



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla  
asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado.

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

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Castillo Calle Edgard David (ORCID: 0000-0002-8133-4007)

Moreno Chiroque Nexar Arquimedes (ORCID: 0000-0002-0110-0594)

**ASESOR:**

Mg. Contreras Velásquez Jose Antonio (ORCID: 0000-0001-5630-1820)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura vial

Piura -Perú

2021

### **Dedicatoria**

Está dedicado primeramente a Dios por guiarme y protegerme en todos los aspectos de mi vida. Y darme fortaleza en todos los tiempos y más en momentos de dificultades.

A mis padres, hermanos, mi esposa, mis hijas y familiares por siempre estar pendientes y alentarme en seguir mi carrera profesional.

A mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día.

A la universidad cesar vallejo por haberme dado la oportunidad y abrirme las puertas para así estudiar la carrera de ingeniería civil ya que es vocación de vida.

Castillo Calle Edgard David.

El presente trabajo es dedicado a Dios por darme la sabiduría y la fortaleza para mirar el futuro con entusiasmo; a las personas que son mi motivación, mis padres: María y Gonzalo, y mis hijos: Steffano Gonzalo, Jhosep Alessandro y Francresco Zeús Arjún.

Moreno Chiroque Nexar Arquimedes.

## **Agradecimiento**

A Dios por guiarme y protegerme en todos los aspectos de mi vida. Y darme fortaleza en todos los tiempos y más en momentos de dificultades.

A mis padres, hermanos, esposa, mis hijas y familiares por siempre estar pendientes y alentarme en seguir mi carrera profesional.

A mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día.

Mi gratitud a la universidad por haberme dado la oportunidad y abrirme las puertas para así estudiar la carrera de ingeniería civil ya que es vocación de vida.

Castillo Calle Edgard David.

Mi agradecimiento infinito al divino redentor, al Dios de la vida, que con su inmenso Amor y poder siempre me ha mantenido de pie antes las adversidades y me ha iluminado para alcanzar mis metas.

Asimismo, agradezco a mi familia que siempre está presente en los momentos más difíciles para motivarme y brindarme el aliento para siempre seguir adelante.

A la universidad CESAR VALLEJO y a toda la familia vallejana, por darme la oportunidad de estudiar con este sistema adecuado a nuestras posibilidades y por facilitarme la oportunidad de recibir educación y preparación académica de excelente calidad con gran sentido humano, ético y moral. A mis compañeros de la escuela profesional de ingeniería civil promoción IIIA, de la UCV Piura, por su apoyo, amistad y compañerismo.

Moreno Chiroque Nexar Arquimedes.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	17
3.2. Variable y operacionalización .....	18
3.3. Población, muestra y muestreo .....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
3.5. Procedimiento .....	22
3.6. Método de análisis de datos .....	29
IV. RESULTADOS.....	30
V. DISCUSIÓN .....	97
VI. CONCLUSIONES .....	104
VII. RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS .....	107
ANEXO .....	110



## Índice de tablas

Tabla 1. Composición Química de la escoria de acero .....	8
Tabla 2. Propiedades Físicas .....	8
Tabla 3. Dimensiones, indicadores y el instrumento de la escoria de acero .....	9
<b>Tabla 4.</b> Requerimientos para los agregados gruesos.....	13
<b>Tabla 5.</b> Requerimiento del agregado fino. ....	13
Tabla 6. Gradación global para mezcla asfáltica en caliente (MAC) .....	14
Tabla 7. Requisitos para mezcla de asfálticas .....	16
Tabla 8. Cantidad de briquetas con diferentes dosificaciones de escoria de acero	20
Tabla 9. Cantidad de briquetas con diferentes dosificaciones de caucho triturado .	20
Tabla 10. Combinación de escoria de acero y caucho .....	21
Tabla 11. Cantidad de muestras para mezcla patrón.....	21
Tabla 12. Requerimientos para agregado fino .....	30
Tabla 13. Análisis Granulométrico del agregado fino. ....	31
Tabla 14. Requerimiento de calidad para agregado grueso.....	32
Tabla 15. Análisis Granulométrico del agregado grueso.....	34
Tabla 16. Resultados de pruebas fundamentales para el Agr. Fino y Grueso. ....	35
Tabla 17. Prueba fundamental de la escoria de acero. ....	36
Tabla 18. Análisis Granulométrico de la escoria de acero.....	36
Tabla 19. Análisis fisicoquímicos (FQ).....	37
Tabla 20. Determinación de la densidad del Caucho Triturado .....	38
Tabla 21. Análisis Granulométrico del caucho triturado. ....	38
Tabla 22. Combinación teórica para el diseño. ....	39
Tabla 23. Tipos de MAC, de acuerdo al MTC. ....	40
Tabla 24. Cantidad de material usado para elaborar las briquetas convencionales por cada %C. A .....	41
Tabla 25. Propiedades físicas - mecánicas para el diseño convencional.....	41
Tabla 26. Resultados óptimos del diseño asfáltico convencional.....	45
Tabla 27. Granulometría con caucho triturado a 0.20%. ....	45
Tabla 28. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.20% de caucho triturado.....	46
Tabla 29. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.20% de caucho triturado.	47
Tabla 30. Granulometría con caucho triturado a 0.40%. ....	47

