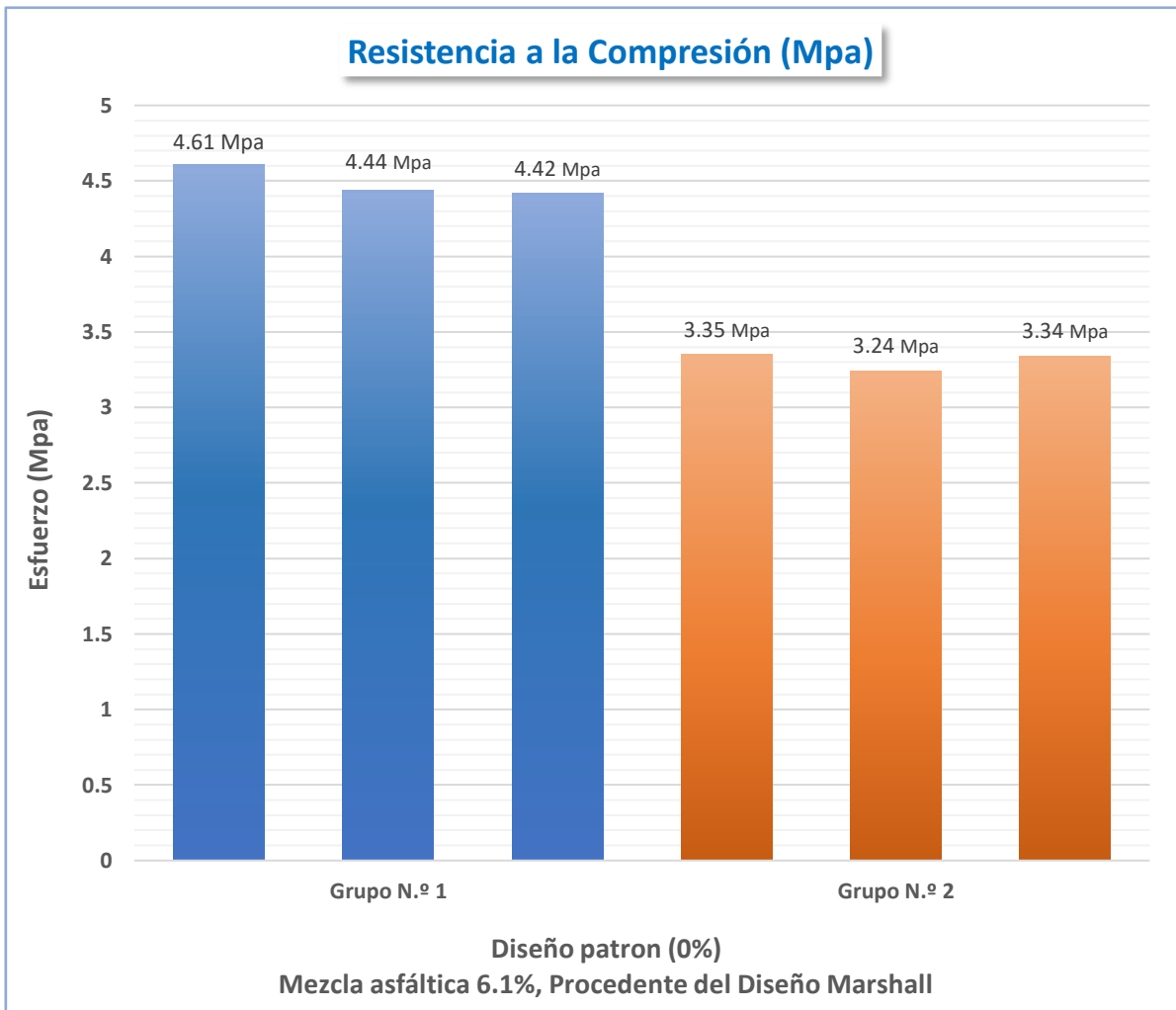
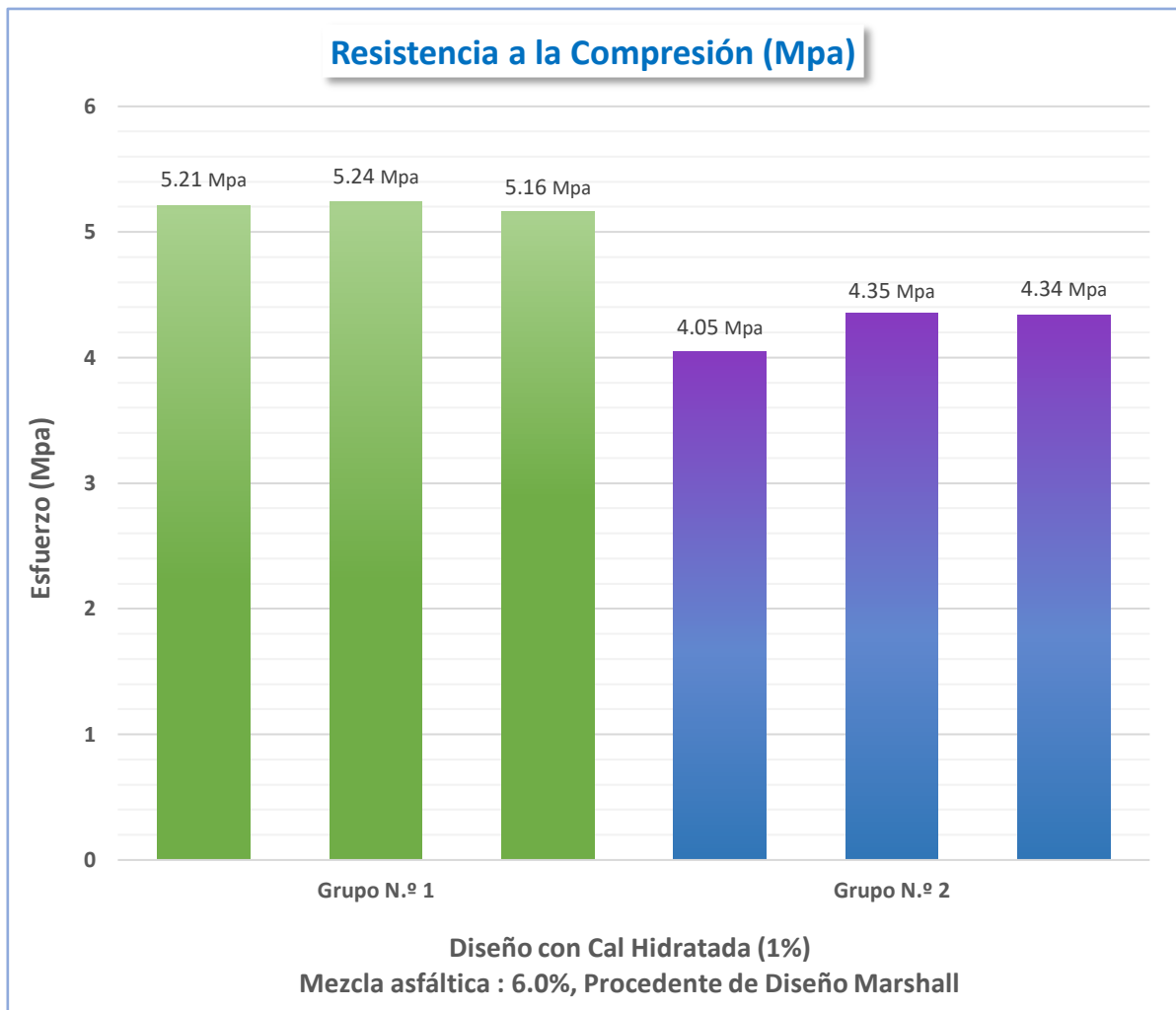


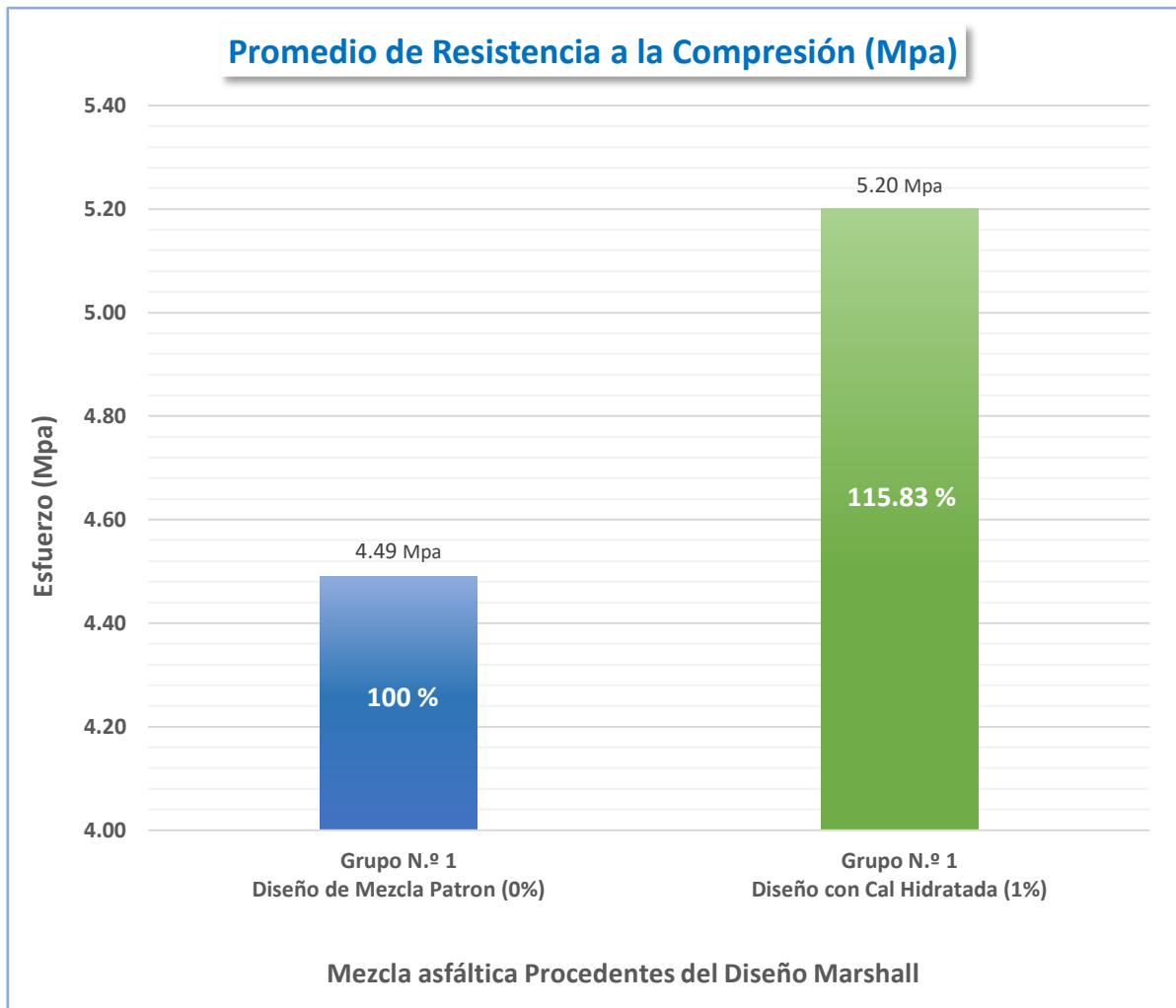
Figura 70. Barras comparativas de resistencia a la compresión en el diseño patrón (0%) para especímenes de los grupos N°1 y N°2.

**Interpretación figura 70:** Se aprecia que la variación de la resistencia a compresión bajo condiciones entre ambos grupos para el diseño de mezcla patrón (0%), los esfuerzos máximos generados son mayores para el grupo 1; los que fueron sometidos a condiciones de  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas y sumergidos por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; llegando a 4.61 Mpa ( $47.11\text{Kgf/cm}^2$ ) como el valor más alto entre los especímenes del grupo y que a diferencia del grupo 2 inmerso en agua a unos  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, y 2 horas a temperatura de ambiente y finalmente inmerso por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , su pérdida de resistencia decrece debido al acondicionamiento llegando 3.35 Mpa ( $34.17\text{ Kgf/cm}^2$ ), por lo tanto los valores obtenidos cumplen; señalados en la tabla N°15.



*Figura 71. Barras comparativas de resistencia a la compresión en el diseño modificado (1%) para especímenes de los grupos N°1 y N°2.*

**Interpretación figura 71:** Se observa la variación de resistencia a compresión bajo condiciones para ambos grupos para el diseño de mezcla asfáltica modificada con cal hidratada al (1%), en donde los esfuerzos máximos son mayores para el grupo 1 sometido a condiciones de  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas y sumergidos por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; alcanzando los 5.24 Mpa (53.51 Kgf/cm<sup>2</sup>) como el valor más alto entre los especímenes, que a diferencia del grupo 2 inmerso a unos  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, y 2 horas a temperatura de ambiente y finalmente inmerso por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , su pérdida de resistencia decrece debido al acondicionamiento llegando a 4.35 Mpa (44.41 Kgf/cm<sup>2</sup>), por lo tanto los valores obtenidos cumplen con señalado en la tabla N°15.



*Figura 72. Barras comparativas de promedio de resistencia a compresion en el diseño patrón (0%), diseño con cal hidratada (1%) para especímenes de los grupos N°1.*

**Interpretación figura 72:** Se observa que el promedio de los esfuerzos máximos en el diseño de mezcla patrón (0%); para el grupo 1 según el acondicionamiento de los especímenes (briquetas) es de 4.49 Mpa (45,85 Kgf/cm<sup>2</sup>), que a diferencia del diseño de mezcla modificado con cal hidratada al (1%) alcanza los 5.20 Mpa (53,11 Kgf/cm<sup>2</sup>), es decir presenta un incremento considerable de 15.83%, como se señala en la tabla N°15; resistencia a la compresion Mpa min de 2.1, cumpliendo con lo establecido para el diseño de ambas mezclas asfálticas acondicionas según el grupo.

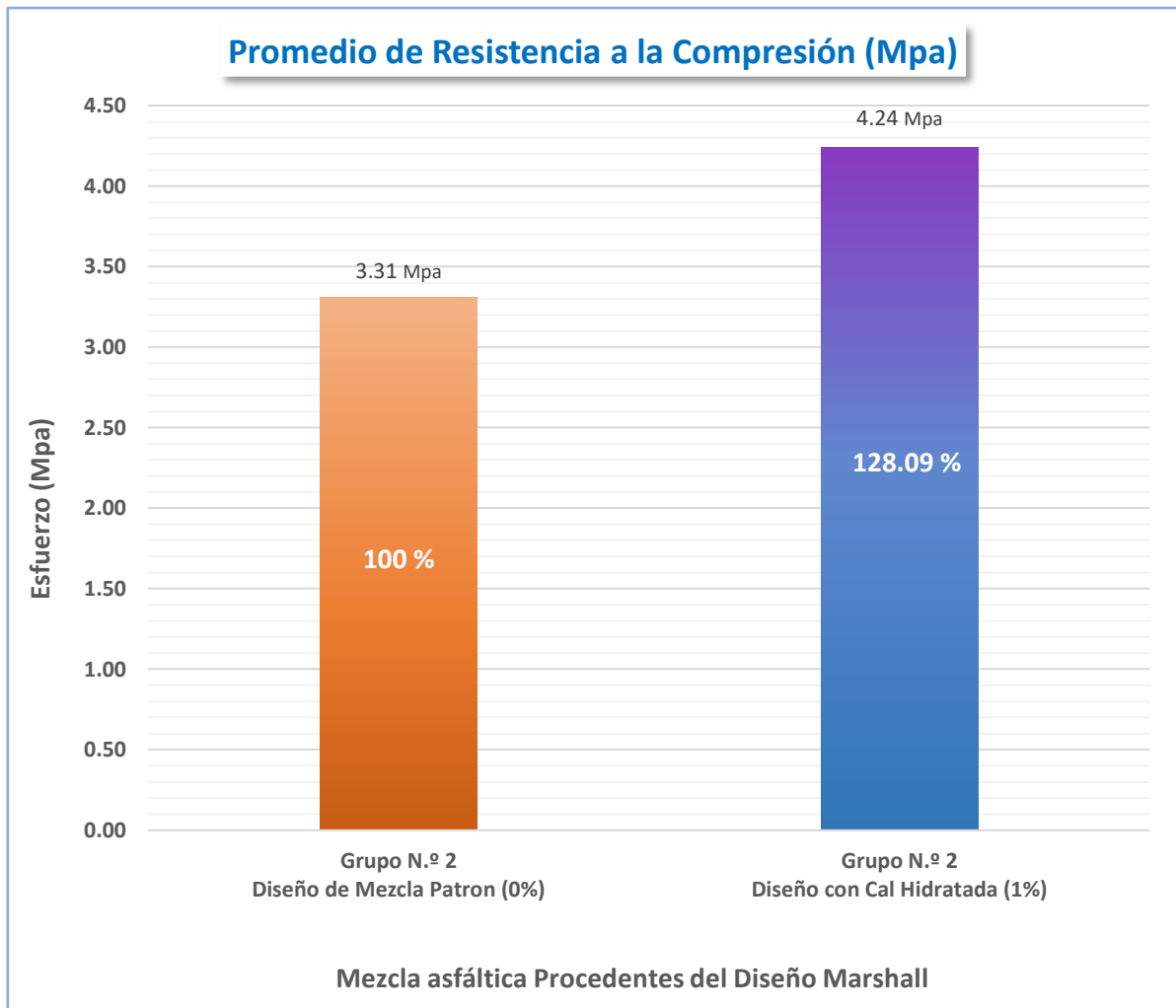
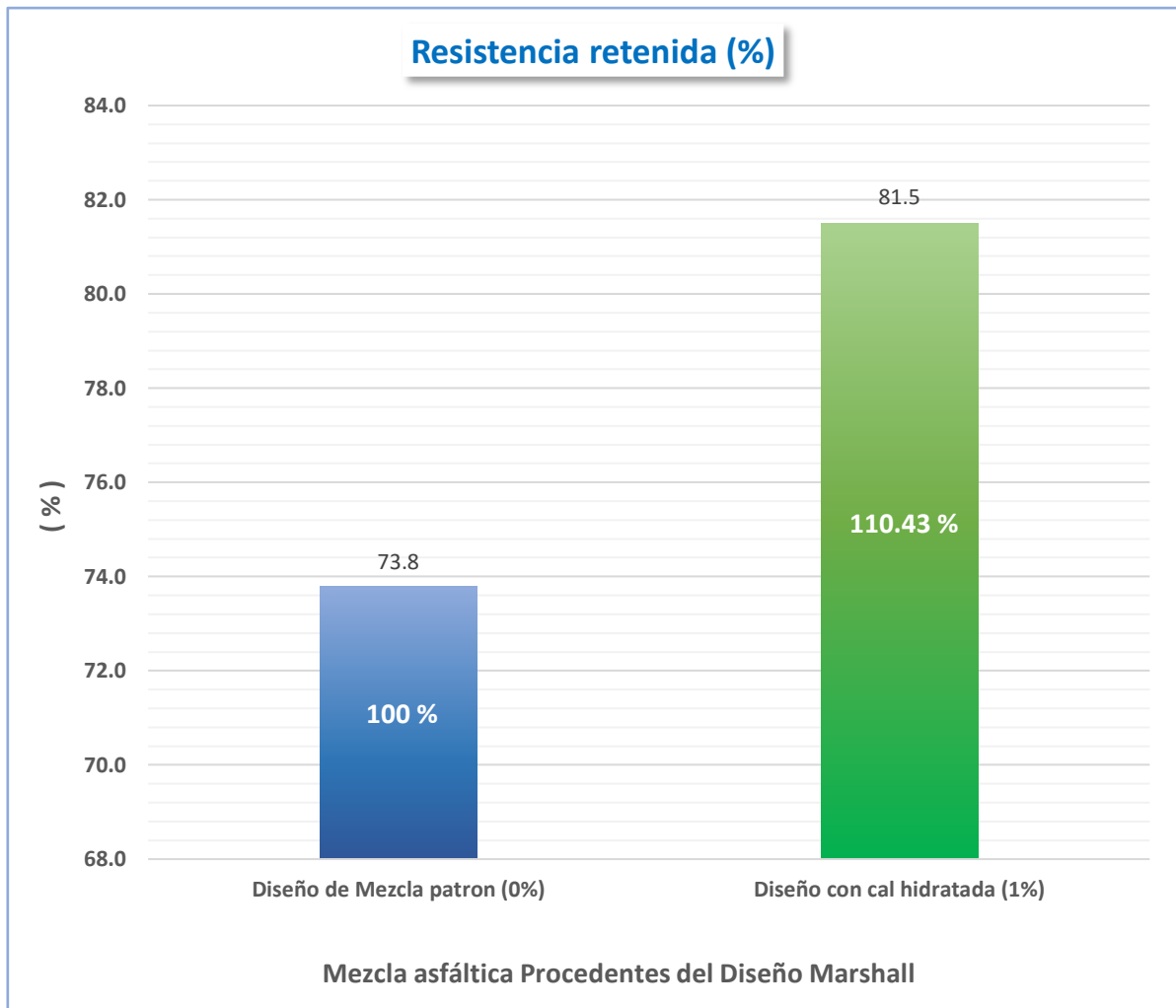


Figura 73. Barras comparativas de promedio de resistencia a compresion en el diseño patrón (0%), diseño con cal hidratada (1%) para especímenes de los grupos N°2.

**Interpretación figura 73:** En el grafico comparativo se aprecia que el promedio de los esfuerzos máximos generados en el diseño de mezcla patrón (0%); para el grupo 2 con acondicionamiento de los especímenes (briquetas) es de 3.31 Mpa (33,82 Kgf/ cm<sup>2</sup>), que a diferencia del diseño de mezcla modificado con adición de cal hidratada al (1%) alcanza los 4.24 Mpa (43,32 Kgf/cm<sup>2</sup>), haciendo diferencia entre ambos diseños de 28.09% y que a su vez se refleja la perdida de resistencia a compresion por el tratamiento aplicado a cada grupo, como se señala en la tabla N°15; resistencia a la compresion Mpa min de 2.1, cumpliendo con lo establecido para ambas mezclas asfálticas acondicionas según el grupo.





*Figura 74. Barras comparativas de resistencia retenida (%) entre el diseño patrón con 0% y el diseño modificado con 1% de cal hidratada.*

**Interpretación figura 74:** Para la resistencia retenida, se observa que en el grafico; que el diseño de mezcla patrón (0%) fue de 73.8%, que a diferencia del diseño de mezcla modificado con cal hidratada al (1%) alcanza 81.5%, es decir incremento 10.43% respecto al diseño de mezcla patrón; el porcentaje mínimo que indica la tabla N°13; para la resistencia retenida de acuerdo al manual de E.G -2013 MTC es de un 75% min, por lo tanto para el diseño patrón los parámetros indican que no cumplen con el mínimo establecido para resistencia retenida, que a diferencia del diseño modificado con cal hidratada al 1% resulta menos susceptible a perder resistencia por efecto del agua; superando los valores recomendados para la prueba de ensayo de inmersión-compresion MTC E 518.

## **4.16 Contrastación de las hipótesis:**

### **4.16.1 Hipótesis General**

**El comportamiento físico y mecánico que posee el diseño de la mezcla asfáltica en caliente mejorara al adicionar el porcentaje óptimo de cal hidratada – Av. San Diego, 2021.**

**Ho:** El comportamiento físico y mecánico que posee el diseño de la mezcla asfáltica en caliente no mejorara al adicionar el porcentaje óptimo de cal hidratada – Av. San Diego, 2021.

**Ha:** El comportamiento físico y mecánico que posee el diseño de la mezcla asfáltica en caliente mejorara al adicionar el porcentaje óptimo de cal hidratada – Av. San Diego, 2021.

Se niega la hipótesis nula y se acepta la hipótesis valida, porque los valores obtenidos en los cuatro diseños de mezcla asfáltica en caliente mediante el método Marshall con la adición de cal hidratada indican que cumplen con los valores mostrados en los parámetros de la (Tabla N°15), se difiere que los resultados obtenidos para los diseños de mezcla modificado con cal hidratada en 1%; 1.5% y 3% superan los valores para el diseño de mezcla patrón (0%).

Para validar esta hipótesis se centró en la evaluación de los parámetros de diseño por el método Marshall; Como parte inicial se elaboró un diseño de mezcla de referencia, diseñando en los tres porcentajes de cal hidratada al que se incorporó el filler mineral en diferentes cantidades de cal, modificando la proporción de mezcla para cada diseño.

Se tomo en consideración, el número de golpes, contenido óptimo de cemento asfáltico, peso específico bulk, vacíos%, vacíos llenos con cemento asfáltico%, V.M.A. %, estabilidad, fluencia, absorción de la mezcla y que además de determinar el comportamiento físico y mecánico se tuvo encuentra la elaboración de especímenes para la prueba de ensayo inmersión – compresion en mezclas asfálticas compactadas; indicado en el manual de ensayos MTC E 518; para el análisis del efecto del agua en la resistencia a compresion.

#### **4.16.2 Hipótesis específica 1**

**El contenido de vacíos y la densidad que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento físico con la adición de cal hidratada.**

**Ho:** El contenido de vacíos y la densidad que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente no mejorara el comportamiento físico con la adición de cal hidratada.

**Ha:** El contenido de vacíos y la densidad que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento físico con la adición de cal hidratada.

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis válida, ya que los valores que se obtuvieron para las dimensiones el contenido de vacíos y la densidad en la mezcla asfáltica cumplen con lo establecido estando en un rango muy aceptable dentro de los parámetros de diseño por el manual de ensayos del MTC.

En la validación de esta hipótesis se basó en el análisis del contenido de los vacíos generados que pueda existir en los 4 diseños de mezcla asfáltica, también se determinó la densidad de la mezcla para cada una de estas, comparando sus propiedades físicas en base a los parámetros permitidos por el manual.

Como parte inicial del proceso, se tomó como mezcla de referencia al diseño patrón y al diseño de mezcla con 1% de cal hidratada; siendo la que presentó un mejor desempeño, para poder analizar los resultados se determinó el contenido de vacíos generados y la densidad en ambas mezclas asfálticas. Para la mezcla modificada al 1% de cal hidratada la densidad es de 2.450 g/cm<sup>3</sup> y vacíos de 4,0%; debido al incremento de la densidad en la mezcla; los vacíos se vieron reducidos, además de otros valores obtenidos que se tuvo en cuenta para determinar que el diseño es el más óptimo.

#### **4.16.3 Hipótesis específica 2**

**La deformabilidad del diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico al adicionar cal hidratada.**

**Ho:** La deformabilidad del diseño de mezcla asfáltica en caliente no mejorara el comportamiento mecánico al adicionar cal hidratada.

**Ha:** La deformabilidad del diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico al adicionar cal hidratada.

Para la dimensión deformabilidad se rechaza a la hipótesis nula y se admite la hipótesis valida, porque los valores obtenidos demuestran que la incorporación de cal hidratada mejora las propiedades mecánicas en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, tanto para la estabilidad y el flujo mejorar a comparación de la mezcla sin modificar.

La validación de esta hipótesis se centró básicamente en los resultados que se obtuvieron, los cuales fueron la elaboración de 4 diseños por el método Marshall; estos diseños tuvieron como referencia un diseño patrón en 0% sin modificar y 3 diseños modificados con cal hidratada en 1%, 1.5% y 3%, con el propósito de estudiar el comportamiento mecánico de sus propiedades, en base a los parámetros establecidos por el manual de carreteras y por lo tanto se pudo determinar el porcentaje óptimo de cal hidratada que se incluyeron en los diseños de mezcla asfáltica mediante la que presentó un mejor desempeño, respecto a la deformabilidad.

Para poder modificar la mezcla asfáltica con adición de cal hidratada, se tuvo como parte inicial el diseño de la mezcla en 0%, esta mezcla tuvo una temperatura de mezclado de 145 °C; no presento un envejecimiento en el asfalto ya que no se sobrepasó una temperatura elevada de trabajo. En la parte de los análisis para el valor de la estabilidad (cargas máximas de fallas) y el flujo (máxima longitud de deformación) se evaluó y se tomó como al de mejor desempeño al diseño modificado con 1% de cal hidratada ya que presento una estabilidad de 1723.32 Kg, siendo el valor más alto y respecto a la máxima longitud de deformación el Flujo fue de 4.3 mm, demostrando que el porcentaje al 1% de cal tiene mejor desempeño.

#### **4.16.4 Hipótesis específica 3**

**La resistencia a la compresion - inmersión que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico con la adición de cal hidratada.**

**Ho:** La resistencia a la compresion - inmersión que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente no mejorara el comportamiento mecánico con la adición de cal hidratada.

**Ha:** La resistencia a la compresion - inmersión que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico con la adición de cal hidratada.

Para la contrastación de hipótesis de la dimensión resistencia a la compresión – Inmersión; se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis válida, ya que los valores numéricos obtenidos señalan que la adición de cal hidratada al 1% mejora la propiedad mecánica en el diseño de mezcla asfáltica en caliente; alcanzando una resistencia retenida superior a la del diseño patrón y siendo menos susceptible al efecto del agua en la mezcla compactada.

Se parte de la mezcla asfáltica que es procedente del diseño Marshall, elaborando 24 briquetas de 4" (63.5 mm) y (101.6) de altura; compactadas con 75 golpes por cada cara, para la contrastación se determinó al diseño óptimo de cal hidratada al 1%, dividiéndose en 2 grupos de 6 especímenes, esto se aplicó a cada diseño de mezcla asfáltica en caliente, para el grupo 1 de briquetas a condiciones de  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas y sumergidos por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; y grupo 2 inmerso en agua a unos  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, y 2 horas a temperatura de ambiente y finalmente inmerso por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

De lo mencionado anteriormente, se llega a establecer que al adicionarle cal hidratada al 1% en el diseño de mezcla asfáltica en caliente y someterla bajo condiciones de temperaturas y carga refleja un incremento del esfuerzo y por lo tanto se muestra menos susceptibilidad ante el efecto del agua.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Objetivo General

#### 5.1.1 Determinar el comportamiento físico y mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021.

Ordoñez (2016), su objetivo general fue **estudiar el Comportamiento Mecánico de Mezclas Asfálticas en Caliente, empleando cal hidratada, en el Aeropuerto del Sur del Perú**. El empleo de cal hidratada presenta un desempeño favorable, obtuvo mejoras en su resistencia y una disminución en las deformaciones; los resultados determinaron que se obtuvo una mejora favorable en sus propiedades, sus parámetros de diseño fueron, N° de golpes 75, estabilidad en 1,181 kg, flujo de 5.0 mm, 3.3% en los vacíos de aire, peso unitario 2.327 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A 14.3%, V.LLCA 76.5% y un índice en su rigidez de Marshall de 2,360 Kg/cm para el porcentaje de cal hidratada al 1% con un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.6%, que a comparación de los demás porcentajes se determinó que es el más apropiado, se observó que la estabilidad en el porcentaje de cal hidratada al 2% y un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.8% es de 1,228 kg, pero se observa una disminución en el flujo de 4.95 mm, vacíos de aire al 2%, teniendo en cuenta que fue elaborado con los parámetros indicados, N° de golpes 75, peso unitario 2.324 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A 14.4%, V.LL.CA 85% y índice de rigidez de 2,470 kg/cm, al igual que en el porcentaje de 3% de cal hidratada y un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.9%, N° de golpes por cara 75, su estabilidad alcanza los 1,230 kg, longitud en el flujo de 4.55 mm, peso unitario 2.322 gr/cm<sup>3</sup>, vacíos de aire 1.5%, V.M.A 14.7%, V.LL.CA 87% y un índice de rigidez de 2,630 kg/cm, a todo esto la mezcla asfáltica en caliente quedo establecido para ser aplicado en 1% como el más óptimo de cal hidratada.

Los resultados que se obtuvieron en laboratorio, respecto a los diseños por el método Marshall; partiendo del diseño patrón son: N° de golpes por cara 75, óptimo de cemento asfáltico 6,1%, peso específico 2.435 g/cm<sup>3</sup>, vacíos llenos con cemento asfáltico 64%, vacíos 4,3%, V.M.A 14.0%, estabilidad 1,656.02 Kg, flujo 4,3 mm, relación estabilidad / flujo 3,858 kg/cm, absorción 2.5%, Así mismo se tomó como el diseño de mezcla modificada; más óptimo al porcentaje con adición de 1% de cal hidratada, N° de golpes por cara 75, óptimo de cemento asfáltico 6,0%, peso específico 2.450 g/cm<sup>3</sup>,

vacíos llenos con cemento asfáltico 70%, vacíos 4,0%, V.M.A 14,4%, estabilidad 1,723.32 Kg, flujo 4,4 mm, relación estabilidad / flujo 3,925.6 kg/cm y absorción en la mezcla 2.4%.

Comparando los resultados de Ordoñez, se basa en los parámetros de diseño Marshall directamente y obtiene resultados para la estabilidad llegando a 1,181 kg, flujo de 5,0 mm, 3,3% en los vacíos de aire, peso unitario 2.327 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A 14.3%, V.LLCA 76.5% y un índice en su rigidez de Marshall de 2,360 Kg/cm para su diseño más óptimo con cal hidratada al 1%, a diferencia de nuestros resultados, se llega a determinar que el porcentaje óptimo de cal hidratada es con el 1%, del mismo modo el N° de golpes por cara es 75, con un óptimo de cemento asfáltico al 6,0%, peso específico 2.450 g/cm<sup>3</sup>, estabilidad 1,723.32 Kg, flujo 4,4 mm, vacíos 4,0%, vacíos llenos con cemento asfáltico 70%, V.M.A 14,4 %, relación estabilidad / flujo 3,925.6 kg/cm y absorción en la mezcla 2.4%, en los datos numéricos se concluye que la los parámetros mostrados en la (tabla N°15) cumple con la especificaciones técnicas según el manual para todos los diseños modificados con cal y que además se afirma que la adición de filer mineral (cal hidratada al 1%) mejoran sus propiedades en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.

## **5.2 Objetivo específico 1**

### **5.2.1 Determinar el contenido de vacíos y la densidad para el comportamiento físico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada.**

Menéndez (2016), objetivo general **estudiar la influencia de la adición de cal a mezclas asfálticas para observar y explicar los cambios que esta produce en las propiedades volumétricas, físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente.** En síntesis, los resultados que obtuvo en los 3 diseños de mezclas (0%; 1% y 2%) de cal hidratada determinaron que para el diseño de mezcla patrón sin cal hidratada bajo la metodología Marshall, el contenido óptimo del asfalto es de 5%; ya que con estos valores se fabricaron las briquetas, sus resultados en la estabilidad fueron de 1677.22 Kgf, flujo de 3,15 mm, densidad 2.322 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A de 14,3%, así como también los vacíos de la mezcla compactada es de 4%, cumpliendo con el requisito mínimo. Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de 1% de cal hidratada (mejor desempeño) , su contenido óptimo de asfalto fue de 4.7%,

presentando una densidad de 2.308 gr/cm<sup>3</sup>, vacíos en la mezcla compactada al 3,6% ,estabilidad de 1805.08 kgf, flujo de 3,23 mm y V.M.A de 13,45% cumpliendo con los parámetros de diseño indicados y finalmente la elaboración para el diseño de mezcla asfáltica con adición de cal hidratada al 2% determinan que la estabilidad disminuye obteniendo resultados en la estabilidad de 1681.58 kgf, flujo 2,79 mm, densidad de 2.303 gr/cm<sup>3</sup>, vacíos en la mezcla compactada al 3.8% y V.M.A 13,6%.

Respecto a los resultados que obtuvimos en los diseños de mezcla asfáltica realizados se tomó como referencia al diseño de mezcla patrón (0%), con un óptimo de cemento asfáltico de 6,1%, presento vacíos de 4,3%, una densidad de 2.435 gr/cm<sup>3</sup>, y que además de otros valores como la estabilidad 16,56.02 kg y flujo 4,3 mm, para el diseño de mezcla modificada con un óptimo de asfalto de 6.0% y 1% de cal hidratada, los vacíos fueron de 4,0%, densidad de 2.450 gr/cm<sup>3</sup>, estabilidad 1723.32 Kg y flujo 4,4 mm.

Para Menéndez el porcentaje que mejor desempeño mostro es el de 1% con la incorporación de cal hidratada con un óptimo de asfalto de 4,7%, que además de presentar una mejor estabilidad y flujo, la proporción en los vacíos se redujo en 3,6% ya que la densidad que obtuvo presento un incremento de 2.308 gr/cm<sup>3</sup>, y que a diferencia de su diseño patrón la proporción de vacíos llego a 4% y una densidad de 2.322 gr/cm<sup>3</sup>, Ver tabla N° 28.

**Tabla 28.** Comparación de resultados para el comportamiento físico en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.

Característica de la Mezcla	Unidades	Antecedente de estudio		Trabajo de investigación	
		% Mezcla asfáltica en caliente			
		Patrón (0%)	Modificada (1%)	Patrón (0%)	Modificada (1%)
% Óptimo de Asfalto	%	5,0	4,7	6,1	6,0
Vacíos en la mezcla	%	4,0	3,6	4,3	4,0
Densidad de la mezcla	gr/cm <sup>3</sup>	2.322	2.308	2.435	2.450

Fuente: Elaboración propia.



En comparación con los resultados que obtuvimos nuestro diseño patrón se elaboró con un óptimo de asfalto de 6,1% difiere ligeramente en su estabilidad debido al óptimo de asfalto que se empleó reflejándose en los resultados para la proporción en los vacíos llegando a 4,3% y una densidad de 2.435 gr/cm<sup>3</sup>, y que a diferencia del diseño modificado con 1% de cal hidratada la que se elaboró con un óptimo de asfalto de 6,0% los vacíos fueron de 4,0% y una densidad en la mezcla de 2.450 gr/cm<sup>3</sup>. Ver tabla N° 28.



*Figura 75. Barras comparativas para el contenido de vacíos y densidad en la mezcla, antecedente vs. Trabajo de investigación.*

**Interpretación figura 75:** En concordancia con Menéndez la incorporación de cal hidratada en el diseño de mezcla mejora sus propiedades de esta, ya que a mayor densidad que se obtenga; se produce una menor cantidad en los vacíos de aire, de la misma manera ocurrió para nuestro diseño al 1% cal hidratada, los parámetros para nuestro diseño cumplen y se encuentran dentro de lo permitido por el manual de especificaciones técnica del MTC E.G 2013.

## 5.3 Objetivo específico 2

### 5.3.1 Determinar cuál es la deformabilidad para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada.

Aguilar, Hernández & Sibrián (2016), tuvo como objetivo general **elaborar el diseño para una mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada para el mejoramiento de la resistencia a la humedad**. Determinan que la incorporación de cal hidratada mejora sus propiedades, ya que para el diseño con 1% de cal hidratada y con un porcentaje óptimo de asfalto al 5.90% la estabilidad es de 1386 (kg) con un flujo de 3.81(mm) y un porcentaje en su vacíos de 3.98%; así mismo para el porcentaje de 2% de cal hidratada y porcentaje óptimo de asfalto en 5.90% la estabilidad alcanza los 1198 (kg), un flujo de 3.98 (mm) y un porcentaje de vacíos de 3.67% que a comparación del patrón convencional sin cal presenta una estabilidad de 1082 (kg), vacíos de 4.00% y un flujo de 3.15 (mm); lo cual indica que la incorporación de cal hidratada presenta resultados favorables para la resistencia a la deformación; finalmente para lo que es tensión indirecta la mezcla asfáltica normal es del 83.88%, para 1% de cal hidratada es de 94.30% y en 2% de cal hidratada es de 97.93%. por lo que la incorporación de cal hidratada en esta mezcla asfáltica en caliente determina que es óptimo para el empleo y para contrarrestar la condiciones a las que estarían expuestos a la humedad los pavimentos flexibles.

**Tabla 29.** Comparación de resultados para las propiedades mecánicas (Deformabilidad) en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.

Característica de la Mezcla	Unidades	Antecedente de estudio		Trabajo de investigación	
		% Mezcla asfáltica en caliente			
		Patrón (0%)	Modificada (1%)	Patrón (0%)	Modificada (1%)
% Óptimo de Asfalto	%	5,9	5,9	6,1	6,0
Estabilidad	KN (Kg)	10,59 (1079.88)	13,59 (1388.79)	16,24 (1656.02)	16,90 (1723.32)
Flujo, 0.01" (0.25 mm)	mm	3,15	3,81	4,3	4,4
Relación Estabilidad/Flujo	kg/ cm	-	-	3858,4	3925,6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 29, se muestra los resultados para el trabajo de investigación que se obtuvieron, determinándose que la incorporación de cal hidratada mejora las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente, el contenido óptimo de cal hidratada es el de la mezcla modificada con 1% y un óptimo de asfalto de 6,0%, como resultado su estabilidad 16,90 kN, y que a comparación del diseño de mezcla patrón con un óptimo de asfalto de 6,1% alcanza una estabilidad de 16,24 kN; siendo los indicadores para la deformabilidad los más cercanos, además la proporción de mezcla quedo en 60% de agregado grueso entre grava chancada de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{8}$ , agredo fino 60% de arena chancada.

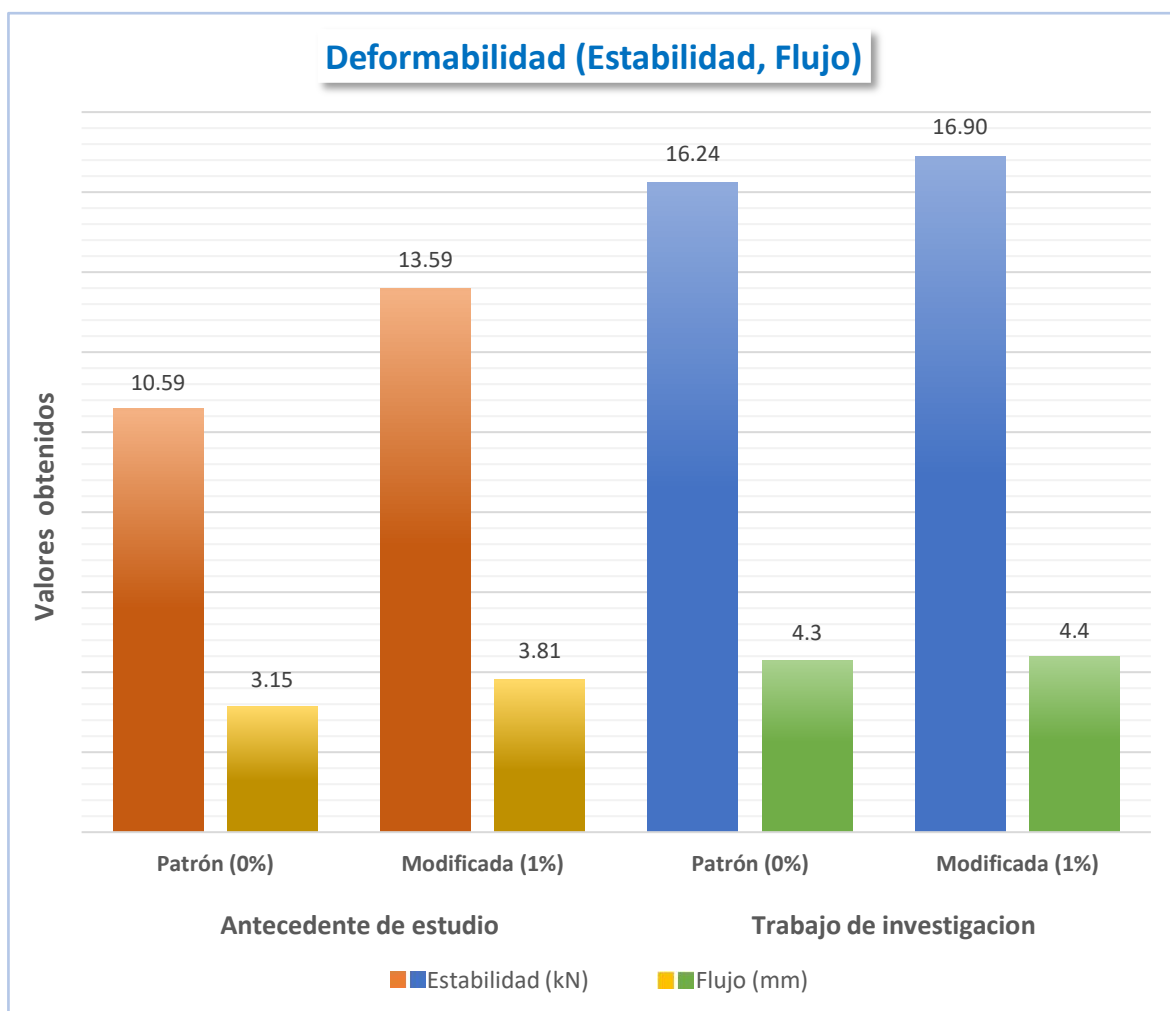


Figura 76. Barras comparativas de Deformabilidad (Estabilidad y Flujo) antecedente vs. Trabajo de investigación.

**Interpretación Figura 76:** En comparación con los resultados de Aguilar, Hernández & Sibrián en su diseño de mezcla sin cal hidratada 0%, óptimo de asfalto 5,9%, su estabilidad alcanza los 1,080 kg y un fujo de 3,15 mm y con la adición al 1% de cal hidratada, superan los parámetros de diseño, mejora la estabilidad obteniendo 1,386

(kg) con un flujo de 3,81(mm), de acuerdo a los datos expuestos se compara y se llega a determinar que nuestro diseño patrón que se elaboró con un óptimo de cemento asfáltico a 6,1% obtiene una estabilidad de 16.24 kN (1656.02 Kg), flujo de 4,3 mm y la relación estabilidad / flujo 3858,4 kg/cm y que a comparación de la mezcla modificada con cal hidratada al 1%, un óptimo de asfalto a 6,0% presenta una estabilidad de 16.90 kN (1723.32 Kg), un flujo 4,4 mm y su relación de estabilidad / flujo llega a 3925,6 kg/cm, por lo tanto la incorporación de cal hidratada mejora sus propiedades mecánicas en el diseño ya que la estabilidad es la capacidad para resistir desplazamientos de las deformaciones bajo cargas del tránsito, sin embargo, cumplen con los parámetros permitidos por el manual EG.2013 del MTC ambos diseños.