Tabla 31. características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.40% de caucho triturado.....	48
Tabla 32. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.40% de caucho triturado	49
Tabla 33. Granulometría con caucho triturado a 0.60%. .....	49
Tabla 34. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.60% de caucho triturado.....	50
Tabla 35. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.60% de caucho triturado	51
Tabla 36. Granulometría con caucho triturado a 0.80%. .....	51
Tabla 37. características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.80% de caucho triturado.....	52
Tabla 38. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.80% de caucho triturado	53
Tabla 39. Granulometría con caucho triturado a 1.00%. .....	53
Tabla 40. características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 1.00% de caucho triturado.....	54
Tabla 41. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 1.00% de caucho triturado	54
Tabla 42. Resumen de los resultados del diseño de la mezcla asfáltica con caucho triturado .....	55
Tabla 43. Granulometría con escoria de acero al 3.00%.....	59
Tabla 44. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 3.00% de escoria de acero. ....	60
Tabla 45. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 3.00% de escoria de acero.	61
Tabla 46. Granulometría con escoria de acero al 6.00%.....	61
Tabla 47. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 6.0% de escoria de acero. ....	62
Tabla 48. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 6.00% de escoria de acero. ....	63
Tabla 49. Granulometría con escoria de acero al 9.00%.....	63
Tabla 50. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 9% de escoria de acero. ....	64
Tabla 51. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 9.00% de escoria de acero. ....	65
Tabla 52. Granulometría con escoria de acero al 12.00%.....	65

Tabla 53. Características físicas-mecánicas para el diseño asfáltico con 12% de escoria de acero. ....	66
Tabla 54. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 12.00% de escoria de acero .....	67
Tabla 55. Granulometría con escoria de acero al 15.00%.....	67
Tabla 56. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 15% de escoria de acero. ....	68
Tabla 57. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 15.00% de escoria de acero .....	69
Tabla 58. Resumen de los resultados del diseño de la mezcla asfáltica con escoria de acero. ....	69
Tabla 59. Granulometría con escoria de acero al 6.00% y 0.8% de caucho triturado. ....	74
Tabla 60. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 6.0% de escoria de acero y 0.8% caucho triturado. ....	75
Tabla 61. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 6.00% de escoria de acero y 0.8% caucho triturado.....	78
Tabla 62. Comparación de los resultados óptimos del diseño convencional, con caucho triturado, con escoria de acero y la combinación (caucho triturado y escoria de acero). ....	79
Tabla 63. Estadística para el indicador índice de rigidez -Escoria de acero.....	80
Tabla 64. Prueba T - Índice de rigidez escoria de acero. ....	81
Tabla 65. Estadística para el indicador índice de rigidez -Caucho triturado. ....	81
Tabla 66. Prueba T - Índice de rigidez con caucho triturado. ....	82
Tabla 67. Estadística para la estabilidad -Escoria de acero. ....	83
Tabla 68. Prueba T – Estabilidad, escoria de acero. ....	83
Tabla 69. Estadística para la estabilidad -Caucho triturado. ....	84
Tabla 70. Prueba T – Estabilidad, caucho triturado.....	84
Tabla 71. Estadística para el flujo (0.01”) - Escoria de acero. ....	85
Tabla 72. Prueba T – Flujo (0.01”), escoria de acero. ....	86
Tabla 73. Estadística para el flujo (0.01”) – caucho triturado. ....	86
Tabla 74. Prueba T – Flujo (0.01”), escoria de acero. ....	87

Tabla 75. Estadística de la muestra para el Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ) – Escoria de acero y caucho triturado. ....	88
Tabla 76. Prueba T – Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ), Escoria de acero y caucho triturado	88
Tabla 77. Estadística de la muestra para el Vacíos del agregado mineral (%) – Escoria de acero y caucho triturado. ....	89
Tabla 78. Prueba T –vacíos del agregado mineral %, Escoria de acero y caucho triturado. ....	90
Tabla 79. Estadística de la muestra para los Vacíos de aire (%) – Escoria de acero y caucho triturado. ....	91
Tabla 80. Prueba T –vacíos de aire %, Escoria de acero y caucho triturado. ....	91
Tabla 81. Estadística de la muestra para el índice de rigidez (kg/cm) – combinación de escoria de acero y caucho triturado. ....	92
Tabla 82. Prueba T – índice de rigidez (kg/cm), combinación de escoria de acero y caucho triturado . ....	93
Tabla 83. Estadística de la muestra para la estabilidad (kg) y flujo (0.01”) – combinación de escoria de acero y caucho triturado. ....	94
Tabla 84. Prueba T – estabilidad y flujo, combinación de escoria de acero y caucho triturado . ....	95
Tabla 85. Estadística de la muestra de las características físicas – combinación de escoria de acero y caucho triturado. ....	96
Tabla 86. Prueba T – características físicas, combinación de escoria de acero y caucho triturado . ....	97

## Índice de figuras

Figura 1.Escoria de acero .....	7
Figura 2.Caucho de los neumáticos. ....	10
Figura 3.Mezcla asfáltica en caliente.....	11
Figura 4.Ensayo Marshall y flujo .....	16
Figura 5.Planta asfáltica- Gobierno Regional Lambayeque .....	23
Figura 6.Obtención del caucho triturado – Proveniente de la empresa Motored S.A. .....	23
Figura 7.Escoria de acero .....	23
Figura 8.Agregados pétreos en laboratorio. ....	24
Figura 9.Cuarteo de agregado fino.....	25
Figura 10.Cuarteo de agregado grueso.....	25
Figura 11.Ensayo de granulometría. ....	25
Figura 12.Calentado del Martillo Marshall y cemento asfaltico.....	26
Figura 13.Calentado de los materiales a temperaturas de 135°C .....	26
Figura 14.Vaciado del material asfaltico en el molde metálico. ....	26
Figura 15.Compactación a 75 golpes por cara. ....	26
Figura 16.Muestras: Briquetas asfálticas.....	27
Figura 17. Ensayo rice: Matraz + agua + mezcla asfáltica .....	28
Figura 18.Briquetas asfálticas en agua maría. ....	28
Figura 19.Ensayo Marshall.....	29
Figura 20.Lavado del material. ....	30
Figura 21. Cuarteo del agregado fino. ....	30
Figura 22. Análisis granulométrico del agregado fino.....	31
Figura 23. Curva granulométrica del agregado fino.....	32
Figura 24. Cuarteo y selección del agregado grueso. ....	33
Figura 25. Secado del agregado grueso a una temperatura de 110°C - 24hr.....	33
Figura 26.Tamices para ensayo granulométrico. ....	34
Figura 27.Curva granulométrica del agregado grueso .....	35
Figura 28.Curva granulométrica de la escoria de acero.....	37
Figura 29.Curva granulométrica del caucho triturado.....	39
Figura 30. Curva granulométrica de la Combinación teórica de los agregados. ....	40
Figura 31. Vacíos vs % asfalto convencional .....	42

Figura 32. Peso unitario vs % asfalto convencional .....	42
Figura 33. V.M.A vs % asfalto convencional. ....	42
Figura 34. Polvo/asfalto vs % asfalto convencional.....	43
Figura 35. Flujo vs % asfalto convencional. ....	43
Figura 36. Estabilidad vs % asfalto convencional.....	44
Figura 37. Estabilidad/flujo vs % asfalto convencional .....	44
Figura 38. Curva granulométrica con caucho triturado 0.20%.....	46
Figura 39. Curva granulométrica con caucho triturado 0.40%.....	48
Figura 40. Curva granulométrica con caucho triturado 0.60%.....	50
Figura 41. Curva granulométrica con caucho triturado 0.80%.....	52
Figura 42. Curva granulométrica con caucho triturado 1.00%.....	54
Figura 43. Índice Rigidez vs caucho triturado.....	56
Figura 44. Estabilidad vs caucho triturado.....	56
Figura 45. Flujo vs caucho triturado .....	57
Figura 46. P. unitario vs caucho triturado. ....	57
Figura 47. V.M.A(%) vs caucho triturado.....	58
Figura 48. Vacíos de aire (%) vs caucho triturado.....	58
Figura 49. C.A (%) vs caucho triturado.....	59
Figura 50. Curva granulométrica con escoria de acero 3.00%.....	60
Figura 51. Curva granulométrica con escoria de acero 6.00%.....	62
Figura 52. Curva granulométrica con escoria de acero 9.00%.....	64
Figura 53. Curva granulométrica con escoria de acero 12.00%.....	66
Figura 54. Curva granulométrica con escoria de acero 15.00%.....	68
Figura 55. Índice rigidez vs escoria de acero .....	70
Figura 56. Estabilidad vs escoria de acero.....	70
Figura 57. Flujo vs escoria de acero.....	71
Figura 58. Peso unitario vs escoria de acero. ....	71
Figura 59. V.M.A vs escoria de acero.....	72
Figura 60. %vacíos vs escoria de acero.....	72
Figura 61. % C.A vs escoria de acero .....	73
Figura 62. Curva granulométrica con escoria de acero al 6% y 0.8% caucho triturado .....	74
Figura 63. Vacíos vs % asfalto convencional .....	75

Figura 64. Peso unitario vs % asfalto convencional .....	76
Figura 65. V.M.A vs % asfalto convencional. ....	76
Figura 66. Polvo/asfalto vs % asfalto convencional.....	76
Figura 67. Flujo vs % asfalto convencional. ....	77
Figura 68. Estabilidad vs % asfalto convencional.....	77
Figura 69. Estabilidad/flujo vs % asfalto convencional. ....	78
Figura 70. Índice rigidez por cada dosificación de caucho triturado .....	98
Figura 71. Estabilidad por cada dosificación de caucho triturado.....	98
Figura 72. Flujo por cada dosificación de caucho triturado. ....	98
Figura 73. Índice rigidez por cada dosificación de escoria de acero. ....	99
Figura 74. Estabilidad por cada dosificación de escoria de acero. ....	100
Figura 75. Flujo por cada dosificación de escoria de acero.....	100
Figura 76. Peso unitario por cada dosificación de caucho triturado. ....	101
Figura 77. V.M.A por cada dosificación de caucho triturado. ....	101
Figura 78. Vacíos de aire por cada dosificación de caucho triturado .....	102