### **5.4 Objetivo específico 3**

#### **5.4.1 Determinar la resistencia a la compresión - inmersión para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada.**

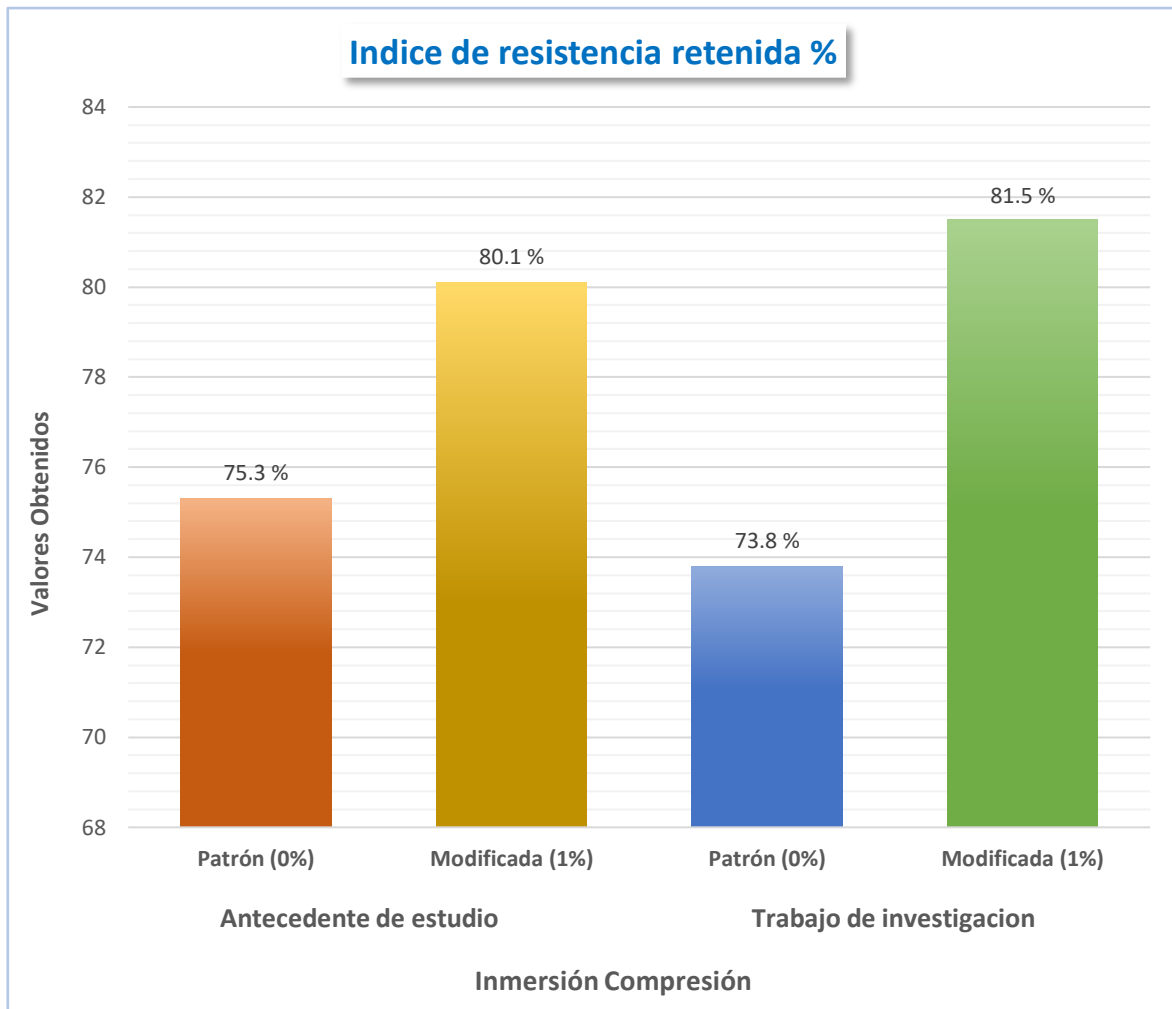
Bermejo (2020), objetivo general, **mejorar las propiedades mecánicas en una mezcla de asfalto convencional con la incorporación de cal hidratada en relación con el agregado**, su diseño de mezcla se basó en porcentajes de cal hidratada en 1%, 2%, 2.5% y 3%; con el propósito de modificar la mezcla convencional para luego realizar pruebas de ensayo a las propiedades mecánicas. Los resultados fueron referenciados del diseño patrón al 0%, estando dentro de los parámetros permisibles, para luego determinar que los diseños modificados con cal hidratada en 1%; con un óptimo de asfalto en 5.7%, la estabilidad alcanzo los 2560 Kg, flujo 7 mm, V.LL.CA 74,45, V.M.A 13,25 y vacíos generados en la mezcla de 4%, para la prueba de ensayo de efecto del agua en mezclas compactadas ensayo de inmersión – compresión, determinaron que el contenido que presento mejor desempeño es el porcentaje con 1% de cal hidratada con una resistencia retenida de 80.1; y que a comparación con su patrón alcanzo los 75.3. Concluyendo que la estabilidad en la mezcla de asfalto modificada con el porcentaje de cal hidratada al 1% presenta un incremento del 23.16%, para la prueba de ensayo por inmersión compresión procedimiento como indicador a la humedad en mezclas asfálticas.

Los resultados que se obtuvieron en el trabajo de investigación para el ensayo de inmersión – compresión en la mezcla patrón 0%; para el grupo 1 es de 4.49 Mpa (45,85 Kgf/cm<sup>2</sup>), y el diseño modificado al 1% con cal hidratada; alcanza los 5.20 Mpa (53,11 Kgf/cm<sup>2</sup>), para el grupo 2 es de 3.31 Mpa (33,82 Kgf/cm<sup>2</sup>), y finalmente el diseño modificado con adición de cal hidratada al 1% alcanza los 4.24 Mpa (43,32 Kgf/cm<sup>2</sup>), el índice de resistencia retenida en el diseño de mezcla patrón fue de 73.8%, para la mezcla modificada con cal hidratada al 1% alcanza los 81.5%, Ver tabla N°30.

**Tabla 30.** Comparación de resultados de antecedente vs Trabajo de investigación para la propiedades mecánicas (Inmersión-Compresión).

<b>Datos obtenidos de las muestras (Inmersión - Compresion)</b>												
<b>Denominación</b>	<b>Antecedente de estudio</b>						<b>Trabajo de investigación</b>					
	Diseño Patrón 0%			Cal Hidratada 1%			Diseño Patrón 0%			Cal Hidratada 1%		
<b>Grupo N.º 1</b> (25° ± 1°C por 24 horas y sumergidos por 2 horas en un baño de agua 25° ± 1°C).												
N.º de Espécimen	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Resistencia a la Compresión (Mpa)	3.18	3.15	3.23	4.34	4.32	4.28	4.61	4.44	4.42	5.21	5.24	5.16
Promedio Resistencia a Compresión (Mpa)	3.19			4.31			4.49			5.20		
<b>Grupo N.º 2</b> (60° ± 1°C por 24 horas, 2 horas a temperatura de ambiente y 2 horas en un baño de agua 25° ± 1°C)												
N.º de Espécimen	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Resistencia a la Compresión (Mpa)	2.42	2.38	2.40	3.48	3.42	3.46	3.35	3.24	3.34	4.05	4.35	4.34
Promedio Resistencia a Compresión (Mpa)	2.40			3.45			3.31			4.24		
Resistencia conservada (%)	75.3			80.1			73.8			81.5		

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 77. Barras comparativas para índice de resistencia retenida (Inmersión - Compresión) antecedente vs. Trabajo de investigación.*

**Interpretación Figura 77:** En comparación con los resultados de bermejo, para la prueba de efecto del agua sobre la cohesión en mezclas compactadas (inmersión – compresión), se dedujo que en la mezcla modificada alcanzó una resistencia retenida de 80.1%; presentando un incremento de 6.30%; la cual tuvo mejor reacción ante efectos de la humedad, por el contrario los resultados que obtuvimos para el índice de resistencia retenida en el diseño modificado con cal hidratada al (1%) es de 81.5; incrementándose un 10.43% respecto al patrón en lo que se determina que mejora la resistencia a la inmersión- compresión, ya que acrecienta el esfuerzo máximo cumpliendo con los parámetros establecidos por el manual de E.G -2013 MTC.

## VI. CONCLUSIÓN

1. O.G: La investigación que se desarrolló permitió estudiar el comportamiento físico y mecánico al adicionarle cal hidratada en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, esto se logró optimizando tres dosificaciones diferentes con las se llegó a mejorar el desempeño de una mezcla de referencia (0%) con respecto a parámetros para evaluar como el contenido óptimo de cemento asfáltico empleado, densidad de la mezcla, porcentaje de vacíos, V.M.A, vacíos llenos con cemento asfáltico, estabilidad, flujo y que además se estudió el efecto del agua en la resistencia a compresión en las mezclas asfálticas compactadas (Ensayo inmersión – compresión).
2. O.E.1: El contenido de vacíos para el diseño de mezcla modificada con 1%de cal hidratada decrece en 7.50% frente al diseño patrón, presentado una disminución en los vacíos debido al incremento de la densidad obtenida en el diseño modificado de 0.62%, haciéndolo más resistente ante efectos del agua. Así mismo, por medio del porcentaje de vacíos se confirmó que para las proporciones volumétricas en la mezcla del agregado y el cemento asfáltico estén dentro de los parámetros permisibles; es decir se pudo determinar el contenido óptimo de asfalto siendo entre 5,9 a 6,1%.
3. O.E.2: La deformabilidad en la mezcla modificada con cal hidratada al 1%, respecto al diseño patrón presento un incremento en la estabilidad de 4.06%, con un ligero aumento en la longitud del flujo de 2.33% y mostrando una tendencia creciente en la rigidez de 1.74%, sin embargo, estos valores cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el EG-2013 del MTC indicados en la tabla 15.
4. O.E.3: La diferencia que existe en cuanto a parámetros de susceptibilidad, efecto del agua en la resistencia a compresión en las mezclas asfálticas compactadas Prueba de Inmersión – Compresión (MTC E 518), en la mezcla patrón 0% y mezcla modificada con cal hidratada al 1%, se observa lo siguiente:

Para la prueba de Inmersión – Compresión (Grupo 1), los esfuerzos máximos generados son mayores bajo condiciones de  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas y sumergidos por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; mezcla patrón 0%, llegando a 4.49 Mpa (45,85 Kgf/cm<sup>2</sup>), que a diferencia del diseño de mezcla modificada con cal hidratada al (1%) alcanza los 5.20 Mpa (53,11 Kgf/cm<sup>2</sup>), presentando un incremento entre ambos diseños.

Para el ensayo de Inmersión – Compresión (Grupo 2), inmerso en agua a unos  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, y 2 horas a temperatura de ambiente y finalmente inmerso por 2 horas en un baño de agua  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , los esfuerzos máximos para el diseño de mezcla patrón alcanza los 3.31 Mpa (33,82 Kgf/cm<sup>2</sup>), que a diferencia del diseño de mezcla modificado con adición de cal hidratada al (1%) alcanza los 4.24 Mpa (43,32 Kgf/cm<sup>2</sup>).

Los valores del índice de resistencia retenida entre la mezcla patrón (0%) y el diseño de mezcla modificado con cal hidratada al (1%) presenta una diferencia de 10.43%, lo que se concluye que mejora la resistencia a la inmersión-compresión, ya que incrementa el esfuerzo máximo en un 15.83% para briquetas del grupo 1 y 28.09% para briquetas del grupo 2, los valores van acorde a los parámetros establecidos por el manual de E.G -2013 MTC.



## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Con base a los resultados que se obtuvieron en este estudio, es recomendable añadir cal hidratada en la mezcla asfáltica en dosificaciones de 1% a 3% teniendo en cuenta el contenido óptimo de asfalto y la proporción de los agregados a la hora del diseño, adicionar cal hidratada en los diseños de mezcla asfáltica en caliente mejora sus propiedades, la adherencia pétreo – asfalto y presenta resistencia al efecto del agua.
2. Se recomienda utilizar la cal hidratada en los diseños de mezclas, por que ayuda a mejorar el contenido de vacíos, además de mejorar su densidad de la mezcla que es relevante para los vacíos generados, evita el envejecimiento del asfalto. Así mismo, para la obtención de resultados confiables en los ensayos, se recomienda realizar 3 briquetas para cada variación para el contenido óptimo de asfalto, ya que, aunque se emplee el mismo procedimiento esto no es 100% homogéneo entre ellas, por lo tanto, esto tiene el propósito de obtener resultados confiables a partir del promedio entre dos briquetas que tengan una similitud mayor en sus valores numéricos.
3. Emplear la cal hidratada en los diseños de mezcla, porque mejora los índices de deformación, mejora sus propiedades mecánicas, ayuda a contrarrestar los factores y fallas que afectan los pavimentos flexibles, aumentando el tiempo de vida y la serviciabilidad.
4. Se recomienda emplear en los diseños de mezclas asfálticas modificadas cal hidratada para obtener un incremento en su resistencia a la compresión para condiciones secas como también para condiciones de saturación; para las construcciones de vías con ambiente de lluvias; como una alternativa para mitigar este problema a los que están expuestos.

## REFERENCIAS

1. AGUILAR, Sara, HERNÁNDEZ, Enmanuel y SIBRIÁN, Yenci. Diseño de mezcla asfáltica en caliente con cal hidratada para el mejoramiento de la resistencia a la humedad. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). El Salvador. Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2016. pp. 2. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/10323/>
2. NAVARRO, José. Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de pet. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Perú. Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. 2017. pp. 16. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4569>
3. BARDALES, Katty. Tipos de patologías y mantenimiento del pavimento flexible en la avenida Tantamayo San Martín de Porres. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2019. pp. 2. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60773>
4. DEL CID, Javier. Uso de cal hidratada como relleno mineral para el mejoramiento de las características físicas y propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2016. pp. 79. Disponible en: <http://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUSAC5734>
5. AGUILAR, Sara, HERNÁNDEZ, Enmanuel y SIBRIÁN, Yenci. Diseño de mezcla asfáltica en caliente con cal hidratada para el mejoramiento de la resistencia a la humedad. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). El Salvador. Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2016. pp. 95. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/10323/>
6. BERMEJO, Carlos. Diseño de asfalto en caliente con la incorporación de cal hidratada por vía seca. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Colombia. Universidad de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2020. pp. 163. Disponible en: <https://www.sepup.une.edu.eh/handle/25033/23876>

7. MENÉNDEZ, Pablo. Determinación de los efectos de la incorporación de cal hidratada como filler activo en una mezcla asfáltica en caliente bajo la metodología Marshall. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2016. pp. 57. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/372881479/Determinacion-de-los-efectos-de-la-incorporacion-de-cal-hidratada-como-filler-activo-en-una-mezcla-asfaltica-en-caliente-bajo-la-metodologia-Marshall>
8. ORDÓÑEZ, Adelaida. Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente, empleando cal, en los aeropuertos del sur del Perú. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingeniería. 2016. pp. 158. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/727>
9. ULLOA, Jherson. Comportamiento de la Carpeta Asfáltica modificada con Filler Activo para la rehabilitación de la Avenida México en el Distrito de Comas. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2020. pp. 41. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62525>
10. GUTIERREZ, Limber. Diseño de asfalto en caliente mejorado con el uso de cal hidratada en la av. camino dibos, Ica. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2017. pp. 72. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27170>
11. KHAFAJI, ALWASH y AL-MAJEED. Research essay for the behavior of asphalt mixtures modified by additive combinations (hydrated lime, polypropylene, Iraq. University Babylon. 2018. [fecha de consulta: 17 de Setiembre del 2021]. Disponible en: <https://iop.org/article/12.10831757-849X/46/1/04620/1.pdf>
12. KIKUT, BALDI y ELIZONDO. Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte. Infraestructura Vial [Fecha de consulta 1 de junio del 2021]. SSN 2215-3705 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v22i39.41618>

13. RONDON, LEON y FERNANDEZ. Comportamiento de una mezcla asfáltica tibia fabricada en una planta de asfalto. Ing. Desarro. [en línea]. Junio 2017. Volumen 35. [Fecha de consulta 2 de junio del 2021]. ISSN 2145-9371 Disponible en: <https://doi.org/10.14482/inde.35.1.8947>
  
14. GEORGE, BOATENG y JENKINS. Rendimiento de laboratorio y modelización del comportamiento del asfalto de mezcla en caliente con vidrio triturado reciclado. J. S. Afr. Inst. Civ. Eng [en línea]. Junio 2020. Volumen 62. [Fecha de consulta 2 de junio del 2021]. ISSN 2309-8775 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17159/2309-8775/2020/v62n3>
  
15. Grupo JJC. Laboratorio de suelo, concreto y asfalto. [en línea]. Perú: Creciendo junto.2016 [fecha de consulta 20 de mayo 2021] Disponible en: <http://www.grupojjc.com.pe/assets/docs/boletin21.pdf>
  
16. MTC. Manual de mantenimiento o conservación vial [en línea] Perú. 2016 [fecha de consulta 25 de junio 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2005-2016-MTC-14.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2005-2016-MTC-14.pdf)
  
17. MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. Bogotá. 3.a ed.: Universidad Católica de Colombia, 2006. 467 pp. ISBN: 9589784003
  
18. RONDON Hugo y REYES Fredy. Pavimentos materiales, construcción y diseño. [en línea]. Primera edición. Colombia: ECOE Ediciones. 2018 [fecha de consulta 15 de mayo 2015]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&lpg=SA3-PA97&dq=cal%20hidratada%20%20en%20los%20pavimentos&pg=SA3-PA97#v=onepage&q=cal%20hidratada%20%20en%20los%20pavimentos&f=true> ISBN 978-958-771-175-2
  
19. AGUIRRE, Roberto, CALDERÓN, Iris y SALAZAR, Ingrid. Evaluación de la incidencia de la temperatura en el desempeño de las carpetas asfálticas en caliente en el salvador. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). San Salvador.

Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2009. pp. 9.  
Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2039/>

20. MENÉNDEZ, José. Ingeniería de Pavimentos: Materiales, diseño y construcción. 3.a ed. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2012. 344 pp.
21. MTC. Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG 2013[en línea] Perú. 2013 [fecha de consulta 15 de mayo 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/20EG%202013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/20EG%202013.pdf)
22. MTC, DGCF. Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM 2000). [en línea]. Lima Perú: Ministerio de Transporte y Comunicaciones Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2001 [fecha de consulta 22 de mayo 2021]. disponible en: [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/EM-2000/index.htm](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/EM-2000/index.htm)
23. MTC. Manual de mantenimiento o conservación vial [en línea] Perú. 2014 [fecha de consulta 19 de mayo 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/20EG%202013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/20EG%202013.pdf)
24. HUMPIRI, Katia. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingeniería. 2015. pp. 1. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/426>
25. MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. Bogotá. 3.a ed.: Universidad Católica de Colombia, 2006. 467 pp. ISBN: 9589784003
26. MTC. Manual de ensayos y materiales EG. [en línea]. Perú. 2013 [fecha de consulta 18 de mayo 2021]. Disponible en: [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

27. MINAYA, Silene y ORDÓÑEZ, Abel. Diseño moderno de pavimentos asfálticos. 2.a ed. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2006. 455 pp.
28. ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto. Lima. 2.a ed.: San Marcos E.I.R.L, 2007. 467 pp. ISBN: 9786123020606
29. GARROTE Villar, Elizabet. Efecto de la temperatura en la tenacidad de diferentes mezclas bituminosas. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2006. pp. 65. Disponible en: <https://upcomongs.upc.edu/handle/2009.1/3324>
30. CRESPI, Rafael, SANTA CRUZ, Ismael y TORRES, Pablo. Aplicación del método marshall y granulometría superp ave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). El Salvador. Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2012. pp. 345. Disponible en: [https://ri.ues.edu.sv/id/print/2796/1/tesis\\_full\\_corr.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/print/2796/1/tesis_full_corr.pdf)
31. GOMEZ, Marcelo. Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. [en línea] Primera Edición. Argentina: Editorial Brujas. 2006 [ fecha de consulta 25 de mayo 2021] disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=9UDXPe4U7aMC&lpg=PA172&dq=metodologia%20de%20investigacion%20formulacion%20del%20problema&pg=PA172#v=onepage&q=%20del%20problema&f=false> ISBN 987-591-026-0
32. BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación para administración, economía, humanidades y ciencia sociales [en línea]. Segunda Edición. México: Pearson Educación S.A ,2010. [fecha de consulta 25 de mayo 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=h4X\\_eFai59oC&lpg=PA164&dq=libro%20metodologia%20de%20investigacion%20poblacion&pg=PA164#v=onepage&q=libro%20metodologia](https://books.google.com.pe/books?id=h4X_eFai59oC&lpg=PA164&dq=libro%20metodologia%20de%20investigacion%20poblacion&pg=PA164#v=onepage&q=libro%20metodologia) =false ISBN: 970-26-0645-4
33. Arias, F. (2012). El Proyecto de investigación. (6.ªEd.). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Episteme.

34. SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación [en línea]. 6ª ed. México: México DF. 2014. 634 pp. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://n0.ci/69f> ISBN: 978-1-4562-2396-0
35. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. [et al.]. México: Mc GraW-Hill Interamericana S.A.,2014. 656 PP. ISBN: 978-607-15-0291-9
36. BORJA, Manuel. 2012. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: s.n., 2012,250pp
37. VILLASIS, Miguel y MIRANDA, María. El protocolo de investigación IV: las variables de estudio. [en línea]. Ciudad de México: Revista Alergia México. 2016. 306 pp. [fecha de consulta: 14 de junio de 2021] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755025003.pdf> ISSN: 0002-5151
38. MINAYA, Silene y ORDÓÑEZ, Abel. Diseño moderno de pavimentos asfálticos. 2.a ed. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2006. 455 pp.
39. PINO, R. Metodología de la Investigación. 2 a ed. Perú: San Marcos, 2018. ISBN: 978-997-234-242-4.
40. AGUILAR, Sara, HERNÁNDEZ, Enmanuel y SIBRIÁN, Yenci. Diseño de mezcla asfáltica en caliente con cal hidratada para el mejoramiento de la resistencia a la humedad. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). El Salvador. Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2016. pp. 95. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/10323/>
41. FLORES, Jhon. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2018. pp. 21. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25348>
42. CARRASCO, Sergio. Metodología de la Investigación Científica. Lima: Editorial San Marcos, 2005. 238 pp. ISBN: 9972342425
43. VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de Investigación Científica. Lima: Editorial San Marcos, 2013. 184, 193 pp. ISBN: 9786123028787

44. HIDALGO, L. Confiabilidad y validez en el contexto de la investigación. Paradigma, 2006 [Fecha de consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://schola.google.com/schola?hl=enSearch&q=intitle:Confiabilidad+Validez+en+el+Conte+Investigaci?n+y+Evaluaci?n+Cualitativa>
45. MENDOZA, J. La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de valide de contenido y confiabilidad [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2021]. Disponible en [http://www.web.facpya.uanl.mx/rev\\_in/Revistas/6.1/A2.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/6.1/A2.pdf). ISSN: 1665- 9627
46. ANDER, Ezequiel. Aprende a investigar [en línea]. Argentina: Brujas, 2016. 185 pp. [fecha consulta: 08 de junio de 2021]. Disponible en: <https://unab.edu.co/bin/koha/opa=20>. ISBN: 978-987-591-473-5
47. MONJE. Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Colombia: Guía didáctica [Fecha de consulta 11 de junio del 2021] Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/2017/01/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>



## **ANEXOS**

**Anexo 1: Matriz de operacionalización de variable independiente: Diseño de mezcla asfáltica / Adición de cal hidratada**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Metodología	
<b>Diseño de mezcla asfáltica</b>	“La finalidad de los diseños de mezcla es la obtención de asfalto en caliente con un excelente desempeño para resistir fallas como deformaciones permanentes, fatiga térmica, por cargas, y además la de proporcionar una resistencia al deslizamiento” (Acuario,2016, p.251).	El diseño de mezcla asfáltica se regirá a los parámetros de diseño Marshall ASTM D 1559 y al Manual EG-2013, para poder determinar las cantidades propicias y cumplir con los que estipula el manual y así llegar al diseño permitido y valido para ser aplicado; las que serán medidas através de sus indicadores las cuales cuentan con un ítem para cada indicador para la variable independiente diseño de mezcla asfáltica.	Parámetros de diseño de Marshall ASTM D 1559	Granulometría	1	Intervalo	<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b> Experimental	
				% Optimo de asfalto	2		<b>ENFOQUE DE LA INVESTIGACION</b> Cuantitativo	
				Peso específico gr/cm <sup>3</sup>	3		<b>TIPO DE INVESTIGACION</b> Aplicada	
				Porcentaje de vacíos	4		<b>NIVEL DE INVESTIGACION</b> Explicativo	
				Absorción de asfalto	5			
				% V.LL.C. A	6			
				V.M.A (%)	7			
				Estabilidad / flujo	8			
				Rigidez Marshall	9		<b>INSTRUMENTO</b> Equipo de laboratorio, normas técnicas y fichas recolectora de datos	
<b>Adición de cal hidratada</b>	“La cal es un conglomerante que se obtiene por medio de la calcinación de un material calizo, la cal hidratada o hidróxido de calcio es incoloro, fino y cristalino, que se obtiene en la hidratación de la cal viva (óxido de calcio), su fórmula es Ca (OH) <sub>2</sub> , y contiene cantidades pequeñas de hidróxido de magnesio, óxido de silicio, Alúmina y Óxido de hierro”. (Aguilar,2016, p.27).	La cal hidratada es un producto que reduce los índices del envejecimiento de los pavimentos, su objetivo es alterar las propiedades e incrementar su durabilidad, estabilidad para las mezclas asfálticas, para analizar la cal hidratada se tendrá en cuenta los porcentajes (1%,1.5% y 3%) que se apliquen al diseño de mezcla y evaluar el comportamiento.	Proporción de dosificación de cal hidratada	0%	10	Razón		<b>TECNICA</b> Recolección de los datos mediante observación
				1%	11			<b>POBLACION</b> 1Km Av. San Diego, 2021
				1.5%	12			<b>MUESTRA</b> Diseño y (64) briquetas para el ensayo
				3%	13		<b>MUESTREO</b> No probabilístico por conveniencia	

Fuente: Elaboración propia.