## Resumen

En el presente proyecto de investigación titulado “Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado”, tiene como objetivo general analizar la influencia de escoria de acero y caucho triturado en el diseño de una mezcla asfáltica aplicando el método Marshall. En el cual las muestras que se llevaron a cabo fueron para un diseño convencional, diseños asfálticos modificado con escoria de acero al (3%, 6%, 9%, 12% y 15%) en remplazo del agregado grueso, diseños asfálticos modificado con caucho triturado al (0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80% y 1.00%) en remplazo del agregado fino, se determinó que el 6% de escoria de acero y el 0.80% de caucho triturado son los porcentajes óptimos y se realizó un nuevo diseño asfáltico que sería la combinación de los 2 productos y en cual se concluye que presentan una mejora en el índice de rigidez un 9.45%, en la estabilidad un 42.63% por lo tanto este tipo de mezcla contiene una mayor resistencia a la carga axial y a las deformaciones y en el flujo se tuvo un valor de 12.4 (0.01”) cumpliendo con la normativa. Se tiene un peso unitario de 2.306 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A 18.6%, vacíos de aire 3.9% y el cemento asfáltico tuvo un aumento del 3.45% con respecto al óptimo del diseño convencional, todos los valores indican que cumplen con la normativa.

Palabras claves: Escoria, Marshall, caucho, mecánicas y físicas.



## Abstract

In this research project entitled "Application of the Marshall Method in the Design of an asphalt mixture incorporating slag of steel and crushed rubber", the general objective is to analyze the influence of slag of steel and crushed rubber in the design of an asphalt mixture applying the Marshall method. In which the samples that were carried out were for a conventional design, asphalt designs modified with steel slag (3%, 6%, 9%, 12% and 15%) in replacement of coarse aggregate, asphalt designs modified with rubber crushed at (0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80% and 1.00%) in replacement of fine aggregate, it was determined that 6% of steel slag and 0.80% of crushed rubber are the optimal percentages and a new asphalt design that would be the combination of the 2 products and in which it is concluded that they present an improvement in the stiffness index by 9.45%, in the stability by 42.63%, therefore this type of mixture contains a greater resistance to axial load and the deformations and the flow had a value of 12.4 (0.01 "), complying with the regulations. There is a unit weight of 2,306 gr / cm<sup>3</sup>, M.V.A 18.6%, air voids 3.9% and the asphalt cement had an increase of 3.45% with respect to the optimum of the conventional design, all the values indicate that they comply with the regulations.

Keywords: Slag, Marshall, rubber, mechanical and physical

## I. INTRODUCCIÓN

Hasta la actualidad tanto a nivel nacional como internacional, se han realizado diversas investigaciones en las cuales se busca reciclar materiales que son usados en la construcción. En el país de Bangladesh la mayoría de su infraestructura vial está conformada por pavimento flexible, se está viendo que la tarea de mantenimiento y tener mezclas asfálticas duraderas se está volviendo un desafío por la búsqueda de prolongar la vida útil del pavimento ya que es afectado por su clima tropical y que a partir de 5 años la estructura pierde su capacidad de servicio. Debido a esta circunstancia se buscó una alternativa de emplear mezclas asfálticas modificadas, debido a sus ventajas de durabilidad y sus bajos costos de construcción (Faruque et al.2021). A fin de minimizar la contaminación ambiental, de esta manera se ayuda al medio ambiente. En cual se sabe que las escorias de acero son producidas en gran cantidad por las industrias metalúrgicas en la cual tenemos La oroya este es un caso en cual sus desechos son depositados de manera libre al borde de la carretera. Se ha visto que el campo automotor va en aumento de esta manera se ve afectada de manera que los neumáticos que usan los automóviles son desecho al cumplir su vida de uso, y lo perjudicial que sucede es que son desechados y su desintegración demora 1000 años. Indonesia es uno de los países con mayor fabricación de neumáticos, sabiendo que tuvo un aumento en ventas de un 5%, en 2012 vendió 96.57 millones de neumáticos y en 2013 101.43 millones, esta cifra nos demuestra que cerca de mil millones de neumáticos son desechados y no tienen ningún proceso especial de eliminación, en su mayoría de eliminar es la quema de esto siendo un problema al medio ambiente, sabiendo que la mayoría de países está prohibida por la ley, para una solución factible para superar este problema se está desarrollando investigaciones para usar el caucho triturado en el sector construcción (infraestructura vial y estructural) como un agregado tanto fino o grueso, de esta forma también se reduce la sobreexplotación de canteras naturales (Haryanto *et al.*, 2017). En EE.UU las fábricas de acero producen aproximadamente 8 millones de toneladas de escoria metalúrgica anualmente y en Europa producen 12 millones de toneladas este es un problema significativo al medio ambiente sabiendo que el único método de eliminación es llevarlas a escombreras, este almacenamiento que se da puede contraer problemas tanto al suelo, al agua y al aire porque contiene componentes químicos y metales, los países desarrollados que