**Matriz de operacionalización de variable dependiente:** Propiedades físicas y mecánica de una mezcla asfáltica.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Metodología
<b>Propiedades físicas de la mezcla asfáltica en caliente</b>	"Una mezcla asfáltica se caracteriza por presentar cambios en su forma y estructura que se pueden dar por factores de fuerzas a los que están sometidos sin sufrir una rotura, cambios por la temperatura, el volumen de los vacíos generados" (Flores,2018, p.23)	Se analizarán las propiedades físicas que una mezcla asfáltica en caliente que puede presentar, se aplicara mediante ASTM D 1559 - Método Marshall para determinar, la relación de contenido de vacíos y la densidad de la mezcla asfáltica que pueda existir y alterar su comportamiento.	Contenido de vacíos en la mezcla asfáltica	% de vacíos	1	Intervalo	<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b> Experimental
							<b>ENFOQUE DE LA INVESTIGACION</b> Cuantitativo
			<b>TIPO DE INVESTIGACION</b> Aplicada				
			<b>NIVEL DE INVESTIGACION</b> Explicativo				
			<b>INSTRUMENTO</b> Equipo de laboratorio, normas técnicas y fichas recolectora de datos				
<b>Propiedad mecánica de la mezcla asfáltica en caliente</b>	"Las mezclas asfálticas poseen propiedades mecánicas de resistencia a deformación constante y fisuras; para tolerar esfuerzos mayores de tráfico canalizados, cargas elevadas por ejes y climas extremos" (Flores,2018, p.40).	Para determinar unas de las propiedades mecánicas en una mezcla asfáltica en caliente se dará por medio del ensayo de deformabilidad en mezclas asfálticas y resistencia a la compresion inmersión de mezclas inducidas a la humedad; para determinar la perdida de resistencia por influencia del agua en el diseño de mezcla asfáltica según el manual de ensayos MTC-E 518.	Deformabilidad	Estabilidad (kg)	3	Intervalo	<b>TECNICA</b> Recolección de datos mediante observación
				Flujo (mm)	4		
				Relación Flujo / Estabilidad (Kg/Cm)	5		
			Resistencia a la compresion - Inmersión	Resistencia a compresión (Mpa)	6	Intervalo	<b>POBLACION</b> 1 Km Av. San Diego, 2021
				Promedio resistencia a Compresión (Mpa)	7		<b>MUESTRA</b> Diseño y (64) briquetas para el ensayo
				Índice de resistencia retenida (%)	8		<b>MUESTREO</b> No probabilístico por conveniencia

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 2: Matriz de Consistencia:** Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021.

<b>Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>VARIABLE DE OPERACIONALIZACIÓN</b>		<b>Instrumento</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	
¿Conocer cómo influirá el comportamiento físico y mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021?	Determinar el comportamiento físico y mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021.	El comportamiento físico y mecánico que posee el diseño de la mezcla asfáltica en caliente mejorara al adicionar el porcentaje óptimo de cal hidratada – Av. San Diego, 2021.	Diseño de mezcla asfáltica	Parámetros de diseño de Marshall ASTM D 1559	Granulometría	Manual EG-2013 y Norma ASTM D 1559 - Método Marshall
					% Optimo de asfalto	
					Peso específico gr/cm <sup>3</sup>	
					Porcentaje de vacíos	
					Absorción de asfalto	
					% V.L.L.C. A	
					V.M.A (%)	
				Estabilidad / flujo	Balanza/recipiente	
				Rigidez Marshall		
				Proporción de dosificación de cal hidratada		0%
	1%					
	1.5%					
	3%					
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específica</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	
¿Conocer cómo influye el contenido de vacíos y la densidad para el comportamiento físico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada?	Determinar el contenido de vacíos y la densidad para el comportamiento físico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada.	El contenido de vacíos y la densidad que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento físico con la adición de cal hidratada.	Propiedad física de la mezcla asfáltica en caliente	Contenido de vacíos en la mezcla asfáltica	% de vacíos	ASTM D 1559 - Método Marshall
				Densidad en la mezcla asfáltica	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Equipo Marshall MTC E 504
¿Conocer cómo influye la deformabilidad para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada?	Determinar cuál es la deformabilidad para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada.	La deformabilidad del diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico al adicionar cal hidratada.	Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente	Deformabilidad	Estabilidad (kg)	ASTM D 1559 / AASHTO T245
					Flujo (mm)	
					Relación Flujo / Estabilidad (Kg/Cm)	Equipo Marshall
¿Conocer cómo influye la resistencia a la compresión - inmersión para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada?	Determinar la resistencia a la compresión - inmersión para el comportamiento mecánico en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de cal hidratada.	La resistencia a la compresión - inmersión que posee el diseño de mezcla asfáltica en caliente mejorara el comportamiento mecánico con la adición de cal hidratada.		Resistencia a la compresión - Inmersión	Resistencia a la compresión, Mpa	Prensa Hidráulica MTC E 518 ASTM D1075
					Promedio resistencia a Compresión, Mpa	
					Índice de resistencia retenida (%)	

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 3:** Instrumento de recolección de datos (Ficha técnica1)



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLES</b>	Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaeus

### AGREGADOS

MALLAS		DENOMINACIÓN	Piedra chancada 1/2"		Piedra chancada 3/8"		Arena chancada	
SERIE	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)
3"	76.200	MTC E-104 (2000)						
2 1/2"	63.500							
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							
N° 4	4.760							
N° 6	3.360							
N° 8	2.380							
N° 10	2.000							
N° 16	1.190							
N° 20	0.840							
N° 30	0.590							
N° 40	0.426							
N° 50	0.297							
N° 80	0.177							
N° 100	0.149							
N° 200	0.074							
- N° 200	-							

INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUCTO VARA CIP:158534
FIRMA:   Karen Paola Gutierrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 265929	FIRMA:   TUCTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534






# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLES</b>	Ramos Alzamora, Josep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaheus

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE			
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
Nº 4	4.760			
Nº 6	3.360			
Nº 8	2.380			
Nº 10	2.000			
Nº16	1.190			
Nº 20	0.840			
Nº 30	0.590			
Nº 40	0.426			
Nº 50	0.297			
Nº 80	0.177			
Nº 100	0.149			
Nº 200	0.074			
Nº 200				

INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUCTO VARA CIP:158534
FIRMA:   Karen Paola Gutierrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 265929	FIRMA:   TUCTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLE</b>	Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaeus

### GRAVEDAD ESPECIFICA

MUESTRA N°	01	02	03	04	05
Peso del frasco					
Peso del frasco + agua+ vidrio					
Diferencia del peso ( ) ( )					
Peso del frasco + muestra + agua					
Peso neto de la muestra					
Agua desplazada ( ) - ( )					
Peso específico máximo de la muestra ( ) / ( )					
CONTENIDO % C.A					

INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUCTO VARA CIP:158534
FIRMA:   Karen Paola Gutiérrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 265929	FIRMA:   TUCTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534



## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLE</b>	Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaëus

### REPORTE DE DISEÑO DE MEZCLA

DESCRIPCION	UNIDADES	CONTENIDO DE CAL HIDRATADA			
		0	1%	1.5%	3%
Contenido óptimo de asfalto (%)	-				
Peso específico bulk	gr/cm <sup>3</sup>				
Vacíos (%)	-				
Vacíos llenos de CA (%)	-				
VMA (%)	-				
Estabilidad	Kg				
Flujo	mm				
Relación estabilidad/flujo	Kg/cm				
Temperatura de mezcla	C°				

### EQUIVALENTE DE ARENA

	ENSAYO			PROMEDIO
	1	2	3	
Hora de inicio de saturación				
Hora final de saturación				
Hora de inicio de decantación				
Hora final de decantación				
a) Lectura inicial				
b) Lectura final				
Equivalente de Arena ((B/A)*100)				

INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUCTO VARA CIP:158534
  Karen Paola Gutierrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 265929	FIRMA:   TUCTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534





## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLES</b>	Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaeus

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL					
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA					
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA					
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA					
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE					
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")					
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK					
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE					
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA ( mm)					
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)					
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)					
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)					
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)					
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)					
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100					
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)					
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A)/(B-C)					
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041					
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)					
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)					
21	V.M.A. (%)					
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)					
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL					
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)					
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)					
26	FLUJO (0.01 Pulgada)					
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)					
28	FACTOR DE ESTABILIDAD					
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)					

INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUERTO VARA CIP:158534
FIRMA:   Karen Paola Gutiérrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 265929	FIRMA:   TUERTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534



## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLES</b>	Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaeus

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

	N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL						
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA						
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA						
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA						
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE						
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")						
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK						
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE						
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)						
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)						
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)						
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)						
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)						
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100						
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m <sup>3</sup> )						
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. <sup>3</sup> ) (A/(B-C))						
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041						
19	PORCENTAJE DE VACÍOS						
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. <sup>3</sup> )						
21	V.M.A.						
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.						
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL						
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)						
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO						
26	FLUJO (0.01 Pulgada)						
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)						
28	FACTOR DE ESTABILIDAD						
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)						

INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUCTO VARA CIP:158534
FIRMA:   Karen Paola Gutierrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 265929	FIRMA:   TUCTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534



## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLES</b>	Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaues

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

	N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL						
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA						
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA						
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA						
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE						
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")						
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK						
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE						
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)						
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)						
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)						
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)						
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)						
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100						
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)						
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))						
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041						
19	PORCENTAJE DE VACÍOS						
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)						
21	V.M.A.						
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.						
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL						
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)						
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO						
26	FLUJO (0.01 Pulgada)						
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)						
28	FACTOR DE ESTABILIDAD						
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)						

INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUCTO VARA CIP:158534
FIRMA:   Karen Paola Gutiérrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 265929	FIRMA:   TUCTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA TECNICA

<b>TITULO:</b>	"Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021"
<b>RESPONSABLES</b>	Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez Rubén Darío Matthaëus

### EFFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSION-COMPRESION)

Materiales	Proporción %
Piedra chancada	Grava Chancada 1/2" Grava Chancada 3/8"
Arena chancada	Arena Chancada
Filler Mineral - Cal	Cal Hidratada
Mezcla asfáltica	Procedente Diseño Marshall

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Grupo N.º 1			Grupo N.º 2		
	1	2	3	4	5	6
N.º de Espécimen						
Peso Específico de la Briqueta, g/cm <sup>3</sup>						
Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>						
Promedio de Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>						
<b>Índice de Resistencia Conservada (%)</b>						

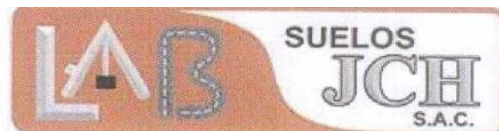
INGENIERO EXPERTO N°1	INGENIERO EXPERTO N°2	INGENIERO EXPERTO N°3
NOMBRE: KAREN PAOLA GUTIERRES CASAS CIP:248148	NOMBRE: LUIS ALBERTO RAMOS ALZAMORA CIP:265929	NOMBRE: MERYLIN TUCTO VARA CIP:158534
FIRMA:   Karen Paola Gutierrez Casas INGENIERA CIVIL Reg. CIP. 248148	FIRMA:   Luis Alberto Ramos Alzamora INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 265929	FIRMA:   TUCTO VARA MERYLIN ING. INDUSTRIAL C.I.P. N° 158534

# **REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

## Anexo 4: Reporte de ensayos de laboratorio.

**Razón Social:** Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.

**RUC:** 20602256872



### LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

### N° INFORME JCH 21 - 186 - LE.COLOCAS

SOLICITANTE : Ramos Alzamora, Josep Roy  
Zamudio Rodríguez, Rubén Dario Matthaeus

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "

FECHA DE RECEPCIÓN : 04.10.2021

MUESTRA : Agregados

IDENTIFICACIÓN : La que se indica

CANTIDAD : 100.0 Kg

PRESENTACIÓN : Saco.

FECHA ENSAYO : 07.10.2021

MALLAS		DENOMINACIÓN	Cant. Jicamarca - Piedra chancada 1/2"		Cant. Jicamarca - Piedra chancada 3/8"		Cant. Jicamarca - Arena chancada	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)				
3"	76.200	MTC E-104 (2000)						
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050				100.0			
1/2"	12.700			65.0	35.0		100.0	
3/8"	9.525			33.7	1.3	12.1	87.9	
1/4"	6.350			1.0	0.3	33	54.9	100.0
N° 4	4.760			0.3	-	43.2	11.7	3.1 96.9
N° 6	3.360					4.4	7.3	12.0 84.9
N° 8	2.380					7.2	0.1	14.1 70.8
N° 10	2.000					0.1	-	6.7 64.1
N° 16	1.190							15.6 48.5
N° 20	0.840							7.8 40.7
N° 30	0.590							6.5 34.2
N° 40	0.426							5.4 28.8
N° 50	0.297							4.9 23.9
N° 80	0.177							5.3 18.6
N° 100	0.149							2.3 16.3
N° 200	0.074						4.6 11.7	
- N° 200	-						11.7 -	

**Observaciones:**

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 04.10.2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

Lima, 06 de Octubre del 2021

LMA (1/2)  
JCH  
O.S. N°186



*José María*  
JAVIER FRANCISCO  
DE LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 21 - 186 - LE.COLOCAS

SOLICITANTE : Ramos Alzamora, Josep Roy  
 Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Mattheus  
 MUESTRA : Agregados  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica  
 PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada - Av. San Diego, 2021"  
 CANTIDAD : 100.0 Kg  
 PRESENTACIÓN : Saco.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 04.10.2021  
 FECHA ENSAYO : 07.10.2021

MEZCLA DE AGREGADOS

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE				MAC-2	
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN		
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050		100.0	100		
1/2"	12.700	16.2	83.8	80	-	100
3/8"	9.525	10.3	73.5	70	-	88
1/4"	6.350	5.2	68.3			
N° 4	4.760	8.4	59.9	51	-	68
N° 6	3.360	7.9	52.0			
N° 8	2.380	9.5	42.5			
N° 10	2.000	4.0	38.5	38	-	52
N° 16	1.190	9.4	29.1			
N° 20	0.840	4.7	24.4			
N° 30	0.590	3.9	20.5			
N° 40	0.426	3.2	17.3	17	-	28
N° 50	0.297	3.0	14.3			
N° 60	0.177	3.1	11.2	8	-	17
N° 100	0.149	1.4	9.8			
N° 200	0.074	2.8	7.0	4	-	8
- N° 200		7.0	-			

**RESUMEN DE ENSAYO**

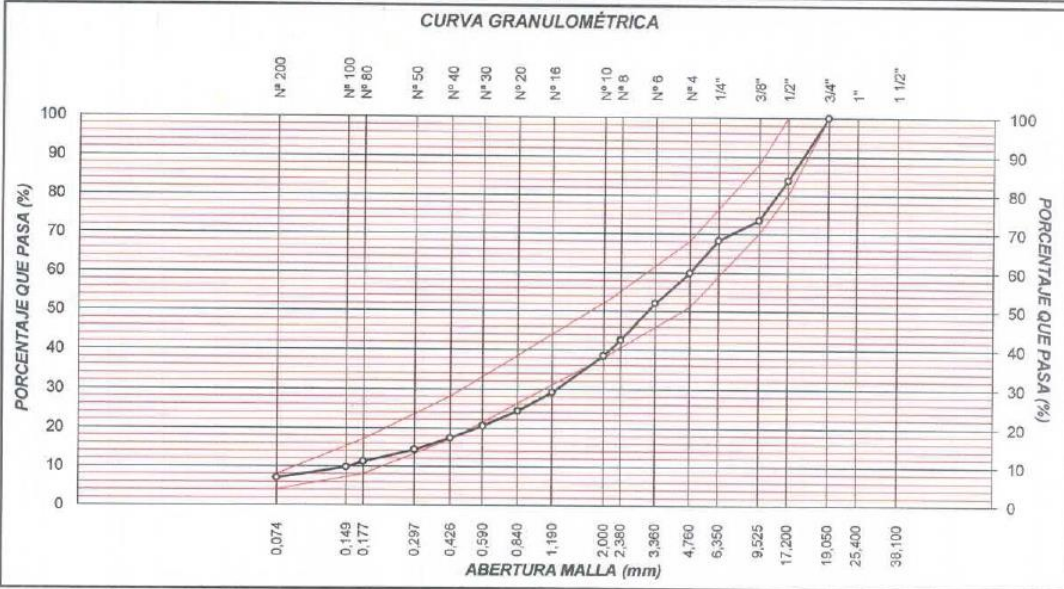
**PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS**

(1) Cant. Jicamarca - Piedra chancada 1/2" = 25%  
 (2) Cant. Jicamarca - Piedra chancada 3/8" = 15%  
 (3) Cant. Jicamarca - Arena chancada = 60%

**PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE**

- AGREGADO GRUESO = 40%  
 - AGREGADO FINO = 60%

OBSERVACIONES :  
 - Especificaciones del MTC EG-2013



**Observaciones:**

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 04.10.2021


LMA (2/2)  
 JCH  
 O.S. N°186



*Francisco M. Lo Clavijo*  
 FRANCISCO M. LO CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667





	FORMULARIO	Código : <b>C-07</b>
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : <b>1</b> Fecha : <b>-</b> Página : <b>1 de 1</b>

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

**N° INFORME** : JCH 21-186  
**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Jhosep Roy & Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Mattheaus  
**PROYECTO** : "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada - Av. San Diego, 2021"

**UBICACIÓN** : Av. San Diego  
**FECHA** : Octubre del 2021

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


Temperatura de Ensayo	23 °C			PROMEDIO
	1	2	3	
Muestra N°				
Peso mat. Sat. Superf. seca en aire (gr)	4449,5			
Peso mat. Sat. Superf. seca en agua (gr)	2820,1			
Volumen de masa + volumen de vacios (gr)	1629,4			
Peso de material seco (105°C) (gr)	4426,0			
Volumen de masa (gr)	1605,9			
Peso Bulk (base seca)	2,716			<b>2,716</b>
Peso Bulk (base saturada)	2,731			<b>2,731</b>
Peso aparente (base seca)	2,756			<b>2,756</b>
Porcentaje de absorción (%)	0,53			<b>0,53</b>

**Observaciones** :  
**Realizado** : Téc. JCh

<b>Equipos Usados</b>
Can-LA-3925
Bal-R31P30-N°3



*José María*  
**JAVIER FRANCISCO**  
**DE LA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : <b>C-07</b>
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : <b>1</b> Fecha : - Página : <b>1 de 1</b>

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

**N° INFORME** : JCH 21-186  
**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy & Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaesus  
**PROYECTO** : "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada - Av. San Diego, 2021"

**UBICACIÓN** : Av. San Diego  
**FECHA** : Octubre del 2021

**Calicata** : - **Cantera** : -  
**Muestra** : Piedra 3/8 **Progresiva** : -  
**Prof.(m)** : - **Coordenadas** : -

Temperatura de Ensayo	23 °C			PROMEDIO
	1	2	3	
Muestra N°				
Peso mat. Sat. Superf. seca en aire (gr)	2521,1			
Peso mat. Sat. Superf. seca en agua (gr)	1494,3			
Volumen de masa + volumen de vacios (gr)	1026,8			
Peso de material seco (105°C) (gr)	2496,9			
Volumen de masa (gr)	1002,6			
Peso Bulk (base seca)	2,432			<b>2,432</b>
Peso Bulk (base saturada)	2,455			<b>2,455</b>
Peso aparente (base seca)	2,490			<b>2,490</b>
Porcentaje de absorción (%)	0,97			<b>0,97</b>

**Observaciones** :  
**Realizado** : Téc. JCh

<b>Equipos Usados</b>
Can-LA-3925
Bal-R31P30-N°3



  
**JAVIER FRANCISCO**  
**LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	Código : C-08
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
**ASTM C-128 - NTP 400.022 - MTC E-205**

**Informe** : JCH 21-186  
**Solicitante** : Ramos Alzamora, Jhosep Roy & Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus  
**Proyecto** : "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada - Av. San Diego, 2021"  
**Ubicación** : Av. San Diego  
**Fecha** : Octubre del 2021

**Cantera** : - **Progresiva** : -  
**Calicata** : - **Coordenad** : -  
**Muestra** : Fino  
**Prof. (m.)** : -

Muestra N°	1	2	3
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.)	150,0		
Peso de Frasco + H2O (gr)	347,4		
Peso de Frasco + H2O + A (gr)	497,4		
Peso del mat. + H2O en el frasco (gr)	442,5		
Vol. De Masa + Vol de Vacio=C-D	54,9		
Peso del mat. Seco en estufa (gr)	148,9		
Vol. De Masa=E-(A-F)	53,8		
P.e. BULK (BASE SECA)	<b>2,712</b>		
P.e. BULK (BASE SATURADA)	<b>2,732</b>		
P.e. APARENTE (BASE SECA)	<b>2,768</b>		
% DE ABSORCIÓN	<b>0,7</b>		

*Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante*  
Ejecución : Tec. R.TR

Equipos Usados
Cono-abs-PyS106
Bal-TAJ4001-Nº1



  
**JAVIER FRANCISCO**  
**DE LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP N° 193667**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus**

**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04. **FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			5,0		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,20			38,00		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,30			57,00		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			1,010		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685			2,685		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610			2,610		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	66,5	64,1	63,7	66,8	64,2	64,5
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.188,4	1.204,4	1.205,0	1.210,8	1.213,6	1.214,2
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.196,0	1.212,0	1.213,4	1.215,6	1.216,9	1.218,6
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	687,1	691,0	689,0	700,3	702,0	694,8
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	508,9	521,0	524,4	515,3	514,9	523,8
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	7,6	7,6	8,4	4,8	3,3	4,4
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1,49	1,46	1,60	0,93	0,64	0,84
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2328	2305	2291	2343	2350	2311
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,335	2,312	2,298	2,350	2,357	2,318
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,609			2,589		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	10,5	11,4	11,9	9,2	9,0	10,5
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,639			2,639		
21	V.M.A. (%)	13,5	13,9	13,8	14,4	13,7	13,6
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	32,3	30,1	29,0	40,0	41,1	36,9
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,819			2,821		
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,5			2,5		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,2			2,7		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	10,0	11,0	11,0	13,0	13,0	14,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.100,0	1.080,0	1.180,0	1.199,0	1.384,0	1.299,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.144,0	1.123,0	1.227,0	1.247,0	1.439,0	1.351,0

LMA (124)  
 JCH  
 O.S.N°186



Lima, 06 de Octubre del 2021.

*Javier Francisco*  
**JAVIER FRANCISCO**  
**DE LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 193667

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° DE INFORME JCH 21-186

SOLICITANTE : Ramos Alzamora, Josep Roy MUESTRA : Agregados, Pen 60-70.  
 Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Mattheus  
 PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 hidratada - Av. San Diego, 2021 " CANTIDAD : 100 kg, 01 gl.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2021/10/04. PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE ENSAYO : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

	N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,50			6,00		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,80			37,60		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,70			56,40		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			1,010		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685			2,685		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610			2,610		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63,3	64,3	65,5	61,3	63,6	64,0
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.214,5	1.201,8	1.215,0	1.227,0	1.231,0	1.234,0
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.217,0	1.204,5	1.217,2	1.228,5	1.233,0	1.235,8
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	710,0	698,1	703,0	727,5	727,2	729,0
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	507,0	506,4	514,2	501,0	505,8	506,8
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	2,5	2,7	2,2	1,5	2,0	1,8
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,49	0,53	0,43	0,30	0,40	0,36
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2388	2366	2356	2442	2426	2428
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2,395	2,373	2,363	2,449	2,434	2,435
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,570			2,550		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	6,8	7,7	8,1	4,0	4,6	4,5
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2,639			2,639		
21	V.M.A.	13,2	14,0	13,4	14,8	13,3	13,3
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	52,2	48,9	47,7	69,1	65,7	66,1
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,824			2,825		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,5			2,5		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	3,1			3,6		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	16,0	15,0	15,0	17,0	16,0	17,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.500,0	1.490,0	1.425,0	1.733,0	1.650,0	1.600,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.560,0	1.550,0	1.482,0	1.802,0	1.716,0	1.664,0

LMA(204)  
 JCH  
 OSN°186



Lima, 06 de Octubre del 2021.