cuentan con tecnología de punta tales como China han realizado investigaciones a la escoria de acero en mezclas asfálticas y han demostrado que tiende a mejorar las propiedades físicas – mecánicas como resistencia al agrietamiento a bajas temperaturas y una mayor resistencia a la fatiga que son producidas por las cargas distribuidas de los vehículos pesados (Rondón *et al.*, 2018). El manejo integral de las escorias de acero ha sido un problema constante en nivel mundial, tal tenemos Vietnam es un país de industria pesada en la cual su ley se consideraba que las escoria es un material sólido perjudicial pero en la actualidad se considera un material sólido normal con este cambio de ley se comenzó usar este producto tanto para estabilización de suelos, mezclas asfálticas y concreto estructural y se ha presentado beneficios en sus propiedades mecánicas, en lo económico y ayudar a nuestro medio ambiente (Nguyen *et al.*, 2018) . Los proyectos de construcción, rehabilitación y mantenimientos para carreteras demanda grandes volúmenes de agregados, sabiendo que para la elaboración de una mezclas asfálticas constituyen un 90% de agregados llevando agotar, explotar las canteras naturales y hacer gastos innecesarios para el estado como son el transporte, uso de maquinaria pesada y la mayoría de los casos los áridos naturales no alcanzan a cumplir las especificaciones técnicas, para esto se busca ayudar a nuestro planeta en reciclar, reutilizar y disminuir los desechos que son producidas por fábricas de fundición de acero o por llantas en desuso, investigaciones hechos en países como de China, Alemania, Francia, EE.UU están usando la escoria de acero como agregado fino (Chen y Wei, 2016).

Pérez (2018), En Perú es un claro ejemplo que no tiene los hábitos de llevar a cabo una gestión de reciclar los residuos que son producidos por industrias siderúrgicas se tiene empresas como Aceros Arequipa, SiderPerú, Doe Rum Perú, entre otras. La empresa Doe Rum Perú es una empresa en la cual desechas estos residuos al borde de la carretera y esta no tiene ningún tipo de uso en algún proyecto del sector construcción (Condori y Lonazco, 2019), nuestro país que está en desarrollo necesita una infraestructura vial que esté acorde a nuestras necesidades con el fin de dar mayor seguridad, disminuir los tiempos de transporte, reducir los accidentes de tránsito y sobre todo reducir los costos de construcción, se ha verificado que en las investigaciones extranjeras estos materiales reciclados para mezclas asfálticas

tiende a prolongar su vida de servicio entre 4 y 6 años más comparadas con las mezclas asfálticas convencionales.

Para la presente investigación se planteó la **formulación del problema con la siguiente interrogante** ¿De qué manera influye la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en el diseño de una mezcla asfáltica aplicando el método Marshall?, Así mismo se tiene **problemas específicos**: ¿De qué manera influirá la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall?, ¿De qué manera influirá la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall?, ¿De qué manera influirá combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall? y ¿De qué manera influirá combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall?.

A continuación, describimos la **justificación Práctica**: la investigación es practica porque busca ayudar a resolver los problemas de contaminación de los desechos de escoria de acero y de las llantas que son arrojadas, dando como una alternativa de emplearlas en la infraestructura vial. Sabiendo que en la actualidad nuestro país carece del hábito de reciclar materiales que se encuentra en abundancia como llantas en desuso o escorias de acero, pocas empresas se dedican a este rubro por falta de conocimiento, como se sabe que los países como china, Francia, Alemania, EE.UU, Rusia entre otros, están usando estos productos para mejorar la infraestructura vial y reducir el uso de agregados pétreos. **Justificación tecnológica**, Se realizará un proceso de trituración al caucho el cual no afectará al medio ambiente porque se realizará de manera mecánica para obtener el caucho triturado y la escoria de acero se usará tal cual se encuentra en las escombreras, de esta manera se realizará los ensayos en el laboratorio tanto para mezclas asfálticas convencionales, las mezclas modificadas con escoria de acero, caucho triturado y la mezclas de ambos componentes, esta investigación ampliará conocimientos de nueva tecnología en mezclas asfálticas. **Justificación ambiental**, Esta técnica del

uso del caucho y la escoria de acero aporta de una manera positiva al medio ambiente dado que estos productos serán reutilizados para proyecto de infraestructura vial. Sabiendo que en la mayoría de los casos las llantas en desuso para su eliminación son quemadas esto afecta tanto a las personas, al medio ambiente porque generan gases de CO<sub>2</sub>.

**Justificación Social,** Esta investigación aporta conocimiento a los ingenieros especializados en carreteras y tecnólogos de esta manera puedan brindar una alternativa para el diseño de mezclas de asfalto más eficiente, beneficiando a la sociedad de tener una vida más cómoda y segura.

**La hipótesis general de nuestra investigación es:** Incorporando escoria de acero y caucho triturado influye el diseño de una mezcla asfáltica aplicando el método Marshall. Así mismo, con **Hipótesis específicas tenemos:** La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall. La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall. La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall. La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall. **Objetivo general:** Analizar la influencia de escoria de acero y caucho triturado en el diseño de una mezcla asfáltica aplicando el método Marshal. **Objetivos específicos:** OE1: Determinar la influencia de la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología marshall.OE2: Determinar la influencia de la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall. OE3: Determinar la influencia de la combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall. OE4: Determinar la influencia de la combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

## II. MARCO TEÓRICO

**Antecedentes** Internacional, Chamba y Benavides (2019), en su tesis “Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando Caucho Triturado de neumático reciclado”, este producto mejora la adhesión entre agregado – ligante, cumple con los requisitos mínimos de diseño Marshall, de esta manera esta nueva tecnología es viable para proyectos viales, reduce los vacíos de la mezcla asfáltica de esta manera se tiene una mezcla más densa y duradera. Resultados los porcentajes de caucho triturado que emplearon para la investigación fueron de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% en lo concerniente se obtuvo estabilidades (lb) de 3009.86, 2563.35 lb, 2218.09, 1849.82, 1709.59 y 1582.39 y flujos (0.01”) de 13, 14, 18, 20 y 22 respectivamente. En cual concluye que 0.5% y 1% son los porcentajes que brindaron un mayor desempeño en la mezcla. Segura (2016), en su tesis “Estudio del comportamiento Físico y mecánico de mezclas asfálticas (...) con escoria de acero”, para llevar acabo los ensayos utilizó un PEN 60-70, se usaron porcentajes de escoria de 6%, 12.5%, 19.5%, 37% y 51%, se obtuvo los vacíos de 3.2%, 2.4%, 4.0%, 5.5%, 7.5% y 8.2% respectivamente, se mostró que las briquetas elaboradas con escoria de acero son más pesadas, se demostró que al aumentar la escoria de acero disminuye el uso del cemento asfáltico optimó, en cuanto a la resistencia de la capacidad de carga aumenta de una manera significativa comparada a una mezcla convencional, mejora la resistencia por ahuellamiento y deslizamiento. Ortiz (2016), en su tesis titulado “Diseño de mezclas asfálticas con caucho SBR usando método Marshall”, tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica con caucho SBR mediante el diseño Marshall, la metodología de investigación es aplicada y enfoque cuantitativa, realizaron muestras tradicionales, y modificadas con caucho en 10%, 15% y 20% del peso total de la briketa, para la compactación se usó la normativa ASTM D 1559, concluyó que el 20% de caucho SBR es el óptimo porcentaje, demostrando valores de estabilidad de 2700 lb, siendo superior a las mezcla patrón.

Nacionales: Quipusco y Villegas (2019), en su proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar el efecto que produce la escoria siderúrgica por agregado grueso en una mezcla asfáltica. La metodología que aplico fue de tipo cuantitativa correlacional, diseño experimental. Resultados remplazo el agregado grueso por escoria acero en porcentajes de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% aplicando la

metodología Marshall (ASTMD 6927) obtuvo resultados de estabilidad (kn) de 20.75, 22.10, 21.25, 20.00 y 18.50; flujos (1/100 in) de 12.00, 12.00, 11.90, 12.00, 12.00; vacíos de aire (%) de 4.00, 4.42, 5.25, 5.70, 6.25, respectivamente. En cual concluye con los resultados dichos anteriormente aplica una correlación determinando que la dosificación optima de escoria siderúrgica es 12.50% teniendo una estabilidad (kn) de 2.84, flujo (1/100 in) 11.05, % de vacíos 4 y un porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 5.19%. Granados (2017), en su tesis “Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional”, tuvo como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica incorporando granos de caucho, la investigación tiene un diseño experimental, llevaron a cabo un total de 246 muestras en cual concluyó, que la briqueta modificada mejora la estabilidad Marshall en un 61%, esto lleva a aumentar la resistencia al agua, resistencia a la deformación, mayor adhesión y el porcentaje óptimo que influye en un mejor comportamiento mecánico es de 0.5% de caucho. Pérez (2018), en su investigación denominada “Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la adición de escoria metalúrgica – Lima 2018”, fijó como objetivo determinar la influencia de la adición de la escoria metalúrgica en el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Lima 2018. Aplicó una metodología de diseño experimental, nivel descriptivo y tipo aplicada. Resultó que la estabilidad al 0%, 10%, 12%, 15% adicionando escoria de acero, se obtuvo (13,538, 15,44, 12,536, 14,892) kn respectivamente y un índice de rigidez Marshall de (3859.6, 3497, 3581 y 4153.2) kg/cm, se usó un C.A 60/70 y un diseño granulométrico MAC-2, Concluyó: que las mezclas asfálticas modificadas mejoran las características mecánicas. Capcha (2018), en su proyecto de investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica, Tacna. La metodología que aplicó fue de diseño experimental, tipo aplicada, los resultados que se obtuvieron para las mezclas modificadas con caucho en 10% y 15% teniendo estabilidades (kn) de 1392.35 y 1341.64, índices rigidez (kg/cm) 3966.81 y 3829.97 y obteniendo dosificaciones óptimas de C.A 5.26% y 5.22%, respectivamente. Se concluyó que la dosificación óptima es del 10% de caucho reciclado mejora la resistencia a la deformación y las propiedades físicas. Cerrón y Valdivia (2019); en su investigación “Influencia del caucho reciclado en la mejora de la resistencia y durabilidad de una mezcla asfáltica en caliente, Lima 2019”, tuvo