*José Delgado*  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**
**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy  
**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus**  
**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
cal hidratada - Av. San Diego, 2021 "  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,50					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,40					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,10					
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	62,8	65,0	65,8			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.230,0	1.231,0	1.229,7			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.231,0	1.231,8	1.230,6			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	725,2	726,0	726,8			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	505,8	505,8	503,8			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1,0	0,8	0,9			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,20	0,16	0,18			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2424	2426	2434			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2,432	2,434	2,441			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,531					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	3,9	3,8	3,6			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2,639					
21 V.M.A.	13,6	14,0	13,1			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	71,6	72,2	73,6			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,827					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,5					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	4,1					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	19,0	18,0	19,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.530,0	1.140,0	1.250,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.591,0	1.186,0	1.300,0			

LMA (3/24)  
 JCH  
 O.S. N°186



Lima, 06 de Octubre del 2021.

  
**JAVIER FRANCISCO**  
**LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Josep Roy Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaues	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
		<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/07.

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

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,9	6,1	6,3
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,425	2,435	2,440
- Vacíos, %	:	5,7	4,3	4,0
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	60,0	64,0	70,0
- V.M.A., %	:	13,8	14,0	13,6
- Estabilidad, lb (kN)	:	3710,0 (16,5)	3650,0 (16,24)	3500,0 (15,57)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	16,4 (4,1)	17,0 (4,3)	18,0 (4,5)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3858,4	
- Absorción de Asfalto, %	:		2,5	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145,0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40,0
(2) Agregado fino, % *	:	60,0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%) Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)
- Agregado fino	:	Cantera Jicamarca - Arena Chancada (60%)

**Nota :**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2021/10/04.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (4/24)  
JCH  
O.S.N°186

Lima, 06 de Octubre del 2021.



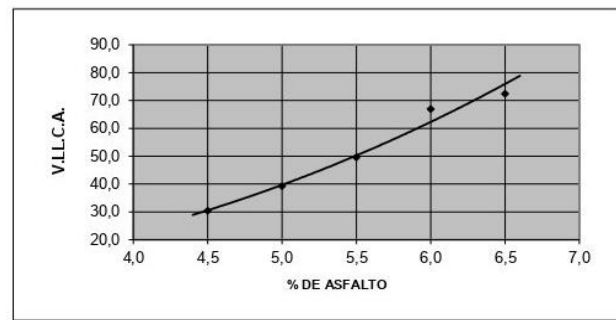
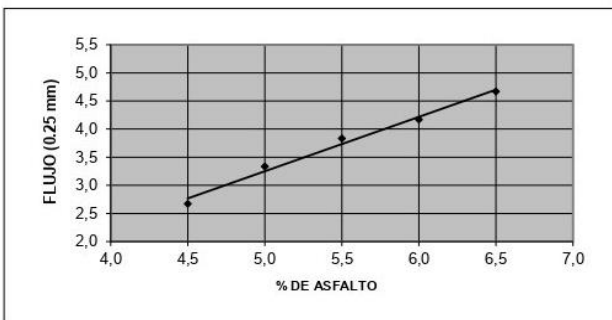
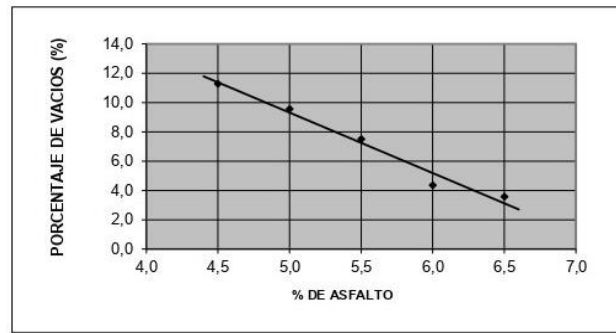
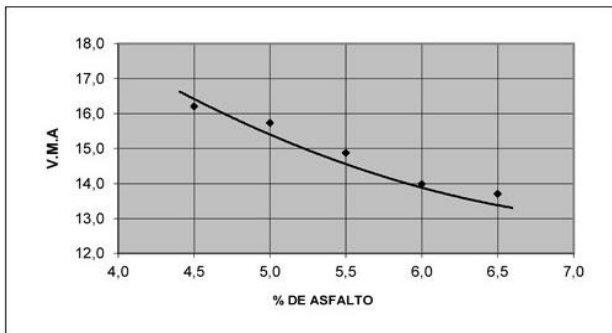
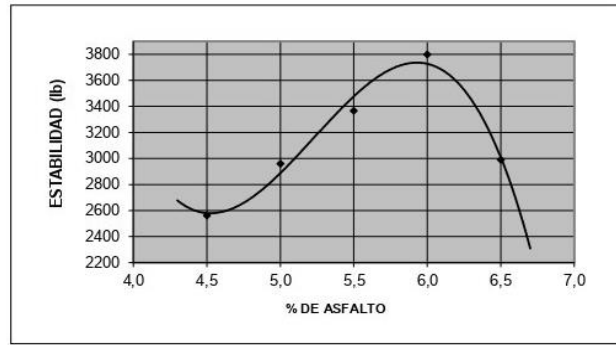
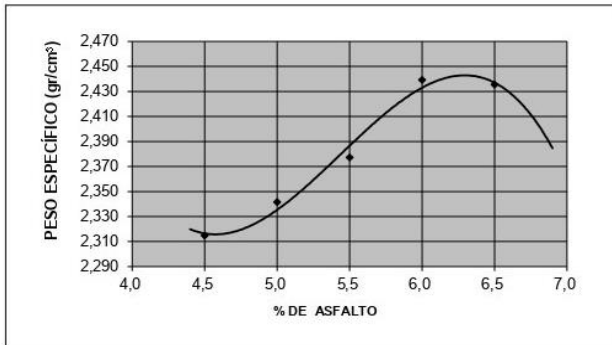
*Francisco*  
FRANCISCO  
LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b> : Ramos Alzamora, Josep Roy Zamudio Rodriguez, Rubén Darío Matthaues	<b>MUESTRA</b> : Agregados, Pen 60-70.
<b>PROYECTO</b> : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b> : La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b> : 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b> : 100 kg, 01 gl.
	<b>PRESENTACIÓN</b> : Sacos y envase metálico.
	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 2021/10/04 al 2021/10/07.

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



LMA (5/24)  
JCH  
O.S. N°B6

Lima, 06 de Octubre del 2021.



**JAVIER FRANCISCO DE LA LOZA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**
**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy  
**Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaues**  
**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico  
del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando  
cal hidratada - Av. San Diego, 2021 "

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70  
: y Filler.  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**


N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5		5,0			
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,20		38,00			
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,34		56,05			
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,96		0,95			
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010		1,010			
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685		2,685			
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610		2,610			
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,840		2,840			
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	65,1	64,4	64,0	65,8	66,5	65,3
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.208,2	1.212,4	1.214,0	1.207,4	1.205,1	1.210,2
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.212,5	1.215,5	1.217,8	1.210,0	1.209,0	1.214,0
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	702,2	703,5	701,5	707,7	705,6	709,5
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	510,3	512,0	516,3	502,3	503,4	504,5
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	4,3	3,1	3,8	2,6	3,9	3,8
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,84	0,61	0,74	0,52	0,77	0,75
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2361	2361	2344	2397	2387	2392
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,368	2,368	2,351	2,404	2,394	2,399
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,607		2,584			
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	9,2	9,2	9,8	7,0	7,4	7,2
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,642		2,642			
21 V.M.A. (%)	14,1	14,3	14,0	13,6	13,9	13,7
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	36,3	36,3	34,6	48,7	47,1	47,7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,817		2,815			
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,4		2,4			
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,2		2,8			
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	13,6	11,0	12,0	12,8	13,0	14,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.291,0	1.365,0	1.250,0	1.597,0	1.450,0	1.476,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.343,0	1.420,0	1.300,0	1.661,0	1.508,0	1.535,0

UMPER  
JCH  
C976

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*Francisco*  
**FRANCISCO**  
**IN LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b>	<b>A-11</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b>	<b>1</b>
		<b>Fecha</b>	<b>-</b>
		<b>Página</b>	<b>2 de 5</b>

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Jhosep Roy  
**Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaueus**

**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada - Av. San Diego, 2021 "

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70  
y Filler.

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

	N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,50			6,00		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,80			37,60		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55,75			55,46		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,95			0,94		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			1,010		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685			2,685		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610			2,610		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,840			2,840		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63,6	66,7	66,0	62,7	65,3	63,5
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.225,5	1.225,2	1.229,0	1.217,9	1.217,3	1.218,3
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.226,9	1.226,3	1.231,0	1.218,6	1.219,9	1.219,3
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	726,3	727,3	727,0	719,0	721,0	722,0
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	500,6	499,0	504,0	499,6	498,9	497,3
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1,4	1,1	2,0	0,7	2,6	1,0
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,28	0,22	0,40	0,14	0,52	0,20
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2441	2448	2431	2430	2433	2442
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2,448	2,455	2,438	2,438	2,440	2,450
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,564			2,545		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	4,5	4,2	4,9	4,2	4,1	3,7
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2,642			2,642		
21	V.M.A.	14,0	13,8	14,6	14,3	13,2	13,3
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	63,5	65,2	61,7	68,3	68,7	70,8
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,816			2,818		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,4			2,4		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	3,3			3,8		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	16,0	15,9	15,0	18,0	17,0	17,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.766,0	1.617,0	1.700,0	1.559,0	1.707,0	1.680,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.837,0	1.682,0	1.768,0	1.621,0	1.775,0	1.747,0

LMA(7/24)  
JCH  
OSN186



Lima, 06 de Octubre del 2021.

*Javier Francisco*  
**JAVIER FRANCISCO**  
**LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
Reg. CIP N° 193667

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b> : Ramos Alzamora, Josep Roy	<b>MUESTRA</b> : Agregados, Pen 60-70
<b>PROYECTO</b> : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b> : y Filler.
	<b>CANTIDAD</b> : La que se indica.
	<b>PRESENTACIÓN</b> : 100 kg, 01 gl.
	<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b> : 2021/10/04.
	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : Sacos y envase metálico.
	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**


N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		6,50				
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		37,40				
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		55,16				
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		0,94				
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1,010				
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2,685				
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2,610				
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		2,840				
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63,6	62,6	63,0			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.219,3	1.218,1	1.229,7			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.220,3	1.218,9	1.230,6			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	718,7	719,0	726,8			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	501,6	499,9	503,8			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1,0	0,8	0,9			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,20	0,16	0,18			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2424	2429	2434			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2,431	2,437	2,441			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2,526				
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	3,8	3,5	3,4			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)		2,642				
21 V.M.A.	13,6	14,3	14,2			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	73,1	74,3	75,2			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2,820				
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		2,4				
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO		4,2				
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	19,0	18,0	19,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.275,9	1.369,3	1.350,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.327,0	1.424,0	1.404,0			

LMA (8/24)  
JCH  
O.S.N°186



Lima, 06 de Octubre del 2021.

*José Delgado*  
JAVIER FRANCISCO  
LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b>	<b>A-11</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b>	<b>1</b>
		<b>Fecha</b>	<b>-</b>
		<b>Página</b>	<b>4 de 5</b>

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaues	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70 y Filler.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/07.

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

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,8	6,0	6,2
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,447	2,450	2,447
- Vacíos, %	:	4,7	4,0	3,7
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	65,0	70,0	72,0
- V.M.A., %	:	13,8	14,4	14,1
- Estabilidad, lb (kN)	:	3820,0 (16,99)	3800,0 (16,9)	3620,0 (16,1)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	16,4 (4,1)	17,6 (4,4)	17,9 (4,5)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3925,6	
- Absorción de Asfalto, %	:		2,4	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145,0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40,0
(2) Agregado fino, % *	:	59,0
(3) Filler mineral, % *	:	1,0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%) Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)
- Agregado fino	:	Cantera Jicamarca - Arena Chancada (59%)
- Filler:	:	Cal Hidratada (1%)

**Nota :**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2021/10/04.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (9/24)  
JCH  
O.S. N° 186

Lima, 06 de Octubre del 2021.



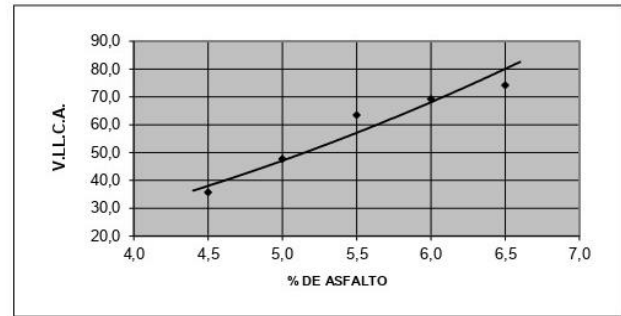
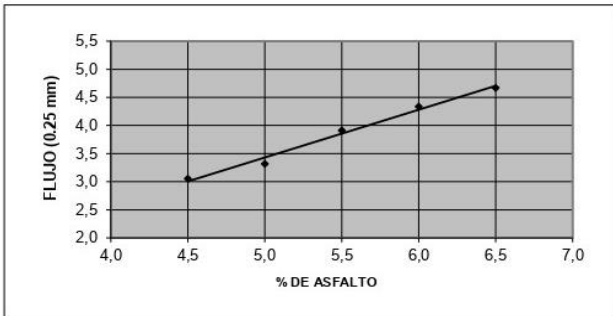
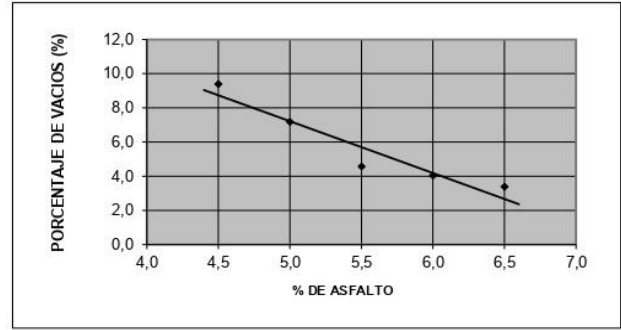
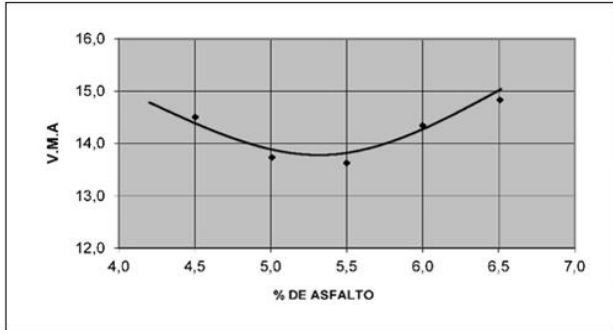
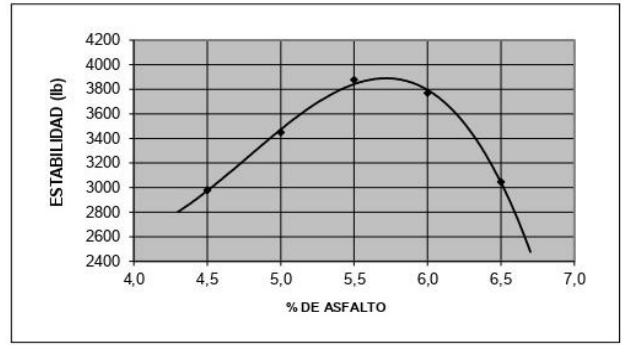
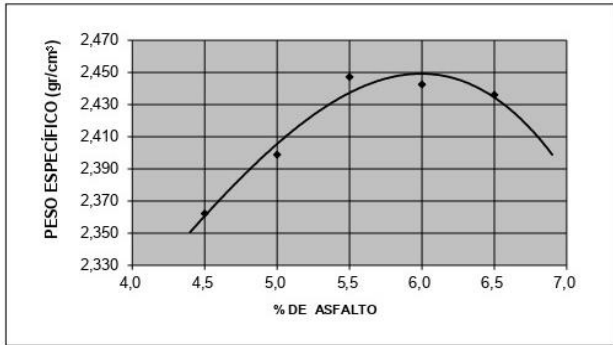
  
**JAVIER FRANCISCO**  
**LA LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP N° 193667**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Josep Roy Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaues	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70 y Filler.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/07.

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



LMA (10/24)  
JCH  
O.S. N°86

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*José María*  
JAVIER FRANCISCO  
DE LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Josep Roy	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70
	: Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus		: y Filler.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
		<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**


	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			5,0		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,20			38,00		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55,86			55,57		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1,44			1,43		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			1,010		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685			2,685		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610			2,610		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,840			2,840		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,0	65,3	64,5	64,2	65,1	65,0
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.212,7	1.212,1	1.213,2	1.211,7	1.186,9	1.201,5
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.218,0	1.217,8	1.218,3	1.213,7	1.189,5	1.203,8
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	712,3	708,2	708,2	711,9	685,8	704,0
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	505,7	509,6	510,1	501,8	503,7	499,8
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	5,3	5,7	5,1	2,0	2,6	2,3
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1,05	1,12	1,00	0,40	0,52	0,46
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2391	2371	2371	2407	2349	2397
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,398	2,379	2,378	2,415	2,356	2,404
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,607			2,589		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8,0	8,8	8,8	6,7	9,0	7,2
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,643			2,643		
21	V.M.A. (%)	13,4	14,1	14,1	13,2	15,3	13,6
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	40,2	37,9	37,8	49,0	41,2	47,4
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,817			2,821		
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,4			2,4		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,3			2,7		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	12,0	13,0	13,5	15,3	14,5	15,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.325,9	1.388,0	1.350,0	1.416,0	1.399,0	1.425,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.379,0	1.444,0	1.404,0	1.473,0	1.455,0	1.482,0

LMA (1024)  
JCH  
OS. N° 86

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*Francisco*  
FRANCISCO  
DE LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b>	<b>A-11</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b>	<b>1</b>
		<b>Fecha</b>	<b>-</b>
		<b>Página</b>	<b>2 de 5</b>

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy  
**Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus**

**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70  
y Filler.

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**


N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,50			6,00		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,80			37,60		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55,28			54,99		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1,42			1,41		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			1,010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685			2,685		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610			2,610		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,840			2,840		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,0	63,6	64,2	66,8	64,0	65,7
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.210,3	1.219,6	1.215,0	1.232,2	1.228,1	1.230,2
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.213,5	1.221,0	1.218,1	1.234,2	1.230,0	1.232,1
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	712,7	718,6	714,2	728,3	727,2	725,0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	500,8	502,4	503,9	505,9	502,8	507,1
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	3,2	1,4	3,1	2,0	1,9	1,9
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,64	0,28	0,62	0,40	0,38	0,37
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2409	2420	2404	2428	2435	2419
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2,417	2,428	2,411	2,436	2,443	2,426
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,569			2,549		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	5,9	5,5	6,1	4,5	4,2	4,8
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2,643			2,643		
21 V.M.A.	13,6	13,2	13,8	13,4	13,1	13,7
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	56,4	58,3	55,5	66,8	68,1	64,7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,823			2,824		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,4			2,4		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	3,2			3,7		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	15,8	16,0	15,9	18,5	19,0	18,2
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.504,0	1.450,0	1.605,3	1.605,3	1.600,0	1.599,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.564,0	1.508,0	1.670,0	1.670,0	1.664,0	1.663,0

LMA (2/24)  
JCH  
O.S.N°86



Lima, 06 de Octubre del 2021.

*Javier Francisco*  
**JAVIER FRANCISCO**  
**H. LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b> A-11
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b> 1 <b>Fecha</b> - <b>Página</b> 2 de 5

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b> : Ramos Alzamora, Josep Roy	<b>MUESTRA</b> : Agregados, Pen 60-70
<b>PROYECTO</b> : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b> : La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b> : 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b> : 100 kg, 01 gl.
	<b>PRESENTACIÓN</b> : Sacos y envase metálico.
	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1	% DE C. A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			6,50		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			37,40		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			54,69		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			1,41		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1,010		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2,685		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2,610		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			2,840		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)			63,9	63,9	64,3
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)			1.227,8	1.226,6	1.229,7
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)			1.228,3	1.227,4	1.230,6
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)			724,0	723,0	726,0
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)			504,3	504,4	504,6
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)			0,5	0,8	0,9
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100			0,10	0,16	0,18
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)			2427	2425	2430
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))			2,435	2,432	2,437
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041			2,528		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS			3,7	3,8	3,6
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)			2,643		
21	V.M.A.			13,9	14,0	13,8
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.			73,5	72,8	73,9
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL			2,823		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)			2,4		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO			4,2		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)			20,6	21,0	21,5
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)			1.370,0	1.492,4	1.388,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD			1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)			1.425,0	1.552,0	1.444,0

LMA (13/24)  
JCH  
O.S. N°B6



Lima, 06 de Octubre del 2021.

*Javier Francisco*  
JAVIER FRANCISCO  
DE LA LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667



**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Mattheaus	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70 y Filler.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/07.