como objetivo determinar la influencia de caucho reciclado en las propiedades de resistencia y durabilidad, fijó su metodología como un diseño experimental, de tipo aplicada. Sus muestras para ensayar fueron 54 briquetas en total, para el ensayo Marshall, catabro y lottman. Resultó que al 1% de caucho triturado la mezcla asfáltica tienes valores favorables en resistencia a la tracción un 89.32%, superando a la mezcla convencional en 8.18%, esta adición se realizó por la vía seca. Concluyó que la mezcla asfáltica modificada con caucho triturado en pequeñas cantidades mejora la resistencia a la humedad y resistencia a la fatiga. Ibérico (2019), en su trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar una mezcla asfáltica con la incorporación de fibra de acero. Tuvo como metodología un diseño experimental correccional, tuvo como resultados realizar una combinación del aglomerante se usó un cemento asfaltico PEN 60/70 las modificaciones se llevaron a cabo con la incorporación de fibra de acero a 0%, 5%, 10% y 12%, teniendo estabilidades Marshall (kg) 1192, 1199, 1259, 1257, flujos Marshall (mm) de 3.5, 3.4, 3.6, 3.6, estabilidad/flujo (kg/cm) de 3407, 3526, 3727 y 3594, respectivamente a los porcentajes de la fibra de acero. Concluyo que la dosificación optima de fibra de acero es el 5%.

### **Bases teóricas**

**Escoria de acero:** este subproducto es obtenido del proceso metalúrgico a temperaturas de 1650 °C, y está constituido por óxidos de hierro, silicatos (Malías, J 2015). Se realiza un proceso de industrializar la chatarra (cortar a una medida adecuada y quitar las impurezas), luego son llevados a un horno eléctrico donde produce el acero reciclado en acero líquido; en la tabla 1 se presenta los componentes químicos y la tabla 2 las propiedades físicas, durante este procedimiento.



Figura 1. Escoria de acero  
Fuente: Elaborado por los autores.



Tabla 1. Composición Química de la escoria de acero

Componentes	Rango	
	Mínimo	Máximo
CaO	21.8	29.3
MgO	4.1	8.6
FeO	24.1	43.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.6	11
SiO <sub>2</sub>	13.3	19.8

Fuente: A Laboratory Assessment of the Influence of Crumb Rubber in Hot Mix Asphalt with Recycled Steel Slag (2020).

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 2. Propiedades Físicas

Especificaciones	Escoria de Acero
Densidad	3.20 gr/cm <sup>3</sup>
Viscosidad	6.5P
Gravedad específica	2.38-2.76
Absorción	21-42
Abrasión	5-31

Fuente: Minería & Geología (2013)

**Las ventajas:** que se tiene en la escoria de acero, es que se puede convertir en un árido siderúrgico de alta calidad, teniendo mejores prestaciones que los agregados naturales, y a la vez un menor costo. Sirven para hacer las capas asfálticas con mayor duración y por tanto se reduce los costos de mantenimiento o también puede ser usada para fabricar un concreto con mayor resistencia a la compresión y al desgaste. Reduce la necesidad de consumir recursos naturales en canteras, menos impacto ambiental, menos consumo.

**Las desventajas** de la escoria de acero, es su gran producción por las empresas siderúrgica en la producción de acero, debido que el acero tiene una gran demanda en el mercado se tiene la necesidad de acerar la producción de estos, la escoria que se obtiene de la refinera, no todo este residuo se puede reutilizar por el cual este va depositado en un vertedero, de esta manera afecta al medio ambiente. En la tabla 3,

se muestra las dimensiones, indicadores y el instrumento de la variable independiente escoria de acero.

Tabla 3. Dimensiones, indicadores y el instrumento de la escoria de acero

Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Granulometría	Distribución de Partículas	Ficha de recopilación de datos de ensayo
Dosificación	3%	
	6%	
	9%	
	12%	
	15%	
Peso unitario	Suelo y compactado	
Peso específico	Seco y saturado sup.seca	
	Absorción de agua	

Fuente: Elaborado por los autores.

El procedimiento para obtener la escoria de acero: comienza con la industrialización de la chatarra, este desecho de chatarra en la mayoría es comprado, después se procede a industrializarla, luego pasa al proceso del horno eléctrico se encarga de fundir la chatarra llevarlas a temperaturas muy altas cercanas a 1600 °C, esto al mismo tiempo se agregan fundentes que forman la escoria de acero en la parte superior del acero fundido (Sider Perú).

**Caucho:** Es un material elástico y resistente que lo encontramos en los neumáticos y en las plantas de las botas militares, lo cual se puede utilizar en un diseño de mezcla asfáltica. Según Cervera (2016), afirma que “El uso y el tratamiento del caucho es bueno en su reutilización en aquellos países que existen normas ambientales” (p.30).

**El Neumático:** Es importante en el uso de los vehículos y está hecho de caucho que ayuda a tener un buen contacto con el pavimento, permitiendo el arranque y frenado lo cual es usado en las unidades de transporte ligero y pesado a nivel mundial es de caucho. Según Castro (2008), afirma que “El neumático principalmente está cubierta de caucho y contiene aire. Donde permite el desplazamiento del vehículo soportando su carga” (p.2).