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

**Características de la Mezcla :**

- Nº de golpes por cara	:	75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,9	6,1 6,3
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,434	2,438 2,435
- Vacíos, %	:	4,8	4,2 4,0
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	62,0	64,0 70,0
- V.M.A., %	:	13,7	13,7 13,8
- Estabilidad, lb (kN)	:	3620,0 (16,1)	3600,0 (16,01) 3520,0 (15,66)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	17,8 (4,5)	18,7 (4,7) 19,4 (4,9)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3481,6
- Absorción de Asfalto, %	:		2,4
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145,0

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40,0
(2) Agregado fino, % *	:	58,5
(3) Filler mineral, % *	:	1,5

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%) Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)
- Agregado fino	:	Cantera Jicamarca - Arena Chancada (58.5%)
- Filler:	:	Cal Hidratada (1.5%)

**Nota :**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. Nº 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2021/10/04.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (14/24)  
JCH  
O.S. N°186

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*Javier Francisco*  
JAVIER FRANCISCO  
M. LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

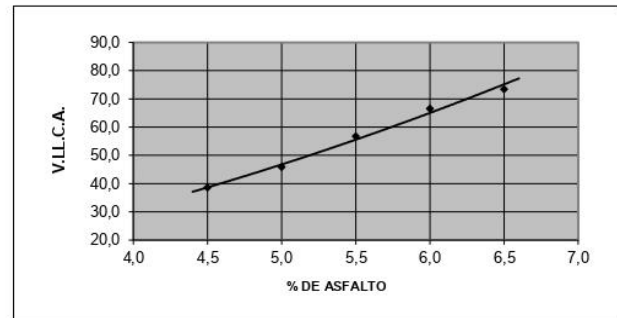
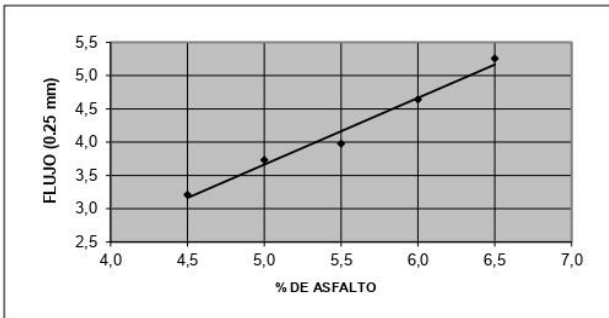
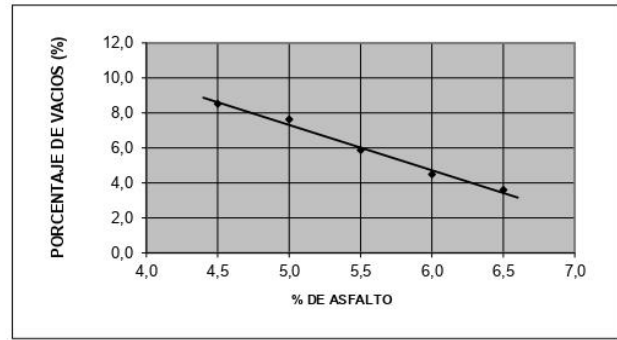
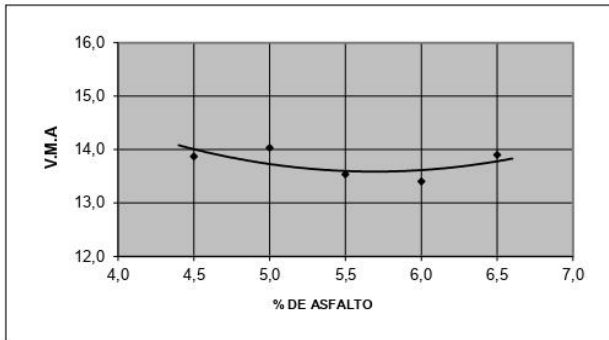
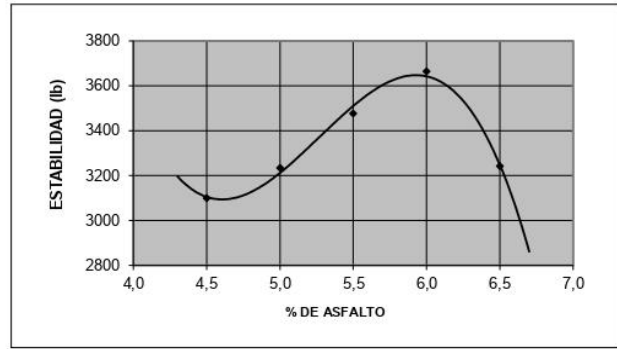
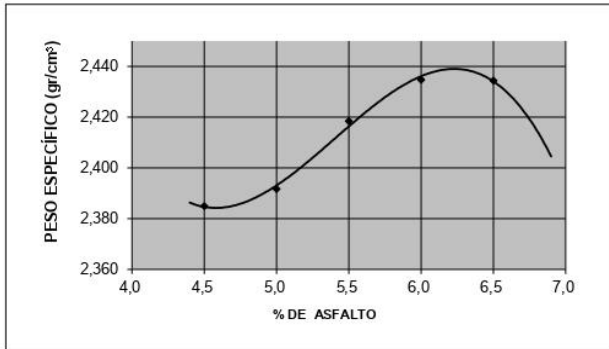
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° DE INFORME JCH 21-186

<b>SOLICITANTE</b> : Ramos Alzamora, Josep Roy	<b>MUESTRA</b> : Agregados, Pen 60-70 y Filler.
<b>PROYECTO</b> : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN CANTIDAD</b> : La que se indica. 100 kg, 01 gl.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b> : 2021/10/04.	<b>PRESENTACIÓN</b> : Sacos y envase metálico.
	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 2021/10/04 al 2021/10/07.

MTC E-504 (2000)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL




LMA (E/24)  
JCH  
O.S. N°B6

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*José María*  
JAVIER FRANCISCO  
DE LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b>	<b>A-11</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b>	<b>1</b>
		<b>Fecha</b>	<b>-</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 5</b>

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy  
**Zamudio Rodriguez, Rubén Darío Matthaues**  
**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70  
y Filler.  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		4,5			5,0	
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		38,20			38,00	
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		54,43			54,15	
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		2,87			2,85	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1,010			1,010	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2,685			2,685	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2,610			2,610	
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		2,840			2,840	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,9	63,9	64,0	63,5	64,3	64,5
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.210,6	1.212,2	1.212,8	1.219,4	1.203,0	1.211,5
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.214,6	1.215,8	1.217,1	1.221,7	1.206,2	1.214,7
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	709,7	714,5	711,0	720,0	715,0	712,9
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	504,9	501,3	506,1	501,7	491,2	501,8
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	4,0	3,6	4,3	2,3	3,2	3,2
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,79	0,72	0,85	0,46	0,65	0,64
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2391	2411	2389	2423	2442	2407
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,398	2,418	2,396	2,431	2,449	2,414
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2,603			2,583	
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	7,9	7,1	7,9	5,9	5,2	6,5
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)		2,646			2,646	
21	V.M.A. (%)	13,5	12,7	13,5	12,7	12,1	13,3
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	41,6	44,1	41,2	53,5	57,2	50,9
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2,812			2,814	
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		2,3			2,3	
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		2,4			2,8	
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	15,0	14,0	13,0	16,0	15,5	15,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.318,0	1.455,0	1.300,0	1.550,0	1.352,0	1.450,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.371,0	1.513,0	1.352,0	1.612,0	1.406,0	1.508,0

LIMA (1624)  
JCH  
O.S. 1786

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*Javier Francisco*  
**JAVIER FRANCISCO**  
**DE LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
Reg. CIP N° 193667

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**
**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy  
**Zamudio Rodríguez, Rubén Dario Mattheus**  
**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70  
 y Filler.  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,50			6,00		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,80			37,60		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	53,86			53,58		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	2,84			2,82		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			1,010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685			2,685		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610			2,610		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,840			2,840		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63,9	64,4	65,1	62,6	63,7	64,2
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.219,1	1.215,4	1.215,6	1.216,9	1.220,3	1.221,3
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.220,5	1.217,0	1.217,9	1.217,6	1.221,0	1.222,1
PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	718,8	714,4	716,0	724,0	722,3	725,0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	501,7	502,6	501,9	493,6	498,7	497,1
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1,4	1,6	2,3	0,7	0,7	0,8
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,28	0,32	0,46	0,14	0,14	0,16
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2423	2411	2415	2458	2440	2449
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,430	2,418	2,422	2,465	2,447	2,457
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,561			2,541		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	5,1	5,6	5,4	3,0	3,7	3,3
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,646			2,646		
21 V.M.A.	13,2	13,6	13,5	12,4	13,1	12,7
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	61,2	59,0	59,8	76,0	71,8	73,9
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,812			2,813		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,3			2,3		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	3,4			3,9		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	17,0	16,0	18,0	21,0	20,0	20,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.541,0	1.450,0	1.570,0	1.750,0	1.700,0	1.695,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.603,0	1.508,0	1.633,0	1.820,0	1.768,0	1.763,0

LMA (17/24)  
 JCH  
 O.S.N°86

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*Javier Francisco*  
 JAVIER FRANCISCO  
 DE LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**
**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70  
 Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaues : y Filler.  
**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 " **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04. **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/07.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**


N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C. A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,50					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,40					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	53,29					
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	2,81					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,685					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,610					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,840					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63,6	63,0	64,0			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.228,3	1.223,6	1.226,5			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.228,9	1.224,0	1.227,4			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	722,0	721,0	723,8			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	506,9	503,0	503,6			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0,6	0,4	0,9			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,12	0,08	0,18			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2416	2425	2428			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,423	2,433	2,435			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,521					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	3,9	3,5	3,4			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,646					
21 V.M.A.	14,4	14,0	13,9			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	73,1	74,9	75,6			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,814					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,3					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	4,4					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	26,0	25,0	24,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.368,2	1.368,5	1.455,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.423,0	1.423,0	1.513,0			

LMA (B/24)  
 JCH  
 O.S.N°86

Lima, 06 de Octubre del 2021.



  
 JAVIER FRANCISCO  
 DE LA LOZA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	Código formulario	A-11
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	4 de 5

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Josep Roy Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70 y Filler.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/07.

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

**Características de la Mezcla :**

- Nº de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,7	5,9	6,1
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,443	2,446	2,444
- Vacíos, %	:	4,7	4,1	3,9
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	62,0	68,0	71,0
- V.M.A., %	:	13,0	13,2	13,3
- Estabilidad, lb (kN)	:	3700,0 (16,46)	3820,0 (16,99)	3800,0 (16,9)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	18,7 (4,7)	20,5 (5,1)	21,6 (5,4)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3404,6	
- Absorción de Asfalto, %	:		2,3	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145,0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40,0
(2) Agregado fino, % *	:	57,0
(3) Filler mineral, % *	:	3,0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%) Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)
- Agregado fino	:	Cantera Jicamarca - Arena Chancada (57%)
- Filler:	:	Cal Hidratada (3.0%)

**Nota :**

(\* ) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2021/10/04.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (19/24)  
JCH  
O.S. N°86

Lima, 06 de Octubre del 2021.

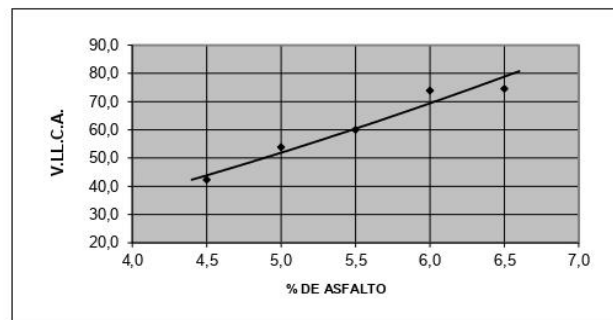
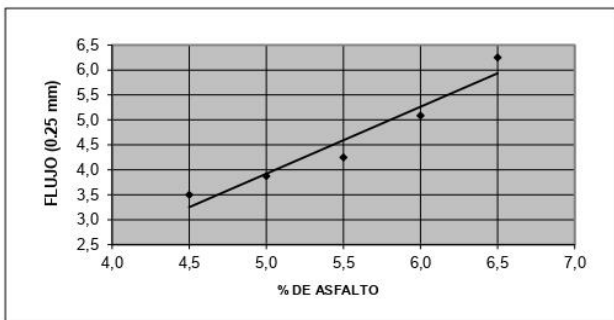
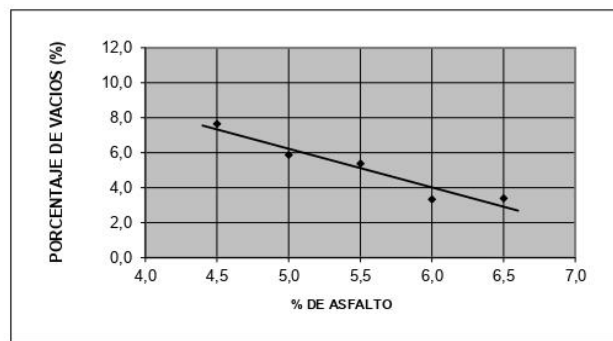
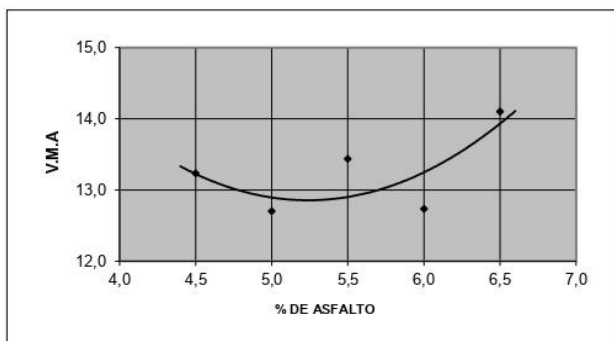
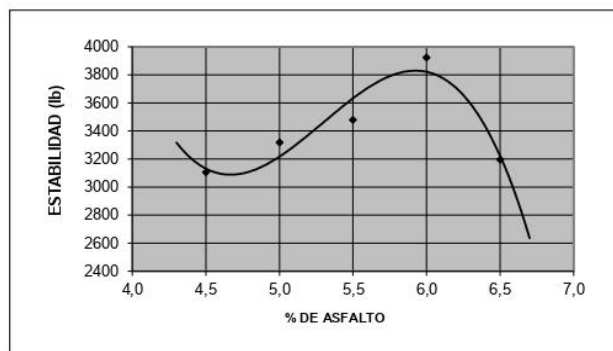
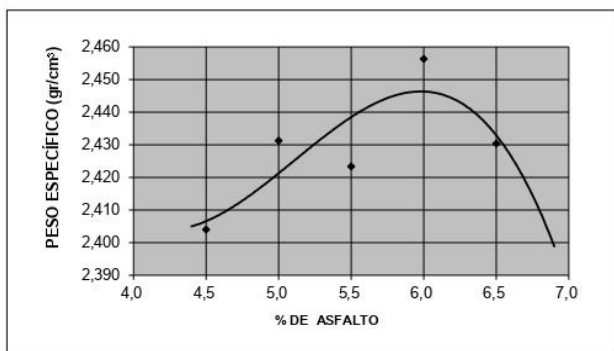


  
**JAVIER FRANCISCO**  
**LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP N° 193667**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b> : Ramos Alzamora, Jhosep Roy <b>PROYECTO</b> : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 " <b>FECHA DE RECEPCIÓN</b> : 2021/10/04.	<b>MUESTRA</b> : Agregados, Pen 60-70 y Filler. <b>IDENTIFICACIÓN</b> : La que se indica. <b>CANTIDAD</b> : 100 kg, 01 gl. <b>PRESENTACIÓN</b> : Sacos y envase metálico. <b>FECHA DE ENSAYO</b> : 2021/10/04 al 2021/10/07.
--	--

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




LMA (20/24)  
 JCH  
 O.S. N°186

Lima, 06 de Octubre del 2021.



*Javier Francisco*  
 JAVIER FRANCISCO  
 CALLOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b> ---
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b> 1
		<b>Fecha</b> -
		<b>Página</b> 1 de 1

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Jhosep Roy  
**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus**

**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
hidratada – Av. San Diego, 2021 "  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04. **FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/13.

**MTC 518 - 2000\* EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSION-COMPRESION) - Procedimiento N° 2.**

Piedra chancada : Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%)  
Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)

Arena chancada : Cantera Jicamarca - Arena Chancada (60.0%)

Mezcla asfáltica : 6.1%, Procedente de Diseño Marshall

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Grupo N° 1			Grupo N° 2		
	1	2	3	4	5	6
N° de Especimen						
Peso Especifico de la Briqueta, g/cm <sup>3</sup>	2,421	2,433	2,436	2,424	2,421	2,439
Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	47,11	45,28	45,15	34,17	33,12	34,16
Promedio de Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	45,85			33,82		

**Resistencia Retenida (%) : 73.8**

**Procedimiento de acondicionamiento de especímenes:**

Los especímenes se elaboraron con la información del Ensayo Marshall.

- Grupo N° 1: Especímenes colocados en estufa regulada a 25° ± 1°C por 24 hrs y luego sumergidos por 2 hrs en baño de agua a 25° ± 1°C.
- Grupo N° 2: Especímenes sumergidos en baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas, luego por 2 horas a temperatura ambiente y finalmente sumergidos por 2 horas en baño de agua a 25° ± 1°C.

**Observaciones:**

- (\*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2<sup>da</sup> edición aprobada con R.D. N° 028-2001-MTC/15,17 del 16/01/2001,
- Muestras de agregados, Cal y cemento asfáltico, proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 04/10/2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.


Lima, 13 de Octubre del 2021.

LMA (1/4)  
jch/jch.  
O.S. N° 186



  
**JAVIER FRANCISCO**  
**LOA CLAVIJO**  
**INGENIERO CIVIL**  
Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b> ---
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b> 1
		<b>Fecha</b> -
		<b>Página</b> 1 de 1

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Jhosep Roy Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70. y Filler.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACION</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/13.

**MTC 518 - 2000\* EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSION-COMPRESION) - Procedimiento N° 2.**

Piedra chancada	:	Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%) Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)
Arena chancada	:	Cantera Jicamarca - Arena Chancada (59%)
Filler Mineral - Cal	:	Cal Hidratada (1%)
Mezcla asfáltica	:	6.0%, Procedente de Diseño Marshall

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Grupo N° 1			Grupo N° 2		
	1	2	3	4	5	6
N° de Especimen						
Peso Especifico de la Briqueta, g/cm <sup>3</sup>	2,451	2,454	2,441	2,447	2,456	2,459
Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	53,20	53,51	52,62	41,31	44,41	44,26
Promedio de Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	53,11			43,32		

**Resistencia Retenida (%) : 81.5**

**Procedimiento de acondicionamiento de especímenes:**

Los especímenes se elaboraron con la información del Ensayo Marshall.

- Grupo N° 1: Especímenes colocados en estufa regulada a 25° ± 1°C por 24 hrs y luego sumergidos por 2 hrs en baño de agua a 25° ± 1°C.
- Grupo N° 2: Especímenes sumergidos en baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas, luego por 2 horas a temperatura ambiente y finalmente sumergidos por 2 horas en baño de agua a 25° ± 1°C.

**Observaciones:**

- (\*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2<sup>a</sup> edición aprobada con R.D. N° 028-2001-MTC/15,17 del 16/01/2001,
- Muestras de agregados, Cal y cemento asfáltico, proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 04/10/2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

Lima, 13 de Octubre del 2021.

LMA (2/4)  
jch/jch.  
O.S. N°186



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



<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b> ---
<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b> 1
	<b>Fecha</b> -
	<b>Página</b> 1 de 1

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

**SOLICITANTE** : Ramos Alzamora, Josep Roy  
Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus

**PROYECTO** : Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del  
diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal  
hidratada - Av. San Diego, 2021 "

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021/10/04.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
y Filler.

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2021/10/04 al 2021/10/13.

**MTC 518 - 2000\* EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSION-COMPRESION) - Procedimiento N° 2.**

Piedra chancada : Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%)  
Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)

Arena chancada : Cantera Jicamarca - Arena Chancada (58.5%)

Filler Mineral - Cal : Cal Hidratada (1.5%)

Mezcla asfáltica : 6.1%, Procedente de Diseño Marshall

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Grupo N° 1			Grupo N° 2		
	1	2	3	4	5	6
N° de Especimen						
Peso Especifico de la Briqueta, g/cm <sup>3</sup>	2,440	2,431	2,433	2,436	2,434	2,439
Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	51,92	50,55	50,87	41,62	41,43	40,31
Promedio de Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	51,11			41,12		

**Índice de Resistencia Conservada (%) : 80.4**

**Procedimiento de acondicionamiento de especímenes:**

Los especímenes se elaboraron con la información del Ensayo Marshall.

- Grupo N° 1: Especímenes colocados en estufa regulada a 25° ± 1°C por 24 hrs y luego sumergidos por 2 hrs en baño de agua a 25° ± 1°C.
- Grupo N° 2: Especímenes sumergidos en baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas, luego por 2 horas a temperatura ambiente y finalmente sumergidos por 2 horas en baño de agua a 25° ± 1°C.

**Observaciones:**


- (\*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2ª edición aprobada con R.D. N° 028-2001-MTC/15,17 del 16/01/2001,
- Muestras de agregados, Cal y cemento asfáltico, proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 04/10/2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

Lima, 13 de Octubre del 2021.

LMA (3/4)  
jch/jch.  
O.S. N° 186



*Francisco*  
FRANCISCO  
LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667

	<b>FORMULARIO</b>	<b>Código formulario</b> ---
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	<b>Revisión</b> 1
		<b>Fecha</b> -
		<b>Página</b> 1 de 1

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**N° DE INFORME JCH 21-186**

<b>SOLICITANTE</b>	: Ramos Alzamora, Josep Roy Zamudio Rodríguez, Rubén Darío Matthaeus	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70. y Filler.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada – Av. San Diego, 2021 "	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021/10/04.	<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2021/10/04 al 2021/10/13.

**MTC 518 - 2000\* EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSION-COMPRESION) - Procedimiento N° 2.**

Piedra chancada	:	Cantera Jicamarca - Grava Chancada 1/2" (25%) Cantera Jicamarca - Grava Chancada 3/8" (15%)
Arena chancada	:	Cantera Jicamarca - Arena Chancada (57.0%)
Filler Mineral - Cal	:	Cal Hidratada (3.0%)
Mezcla asfáltica	:	5.9%, Procedente de Diseño Marshall

ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA	Grupo N° 1			Grupo N° 2		
	1	2	3	4	5	6
N° de Especimen						
Peso Especifico de la Briqueta, g/cm <sup>3</sup>	2,450	2,442	2,445	2,434	2,448	2,440
Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	50,26	48,15	49,01	40,63	38,24	39,41
Promedio de Resistencia a la Compresión, kgf/cm <sup>2</sup>	49,14			39,42		

**Índice de Resistencia Conservada (%) : 80.2**

**Procedimiento de acondicionamiento de especímenes:**

Los especímenes se elaboraron con la información del Ensayo Marshall.

- Grupo N° 1: Especímenes colocados en estufa regulada a 25° ± 1°C por 24 hrs y luego sumergidos por 2 hrs en baño de agua a 25° ± 1°C.
- Grupo N° 2: Especímenes sumergidos en baño de agua a 60° ± 1°C por 24 horas, luego por 2 horas a temperatura ambiente y finalmente sumergidos por 2 horas en baño de agua a 25° ± 1°C.

**Observaciones:**

- (\*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2<sup>da</sup> edición aprobada con R.D. N° 028-2001-MTC/15,17 del 16/01/2001,
- Muestras de agregados, Cal y cemento asfáltico, proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 04/10/2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

Lima, 13 de Octubre del 2021.

LMA (4/4)  
jch/jch.  
O.S. N° 186



  
 AV. FRANCISCO  
 DE LOS CLAVIJOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667

**CERTIFICADOS DE CALIBRACION DEL  
LABORATORIO**

## Anexo 5: Certificados de Calibración de instrumentos.

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

## **PUNTO DE PRECISION S.A.C.**

### Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Sector 1, Grupo 10, Mz M Lote 23, distrito Villa El Salvador, provincia Lima, departamento Lima.

Con base en la norma

### **NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración\***

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 09 de abril de 2019

Fecha de Vencimiento: 08 de abril de 2022



Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA Alejandra  
FAU 20600283015 soft  
Fecha: 2021-05-19 02:12:56  
Motivo: Soy el Autor del Documento

**ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRÍA**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 223-2019/INACAL/DA  
Contrato N° : 006-2019/INACAL-DA  
Registro N° : LC - 033

Fecha de emisión: 17 de mayo de 2021

*\*La acreditación con la NTP-ISO/IEC 17025:2017, inicia a partir del 06 de mayo de 2021, según Cédula de Notificación N° 211-2021-INACAL/DA.*

*El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gov.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gov.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.*

*La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).*



Punto de Precisión SAC

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

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 279 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 226-2021  
Fecha de emisión : 2021-06-11

**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  
Código de Identificación : SPE-004

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

Marca de indicador : HUMBOLDT  
Modelo de Indicador : 5030  
Serie de Indicador : NO INDICA

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA  
10 - JUNIO - 2021

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

**5. Trazabilidad**

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

**6. Condiciones Ambientales**

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,0	20,4
Humedad %	79	80


**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 - 279 - 2021

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	502,40	500,80	-0,48	-0,16	501,60	-0,32	0,32
1000	1002,30	1001,60	-0,23	-0,16	1001,95	-0,19	0,07
1500	1501,90	1501,10	-0,13	-0,07	1501,50	-0,10	0,05
2000	2005,35	2006,40	-0,27	-0,32	2005,88	-0,29	-0,05
2500	2502,90	2501,60	-0,12	-0,06	2502,25	-0,09	0,05
3000	3002,10	3002,00	-0,07	-0,07	3002,05	-0,07	0,00
3500	3501,40	3502,55	-0,04	-0,07	3501,98	-0,06	-0,03
4000	4002,25	4002,85	-0,06	-0,07	4002,55	-0,06	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,9999x - 2,2084$

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

GRÁFICO N° 1

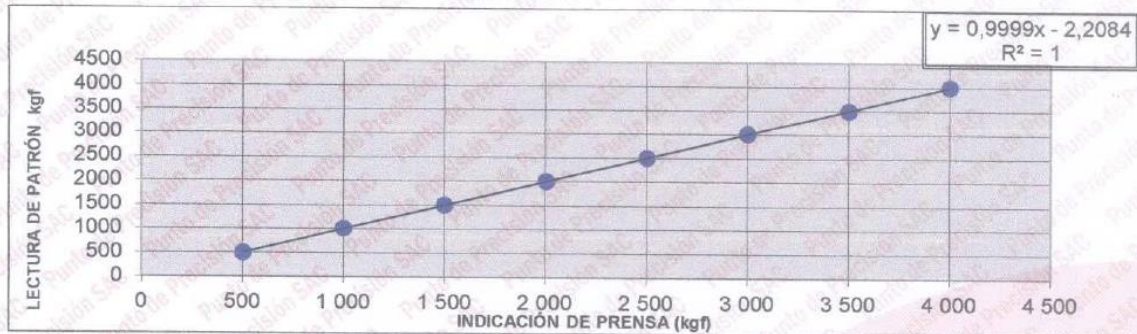
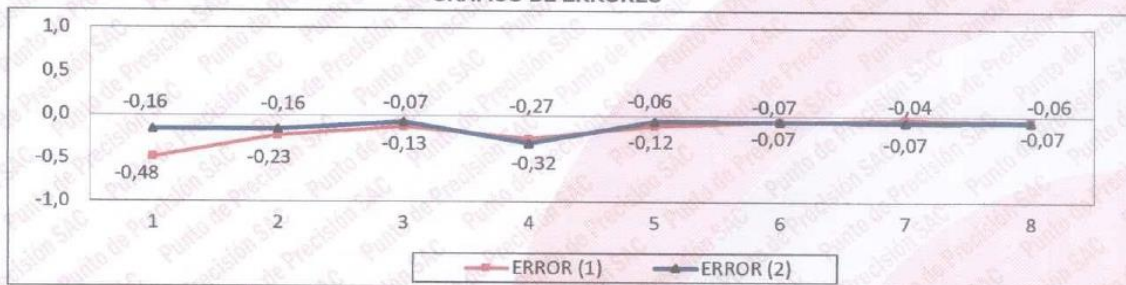


GRÁFICO DE ERRORES



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-343-2021**

Página: 1 de 3

Expediente : T 226-2021  
Fecha de Emisión : 2021-06-10

**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** : 6 200 g

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

**División de Escala Real (d)** : 0,1 g

**Procedencia** : CHINA

**Identificación** : BAL-005

**Tipo** : ELECTRÓNICA

**Ubicación** : LABORATORIO

**Fecha de Calibración** : 2021-06-10

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 realizarán 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**

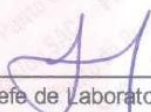
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**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



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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-343-2021

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	20,0	20,0
Humedad Relativa	80,2	80,2

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	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	M-0527-2020

7. Observaciones

(\*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 6 200,0 g  
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 6 200,7 g para una carga de 6 200,0 g  
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.  
 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 Metroológica 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

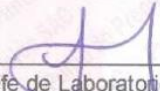
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	20,0			20,0		
	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	0,01	-0,06	6 200,1	0,09	0,05
2	3 099,9	0,05	-0,10	6 200,1	0,05	0,09
3	3 099,9	0,04	-0,09	6 200,1	0,07	0,07
4	3 099,9	0,02	-0,07	6 200,1	0,06	0,08
5	3 100,0	0,09	-0,04	6 200,1	0,08	0,06
6	3 099,9	0,03	-0,08	6 200,2	0,09	0,15
7	3 099,9	0,01	-0,06	6 200,2	0,05	0,19
8	3 099,9	0,04	-0,09	6 200,1	0,07	0,07
9	3 100,0	0,02	0,03	6 200,1	0,05	0,09
10	3 100,0	0,08	-0,03	6 200,2	0,09	0,15
Diferencia Máxima	0,13			0,14		
Error máximo permitido	± 0,3 g			± 0,3 g		



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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-439-2021**

Página: 1 de 3

Expediente : T 331-2021  
Fecha de Emisión : 2021-08-17

**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** : **4 000 g**

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

**División de Escala Real ( d )** : **0,1 g**

**Procedencia** : **CHINA**

**Identificación** : **BAL-001**

**Tipo** : **ELECTRÓNICA**

**Ubicación** : **LABORATORIO**

**Fecha de Calibración** : **2021-08-16**

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**

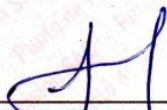
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**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



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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-439-2021

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	19,2	19,8
Humedad Relativa	78,3	79,2

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	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021

7. Observaciones

(\*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 4 000,0 g  
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 3 999,0 g para una carga de 4 000,0 g  
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.  
 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

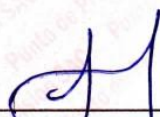
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

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	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,01
2	2 000,1	0,06	0,09	4 000,0	0,09	-0,04
3	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,06	-0,01
4	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,0	0,08	-0,03
5	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,07	-0,02
6	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,06	-0,01
7	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,09	-0,04
8	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,08	-0,03
9	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,0	0,07	-0,02
10	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,01
Diferencia Máxima			0,13	0,03		
Error máximo permitido ±			0,3 g	± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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




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.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0097-004-21**

		 				
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>						
NOMBRE:	LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.					
DIRECCIÓN:	AV. PRÓCEROS DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO					
TELÉFONO:	976 331 849 / 01 6935014					
PERSONA(S) DE CONTACTO:	JEAN CARLOS CHÁVEZ RODRÍGUEZ					
<b>IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN</b>						
ÍTEM:	PIE DE REY	MODO DE LECTURA:	ANALÓGICO			
MARCA:	INSIZE	UNIDAD DE MEDIDA:	mm			
MODELO:	1205-300S	DIVISIÓN DE ESCALA:	0,05			
SERIE:	0106160508	INTERVALO DE MEDIDA:	(0 a 300) mm			
CÓDIGO:	EML-002	UBICACIÓN:	ÁREA STANDARD			
<b>EQUIPAMIENTO UTILIZADO</b>						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	VENCE CAL.
EL.PT.316	BLOQUE PATRÓN DE CERÁMICA 50MM	MITUTOYO	613675	130611	2020-07-30	2023-07-30
EL.PT.317	BLOQUE PATRÓN DE CERÁMICA 75MM	MITUTOYO	613801	130140	2020-07-30	2023-07-30
EL.PT.318	BLOQUE PATRÓN DE 100 MM	MITUTOYO	613681	130468	2020-07-30	2023-07-30
EL.PT.314	BLOQUE PATRÓN DE CERÁMICA	MITUTOYO	613802	130006	2020-08-01	2023-08-01
EL.PT.315	BLOQUE PATRÓN DE CERÁMICA 150MM	MITUTOYO	613803026	130004	2020-08-01	2023-08-01
ELP.PT.035	REGLA	MITUTOYO	182-125	ELP.PT.035	2020-09-23	2021-09-23
ELP.PT.015	TERMÓMETRO DIGITAL	CENTER	309	171000560	2020-08-25	2021-08-25
ELP.PT.059	BARÓMETRO	CONTROL COMPANY	6530	181821642	2020-11-05	2021-11-05
ELP.PT.038	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	140701832	2020-08-25	2021-08-25
<b>DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA</b>						
Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del INACAL (Instituto Nacional de la Calidad - Perú) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).						
<b>CALIBRACIÓN</b>						
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA CON BLOQUES PATRÓN LONGITUDINALES (BPL)					
DOCUMENTO DE REFERENCIA:	CEM DI-008:2013 (EDICIÓN DIGITAL 1)	TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:	20,0 °C ±0,1 °C			
PROCEDIMIENTO:	PEC.ELP.22	HUMEDAD RELATIVA MEDIA:	57,2 %HR ±0,3 %HR			
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LABORATORIO 2 - ELICROM	PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA:	1005 hPa ±0 hPa			
<b>RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN</b>						
Nominal	Lectura Ítem	Lectura Patrón	Error de Medición	Incertidumbre	Factor de Cobertura (k)	
mm	mm	mm	mm	mm		
<b>BOCAS PARA MEDIDAS DE EXTERIORES</b>						
0	0,000	0,000	0,000	0,041	2,00	
50	50,000	50,000	0,000	0,041	2,00	
100	100,000	100,000	0,000	0,041	2,00	
150	150,000	150,000	0,000	0,041	2,00	
200	200,000	200,000	0,000	0,041	2,00	
250	250,000	250,000	0,000	0,041	2,00	
300	300,000	300,000	0,000	0,041	2,00	
<b>BOCAS PARA MEDIDAS DE INTERIORES</b>						
100	100,000	100,000	0,000	0,041	2,00	
250	250,000	250,000	0,000	0,041	2,00	
<b>SONDA DE PROFUNDIDAD</b>						
100	100,050	100,000	0,050	0,041	2,00	
250	250,100	250,000	0,100	0,041	2,00	
<b>OBSERVACIONES</b>						
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura <b>k</b> , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.						
<b>NOTAS:</b>						
- En cada punto de calibración se ha realizado 2 medidas repetidas y se muestra el promedio de ellas. Adicionalmente se ha elegido dos puntos al azar y se ha realizado en ellos 10 medidas repetidas para determinar la repetibilidad.						
- La lectura del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).						
CALIBRACIÓN REALIZADA POR:	Fidel Pinaud					
FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM:	2021-02-03	FECHA DE EMISIÓN:	2021-02-05			
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2021-02-04					



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electrónicamente por:

Gerente general - Autorización PE270319SP



Sustento legal de firma electrónica

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**041-CT-T-2021**

**Área de Metrología**

Página 1 de 7

**Expediente** : 038-A-01-2021

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

**Dirección** : Av. Próceces de la Independencia Nro. 2236 Apv. San Hilarion Lima - San Juan de Lurigancho -Lima - Perú

**Equipo/ Instrumento** : HORNO

**Marca** : A&A INSTRUMENTS

**Modelo** : STHX-2A

**Serie** : 190546

**Identificación** : HOR-002 (\*)

**Ubicación** : Área de Químicos

**Procedencia** : No indica

**Tipo de Ventilación** : Natural

**Nro. de Niveles** : 4

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 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 equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

### Especificaciones de los instrumentos del equipo

Descripción	TERMOMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	AutComp / TCD
Alcance de indicación	50 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica

**Fecha de calibración** : Del 2021-02-09 al 2021-02-10

**Lugar:** : Área de Químicos - LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.  
Av. Próceces de la Independencia Nro. 2236 Apv. San Hilarion Lima - San Juan de Lurigancho -Lima - Perú

**Método utilizado:** : Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018-"Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2009.



2021-02-16

Fecha de emisión

*Angel G. Alvarez Navarro*  
Angel G. Alvarez Navarro  
Jefe de Metrología

*Mirian A. Velasco Navarro*  
Mirian A. Velasco Navarro  
Gerente General

Cód. de Servicio: 00781-A

Cód. FT-T-03 Rev. 01

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura °C	31,5	32,8
Humedad Relativa %hr	44	40

**Patrones de referencia:**

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
Patrones de Referencia CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.	Termómetro Multicanal digital con doce termopares Tipo K con incertidumbres del orden desde 0,10 °C hasta 0,16 °C .	184-CT-T-2020
Patrones de Referencia a METROIL	Termohigrómetro Digital con incertidumbre de U = 0,3 °C / 3,3 %hr	T-1911-2020
Patrones de Referencia a METROIL	Cronómetro Digital con exactitud 0,0012 % y incertidumbres de U = 0,003 s a 0,03 s	T's-0100-2020
Patrones de Referencia METROIL	Cinta Métrica Clase II de 0 m a 5m con resolución de 1 mm y con incertidumbre de U = 0,9 mm	L-0130-2020
Patrones de Referencia a UNIMETRO	Multímetro Digital SANWA CD711	CE-110-2020

**Observaciones:**

- (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 00781-A y la fecha de calibración.
- Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerado, luego del tiempo de estabilización.
- Las lecturas se iniciaron luego de un tiempo de pre-calentamiento / enfriamiento y estabilización de 2 h
- La calibración se realizó con 60% de la carga típica .
- El tipo de carga que se empleó fueron bandejas con muestra
- El esquema de distribución y posición de los termopares en los puntos de medición se muestra en la página 7
- Las Temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90)
- Para la temperatura de trabajo 60 °C ± 5 °C**  
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha , el medio isoterma **CUMPLE** con los límites especificados de temperatura .  
Se programó el controlador de temperatura en 60 °C para la temperatura de trabajo  
El promedio de temperatura durante la medición fue 60,97 °C  
La máxima temperatura detectada fue 63,99 °C y la mínima temperatura detectada fue 57,57 °C
- Para la temperatura de trabajo 110 °C ± 5 °C**  
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha , el medio isoterma **CUMPLE** con los límites especificados de temperatura .  
Se programó el controlador de temperatura en 110 °C para la temperatura de trabajo  
El promedio de temperatura durante la medición fue 110,16 °C  
La máxima temperatura detectada fue 114,54 °C y la mínima temperatura detectada fue 106,43 °C



Cód. de Servicio: 00781-A

Cód. FT-T-03 Rev. 01

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**Resultados de medición:**

**Temperatura de Calibración: 60 °C ± 5 °C**

Tiempo (min)	Term. Del equipo (°C)	Indicaciones corregidas de los sensores expresados en (°C)										T. prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	60,0	61,09	61,63	60,47	60,03	61,36	59,12	63,12	61,62	59,07	60,88	60,84	4,05
02	60,0	60,94	61,33	60,26	59,78	61,06	58,47	62,52	61,27	58,67	59,68	60,40	4,05
04	60,0	60,68	61,08	60,11	59,63	60,96	58,27	61,97	60,87	58,32	59,13	60,10	3,70
06	60,0	60,63	61,08	60,11	59,58	61,21	59,77	61,92	60,67	58,37	59,78	60,31	3,55
08	60,0	60,88	61,48	60,62	59,88	61,81	62,37	62,32	60,97	59,07	61,74	61,11	3,30
10	60,0	61,14	61,98	60,92	60,18	62,11	62,42	63,07	61,37	58,72	63,29	61,62	3,56
12	60,0	61,44	62,18	61,12	60,38	62,26	61,97	63,67	61,92	60,08	63,99	61,90	3,91
14	60,0	61,44	62,18	61,02	60,43	62,11	60,92	63,87	62,12	59,98	63,29	61,73	3,89
16	60,0	61,29	62,03	60,82	60,28	61,71	59,92	63,67	61,87	59,62	62,24	61,34	4,04
18	60,0	61,19	61,73	60,62	60,18	61,46	59,02	63,17	61,77	59,17	61,04	60,93	4,15
20	60,0	60,94	61,38	60,26	59,83	61,01	58,52	62,47	61,37	58,77	59,78	60,43	3,95
22	60,0	60,68	61,08	60,06	59,63	60,90	58,52	62,02	60,97	58,37	58,98	60,12	3,65
24	60,0	60,68	61,13	60,16	59,68	61,21	59,32	61,87	60,82	58,52	59,58	60,30	3,35
26	60,0	60,88	61,38	60,57	59,88	61,81	60,87	62,27	60,97	58,92	61,34	60,89	3,35
28	60,0	61,14	61,88	60,97	60,23	62,16	62,67	62,97	61,42	59,62	63,24	61,63	3,61
30	60,0	61,39	62,23	61,17	60,43	62,36	62,92	63,62	61,97	60,13	63,89	62,01	3,76
32	60,0	61,44	62,28	61,07	60,43	62,16	61,32	63,87	62,07	60,08	63,54	61,82	3,79
34	60,0	61,39	62,08	60,92	60,38	61,81	60,27	63,72	61,97	59,87	62,44	61,48	3,84
36	60,0	61,24	61,78	60,67	60,18	61,51	59,27	63,32	61,82	59,37	61,29	61,04	4,05
38	60,0	61,09	61,48	60,42	59,88	61,16	58,62	62,62	61,42	58,87	60,08	60,56	4,00
40	60,0	60,83	61,18	60,16	59,68	61,01	57,57	62,07	61,02	58,52	59,23	60,13	4,50
42	60,0	60,73	61,13	60,16	59,63	61,16	59,02	61,92	60,82	58,52	59,48	60,26	3,40
44	60,0	60,88	61,33	60,52	59,78	61,76	60,77	62,17	60,92	58,92	61,04	60,81	3,25
46	60,0	61,14	61,78	60,92	60,13	62,21	61,92	62,87	61,32	59,67	62,84	61,48	3,19
48	60,0	61,39	62,18	61,12	60,38	62,26	61,67	63,47	61,87	60,03	63,74	61,81	3,71
50	60,0	61,49	62,23	61,12	60,43	62,06	61,47	63,72	62,12	59,93	63,24	61,78	3,79
52	60,0	61,29	61,98	60,87	60,28	61,76	60,37	63,62	61,97	59,67	62,19	61,40	3,94
54	60,0	61,19	61,68	60,62	60,08	61,41	59,22	63,22	61,77	59,27	60,93	60,94	4,00
56	60,0	61,09	61,48	60,42	59,93	61,16	58,87	62,67	61,52	58,92	59,88	60,59	3,80
58	60,0	60,83	61,18	60,16	59,68	60,96	58,12	62,02	61,07	58,47	58,98	60,15	3,90
60	60,0	60,68	61,08	60,16	59,68	61,06	58,92	61,82	60,87	58,42	59,23	60,19	3,40
T. PROM	60,0	61,07	61,63	60,60	60,02	61,58	60,08	62,82	61,44	59,19	61,29	60,97	
T. MAX	60,0	61,49	62,28	61,17	60,43	62,36	62,92	63,87	62,12	60,13	63,99		
T. MIN	60,0	60,63	61,08	60,06	59,58	60,90	57,57	61,82	60,67	58,32	58,98		
DTT	0,0	0,86	1,20	1,11	0,85	1,46	5,35	2,05	1,45	1,81	5,01		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	63,99	0,25
Mínima Temperatura Medida	57,57	0,61
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5,35	0,04
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,63	0,22
Estabilidad Medida (±)	2,675	0,020
Uniformidad Medida	4,50	0,53

- T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T.prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
- T.MAX: Temperatura máxima.
- T.MIN: Temperatura mínima.
- DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre de las indicaciones del termómetro propio del medio isoterma. 0,06 °C.

Cód. de Servicio: 00781-A

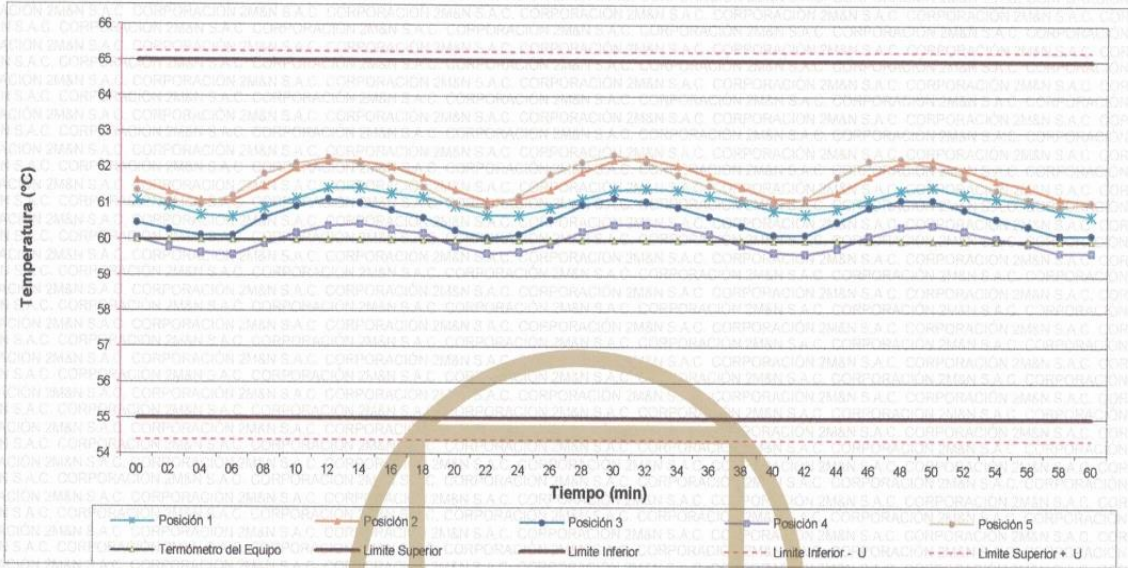
Cód. FT-T-03 Rev. 01

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**

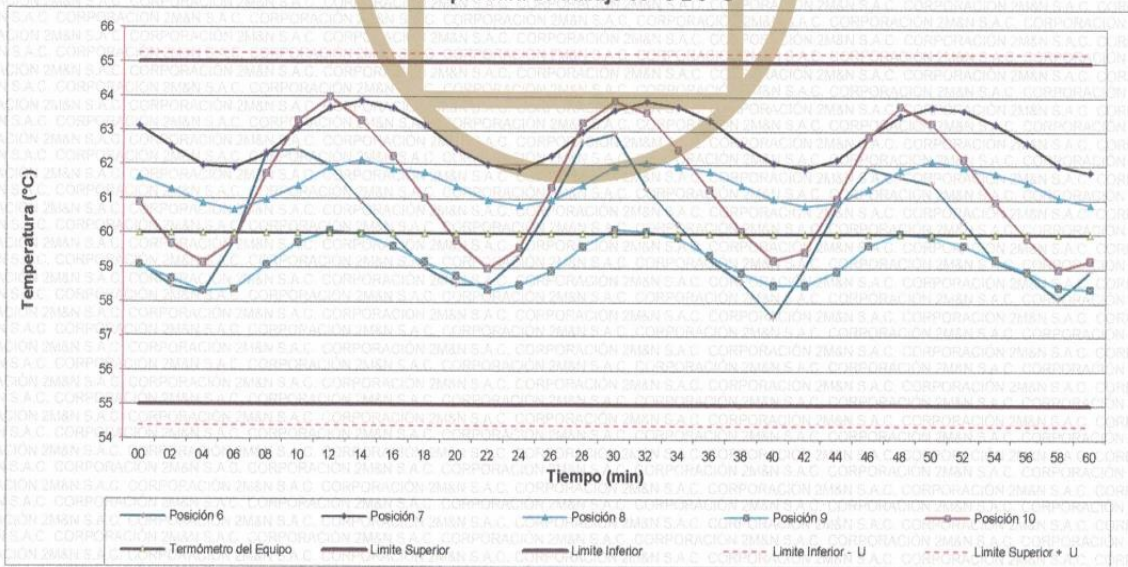
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

**Distribución de la temperatura en volumen interno del equipo  
Temperatura de trabajo 60 °C ± 5 °C**



**Distribución de la temperatura en volumen interno del equipo  
Temperatura de trabajo 60 °C ± 5 °C**



Cód. de Servicio: 00781-A

Cód. FT-T-03 Rev. 01

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.**

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: [www.2myn.com](http://www.2myn.com) | Correos: [ventas@2myn.com](mailto:ventas@2myn.com) | [metrologia@2myn.com](mailto:metrologia@2myn.com)



**CORPORACIÓN  
2M & N S.A.C.**

*Especialistas en Metrología*

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 024**



Registro N°LC - 024

Certificado de calibración 041-CT-T-2021

Página 5 de 7

Resultados de medición:

Temperatura de Calibración: 110 °C ± 5 °C

Tiempo (min)	Term. Del equipo (°C)	Indicaciones corregidas de los sensores expresados en (°C)										T. prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	107,82	110,11	107,97	106,73	109,01	110,00	113,07	107,97	106,78	111,26	109,07	6,33
02	110,0	107,57	109,86	107,82	106,54	109,16	110,64	112,53	107,63	106,43	111,70	108,99	6,09
04	110,0	107,53	109,33	107,62	106,44	109,60	113,20	112,43	107,48	106,58	112,97	109,32	6,76
06	110,0	108,21	109,52	108,51	106,98	110,83	113,24	113,07	107,77	107,07	113,70	109,89	6,72
08	110,0	109,24	110,65	110,12	107,97	112,25	113,54	114,05	108,26	108,06	113,55	110,77	6,08
10	110,0	110,16	111,67	110,71	108,75	112,69	113,64	114,15	108,90	108,89	113,45	111,30	5,39
12	110,0	110,51	111,97	110,51	108,90	112,44	113,44	114,54	109,24	109,09	113,26	111,39	5,64
14	110,0	110,31	111,67	109,78	108,80	111,66	113,10	114,34	109,19	108,79	113,16	111,08	5,55
16	110,0	109,58	110,89	108,85	108,06	110,63	111,52	114,29	108,80	108,11	113,11	110,39	6,23
18	110,0	108,75	110,26	108,41	107,38	109,70	110,59	114,20	108,46	107,42	111,65	109,68	6,82
20	110,0	108,11	109,96	108,02	106,93	109,40	110,34	113,26	108,07	106,88	111,35	109,23	6,39
22	110,0	107,92	109,52	108,02	106,73	109,60	111,18	112,77	107,77	106,63	111,79	109,19	6,14
24	110,0	108,06	109,42	108,11	106,88	110,33	113,69	112,97	107,92	106,88	113,50	109,78	6,81
26	110,0	108,70	110,16	109,34	107,38	111,46	113,59	113,56	108,07	107,52	113,60	110,34	6,23
28	110,0	109,58	110,89	110,17	108,21	112,40	113,44	113,95	108,66	108,40	113,99	110,97	5,78
30	110,0	110,21	111,53	110,37	108,75	112,49	113,20	114,44	109,05	108,94	113,60	111,26	5,69
32	110,0	110,36	111,77	110,02	108,85	111,95	113,05	114,10	109,15	108,79	113,55	111,16	5,30
34	110,0	109,87	111,18	109,24	108,36	111,17	112,11	113,85	108,85	108,35	113,06	110,61	5,50
36	110,0	109,09	110,50	108,60	107,77	109,94	110,84	113,61	108,66	107,71	112,28	109,90	5,89
38	110,0	108,26	110,26	108,21	107,08	109,40	110,29	113,61	108,21	107,02	111,45	109,38	6,58
40	110,0	107,82	110,26	107,97	106,78	109,30	110,54	112,92	107,87	106,63	111,50	109,16	6,29
42	110,0	107,82	109,96	108,07	106,73	109,70	111,72	112,57	107,63	106,53	112,14	109,29	6,04
44	110,0	107,97	109,86	108,31	106,83	110,19	113,34	112,82	107,68	106,73	113,21	109,69	6,62
46	110,0	108,45	110,21	109,24	107,23	111,17	113,64	113,36	108,02	107,27	113,65	110,22	6,42
48	110,0	109,38	110,84	110,12	107,92	111,90	114,03	114,25	108,46	108,06	113,75	110,87	6,33
50	110,0	109,87	111,23	110,22	108,51	112,20	113,69	114,34	108,80	108,55	113,55	111,10	5,84
52	110,0	110,11	111,72	110,02	108,56	111,95	112,85	114,39	109,15	108,65	113,55	111,10	5,83
54	110,0	109,82	111,28	109,34	108,36	111,32	112,65	114,29	108,85	108,35	113,26	110,75	5,94
56	110,0	109,19	110,60	108,85	107,92	110,43	111,33	114,29	108,61	107,76	112,72	110,17	6,53
58	110,0	108,45	110,99	108,36	107,42	109,94	110,74	113,90	108,21	107,22	112,04	109,73	6,68
60	110,0	107,82	111,33	107,97	106,98	109,35	110,39	113,11	107,92	106,83	111,65	109,34	6,29
T. PROM	110,0	108,92	110,63	109,00	107,64	110,76	112,24	113,65	108,36	107,64	112,81	110,16	
T. MAX	110,0	110,51	111,97	110,71	108,90	112,69	114,03	114,54	109,24	109,09	113,99		
T. MIN	110,0	107,53	109,33	107,62	106,44	109,01	110,00	112,43	107,48	106,43	111,26		
DTT	0,0	2,98	2,64	3,09	2,46	3,68	4,03	2,11	1,76	2,66	2,73		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,54	0,40
Mínima Temperatura Medida	106,43	0,34
Desviación de Temperatura en el Tiempo	4,03	0,04
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,01	0,23
Estabilidad Medida (±)	2,015	0,02
Uniformidad Medida	6,82	0,25

- T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T.prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
- T.MAX: Temperatura máxima.
- T.MIN: Temperatura mínima.
- DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre de las indicaciones del termómetro propio del medio isoterma. 0,06 °C.

Cód. de Servicio: 00781-A

Cód. FT-T-03 Rev. 01

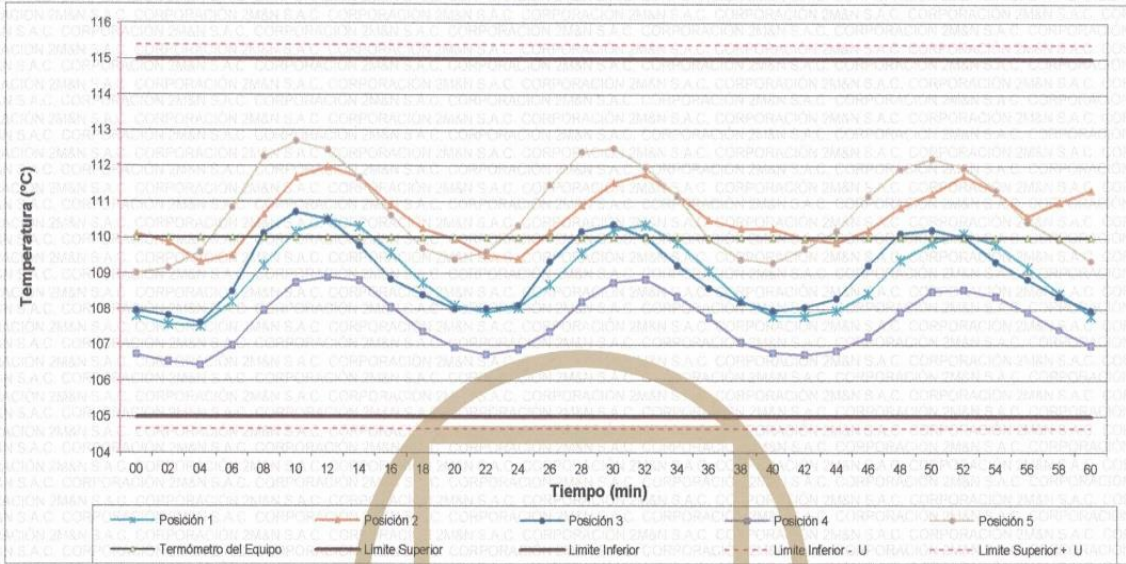
**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

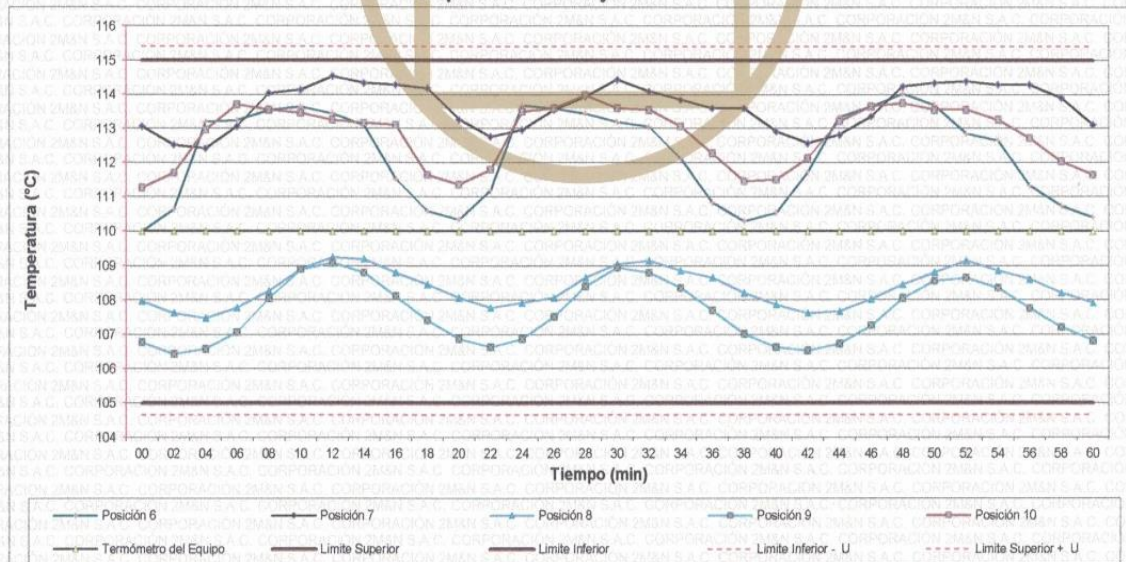
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

Certificado de calibración 041-CT-T-2021  
Página 6 de 7

**Distribución de la temperatura en volumen interno del equipo  
Temperatura de trabajo 110 °C ± 5 °C**



**Distribución de la temperatura en volumen interno del equipo  
Temperatura de trabajo 110 °C ± 5 °C**



Cód. de Servicio: 00781-A

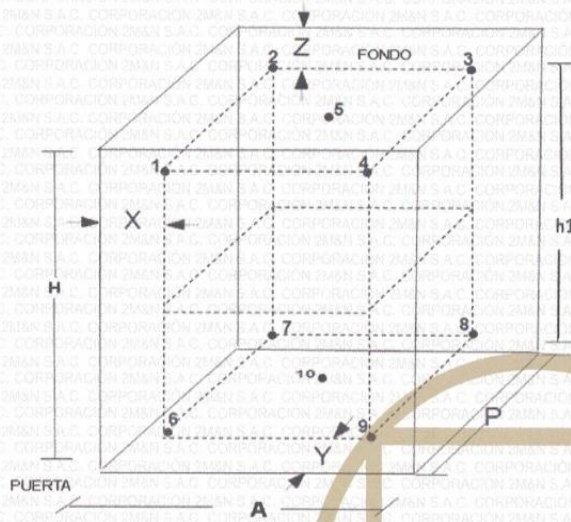
Cód. FT-T-03 Rev. 01

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: [www.2myn.com](http://www.2myn.com) | Correos: [ventas@2myn.com](mailto:ventas@2myn.com) | [metrologia@2myn.com](mailto:metrologia@2myn.com)

**Distribución de los sensores en el volumen interno del equipo**



**Dimensiones internas de la cámara**

A= 50,0 cm  
P= 50,0 cm  
H= 56,0 cm

**Ubicación de los sensores**

X= 5,0 cm  
Y= 5,0 cm  
Z= 7,0 cm

**Distancias entre planos**

h1= 39 cm

**Ubicación de parrillas durante la calibración:**

Distancia de parrilla superior desde la base interna: 42,0 cm por encima de la base.  
Distancia de parrilla inferior desde la base interna: 11,5 cm por encima de la base.

**NOTA**

- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 7,0 cm por encima de la parrilla superior.
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.

**Fotografía del Interior del Equipo**



**FIN DEL DOCUMENTO**

**EVIDENCIA FOTOGRAFICA DEL DISEÑO Y  
ENSAYOS REALIZADOS**

## Anexo 6: Panel Fotográfico

Procedimientos iniciales y elaboración del diseño de mezcla asfáltica / Estabilidad Flujo/ inmersión – compresion.



Fotografía 1: Cuarteo del árido y preparación de los tamices para el ensayo.



Fotografía 2: Ensayo de equivalente de arena.





**Fotografía 3:** Procesamiento del agregado, cal hidratada, cuantificación del cemento asfáltico y proceso de mezclado.



**Fotografía 4:** Ensamble del molde de compactación (4") 101.6 mm con una altura aprox. de (3") 76.2 mm.



Fotografía 5: Temperatura, Mezclado y compactación con el martillo.



Fotografía 6: Elaboración de 40 briquetas Marshall con los diferentes porcentajes de cal hidratada.



**Fotografía 7:** Baño de agua en el recipiente a unos  $60 \pm 1$  °C antes de ser ensayado en el aparato Marshall.



**Fotografía 8:** Secado de la briqueta; colocación en la mordaza o cabezal Marshall para determinar la estabilidad y la fluencia.



Fotografía 9: Ensayo de rotura para estabilidad y flujo para las briquetas en cada porcentaje.



**Fotografía 10:** Ensayo de rotura para estabilidad y flujo para las briquetas en cada porcentaje.

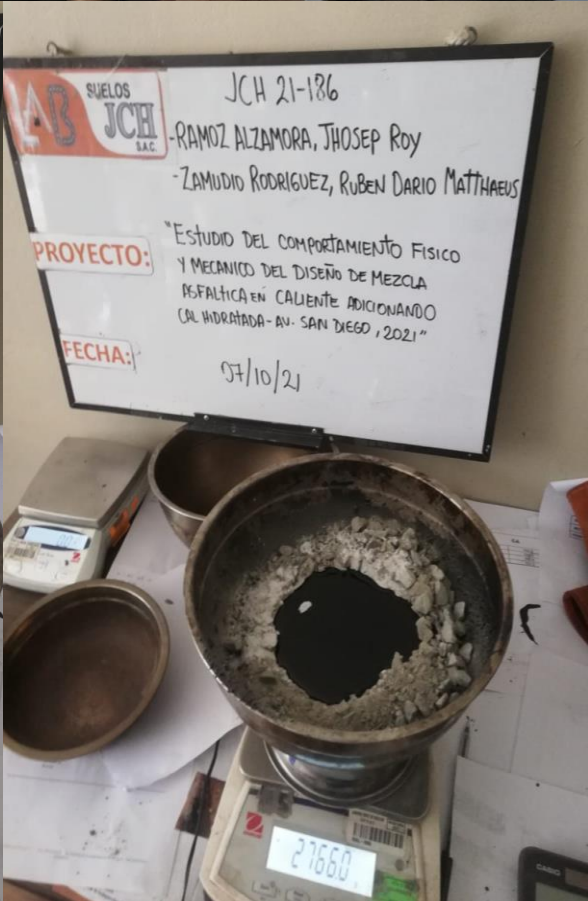
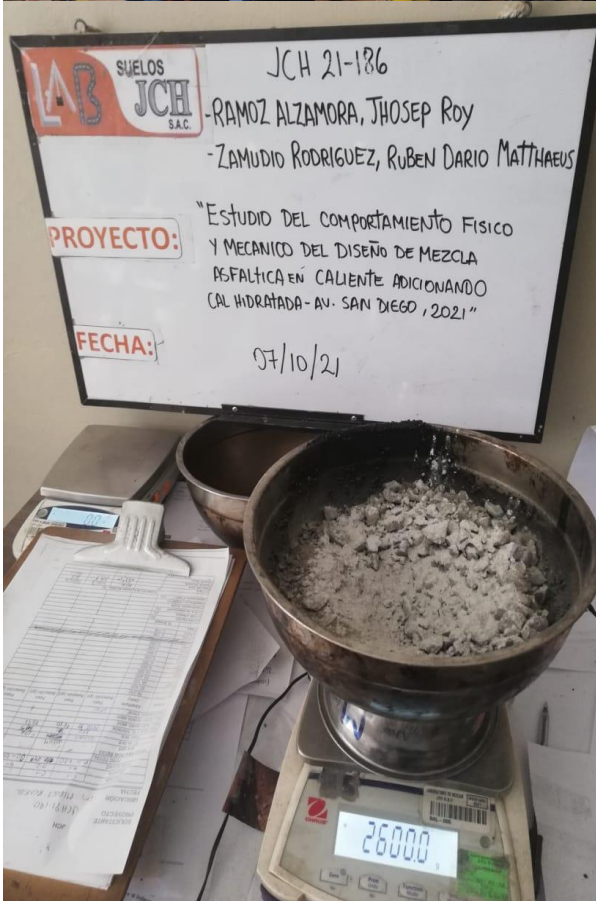




Fotografía 11: Ensayo de rotura para estabilidad y flujo en cada porcentaje de cal hidratada.



Fotografía 12: Presentación del total del diseño de mezcla asfáltica en 0%; 1%; 1.5% y 3%.



Fotografía 13: Diseño de los especímenes para Inmersión - Compresion.



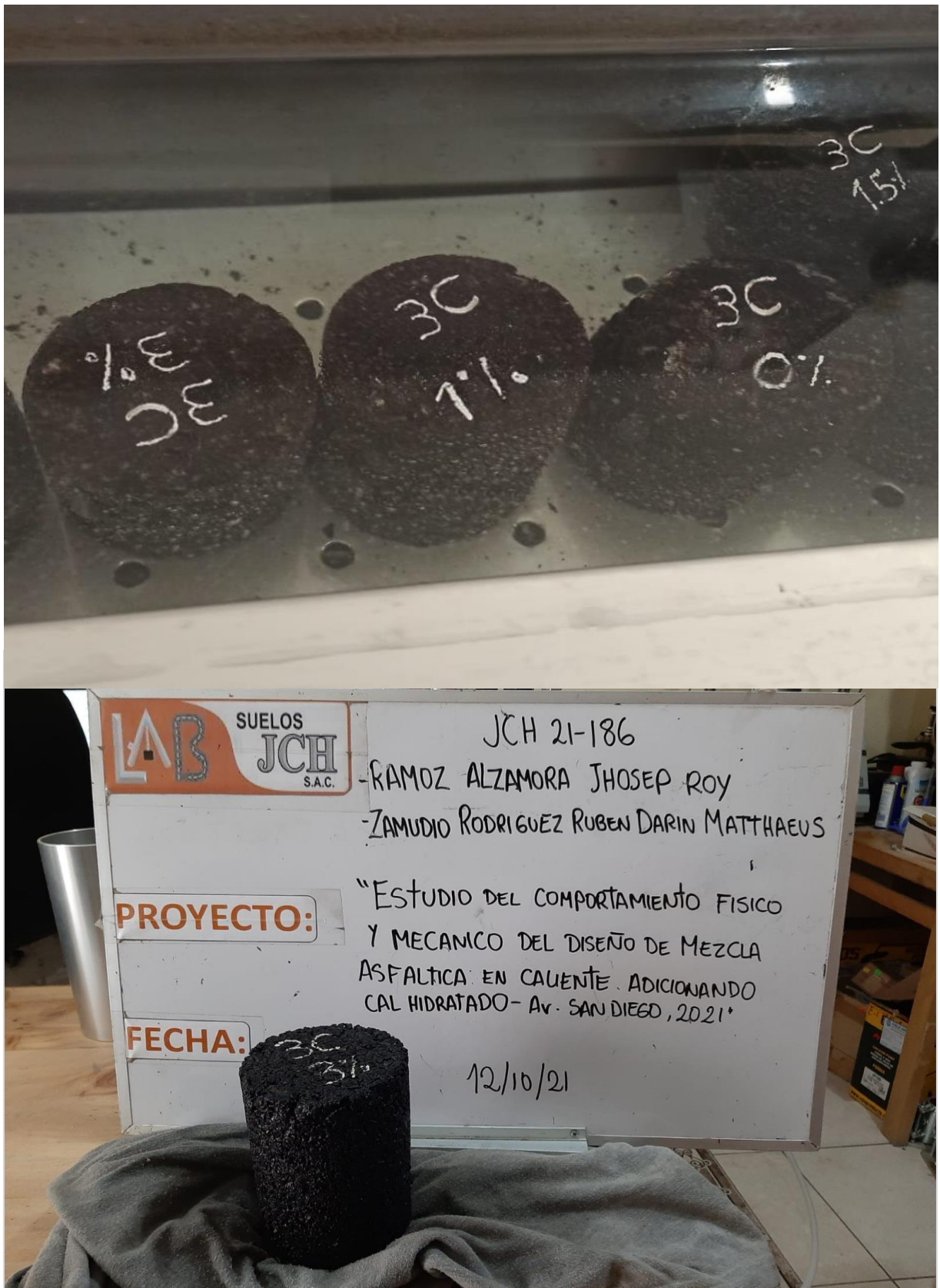
**Fotografía 14:** Cuantificación del agregado, cemento asfáltico, cal hidratada y proceso de mezclado.



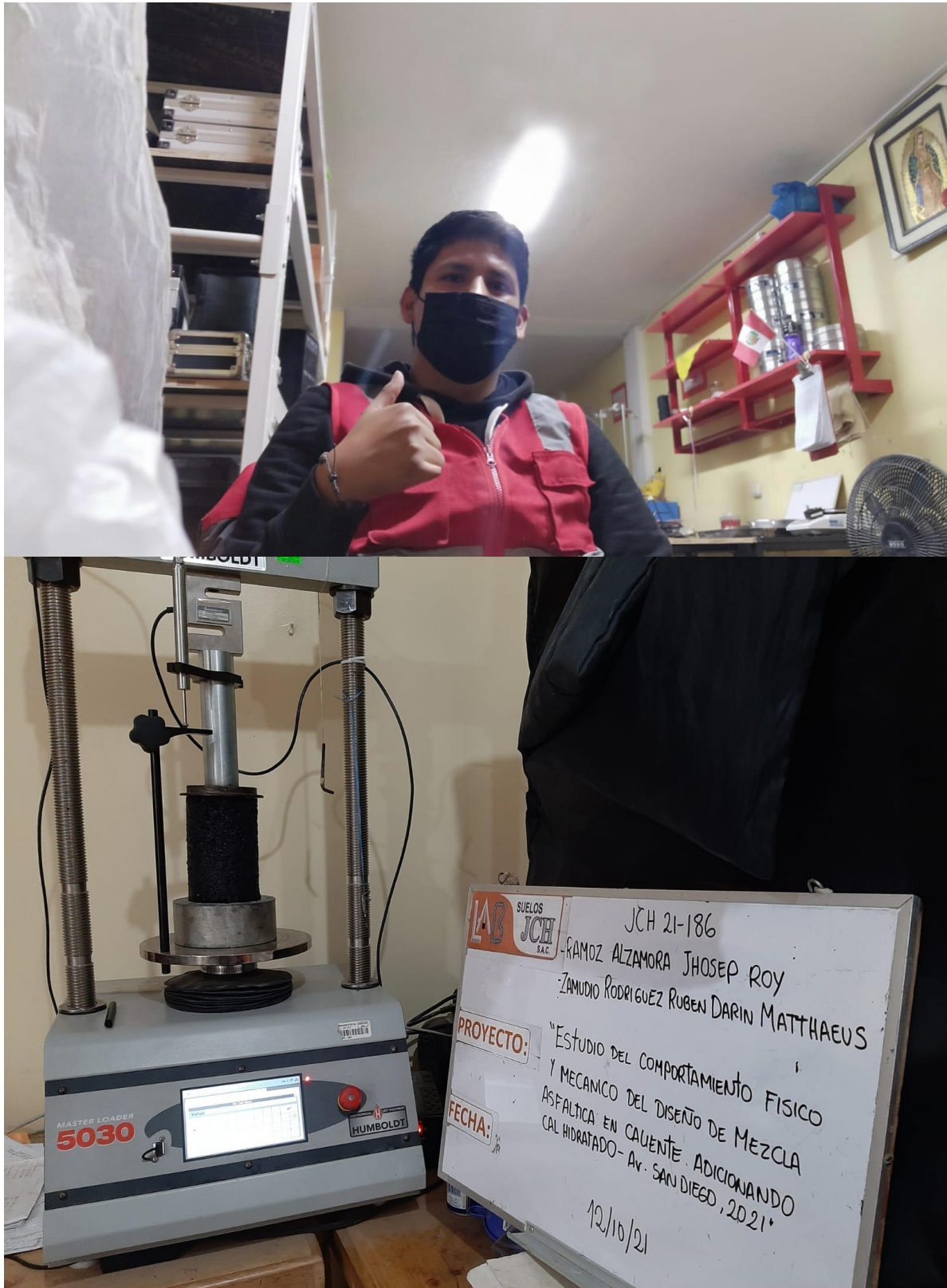
**Fotografía 15:** Preparación de las briquetas para ser compactadas, proceso de extracción de las briquetas.



**Fotografía 16:** Presentación de los especímenes y calibración del recipiente para baño de agua.



**Fotografía 17:** Acondicionamiento de especímenes para la prueba de ensayo de Inmersión – Compresión.



**Fotografía 18:** Prueba de ensayo de resistencia inmersión – compresion en mezclas compactadas.





**Fotografía 19:** Briqueta de mezclas asfáltica en ensayo de resistencia inmersión – compresión.



Fotografía 20: Ensayo de resistencia inmersión – compresión.



**Fotografía 21:** Presentación de ensayo de Inmersión – compresión, contenido de vacíos en el diseño de mezcla asfáltica.



**Fotografía 22:** Segundo grupo de briquetas de mezclas asfáltica para el ensayo de resistencia inmersión – compresión.