Figura 2. Caucho de los neumáticos.

Fuente: Elaborado por los autores.

El caucho ventajas y desventaja

El caucho de neumáticos no utilizados en el presente es un elemento económico y muy útil como insumo de mezclas asfálticas para pavimento debido a que son alto el índice de existencia en zonas metropolitanas (Fajardo et al, 2014 p. 58-59).

### **Ventajas**

Mas elástica por polímeros estructura prolongada

Mas adherencia por polímeros estructura cortas

A partir de lo anterior con respecto al fraccionamiento de polímeros se tiene que la dureza del polímero (y en general sus propiedades mecánicas) dependen de la longitud que lo forman, según su peso molecular.

Mas impermeabilizante en sellados bituminosos, con lo que se evitan fisuramiento.

Resistente a la vejez: conserva sus características dado el uso de caucho reciclado.

### **Desventajas**

La mezcla asfáltica podría ser muy blanda y delicada, ya que la obtención o absorción tienen impacto en el factor adhesivo.

Necesidad de una maquinaria especializada en separación del caucho e hilos acerados dentro de las llantas.

El caucho pulverizado no debe estar ni húmedo ni sucio.

Las temperaturas mínimas de distribución son de 125°C por su rápido endurecimiento.

**Mezcla asfáltica en caliente:** Se define a la combinación de agregados (fino y grueso), polvo mineral y un ligante asfáltico que es elegido dependiendo el clima del lugar, su proceso de fabricación involucra trabajar a temperaturas altas entre 150-180 °C. El porcentaje de vacíos es una de las propiedades físicas principal, que depende mucho de la granulometría con la cual es diseñada (López et al., 2017).



Figura 3. Mezcla asfáltica en caliente

Fuente: Elaborado por los autores

### **Tipos de mezclas asfálticas**

**Mezclas asfálticas con gradación densa:** Al realizar el ensayo de tamizado, en la mayoría de los casos se demuestra una buena distribución del agregado, de esta manera este tipo de gradación puede ser usada para proyecto de base, sub base y la superficie de rodadura (Asphalt Institute, 2015).

**Mezcla asfáltica con gradación abierta:** Este tipo de gradación se emplean para proyectos de pavimento drenante, sabiendo que la superficie asfáltica tiene porcentajes de vacíos que oscilan del 18 al 22% proporcionando una facilidad que el agua drene por su interior, y la base del pavimento es de un material permeable para facilitar resultados positivos (Asphalt Institute, 2015).

**Mezcla asfáltica de gradación SMA:** Para el diseño de este tipo de mezcla asfáltica sus proporciones de agregado grueso son altos, en la mayoría de los casos es de 70 a 80 por cientos, el contenido de cemento asfáltico óptimo se encuentra en

porcentajes superiores al 6% y la cantidad de filler aproximadamente un 10%, los resultados para este tipo de combinación son mezclas más duraderas a la formación de surcos (Asphalt Institute, 2015).

**Propiedades de la mezcla asfáltica:** Las mezclas asfálticas debe contar con las siguientes propiedades de esta manera se garantiza mezclas más durables contra las cargas del tráfico, resistencia al cambio de clima.

**Durabilidad:** es una característica ligada al envejecimiento del ligante y a la calidad del agregado, sabiendo que las aristas en el momento que estos forman la mezcla asfáltica son puestas para soportar cargas y dar un buen servicio al usuario.

**Impermeabilidad:** está relacionado con los porcentajes vacíos, al tener una mezcla asfáltica compactada y de granulometría densa este tendrá la capacidad de evitar el paso de agua y aire por su interior.

**Trabajabilidad:** Es la facilidad en que una mezcla es compactada y colocada con facilidad dependerá mucho de la temperatura en la que se trabaja, para el tipo de mezclas con porcentajes altos de vacíos y porcentajes altos de filler son poco trabajables debido que tienden a segregarse.

**Estabilidad:** La mezcla tiene la capacidad de soportar el paso de las cargas de los vehículos pesados sin producir deformaciones, esta propiedad tiene mucha relación con el contenido de cemento asfáltico, debido que a mayor cemento asfáltico la mezcla es más estable hasta cierta cantidad, luego tiende a descender la estabilidad.

**Flexibilidad:** Es una de las propiedades principales de la mezcla debido a que tiene la capacidad de resistir las deformaciones sin llegar a agitarse (Minaya y Ordoñez, 2001).

**Requerimientos de los materiales para la elaboración de mezclas asfálticas:** Los siguientes materiales son empleados para elaborar la mezcla asfáltica como: agregado grueso, agregado fino, cemento asfáltico, filler mineral. Para el uso de los agregados, se debe verificar la calidad a través de ensayos de laboratorio de acuerdo manual de carreteras.

**Requerimiento del agregado grueso:** Según la norma MTC EG 2013, es uno de los requisitos indispensables para verificar la calidad del agregado grueso.

**Tabla 4.**Requerimientos para los agregados gruesos.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3000	>3000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	95	95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx	1,0% máx.

Fuente: MTC 2013- Tabla 423-01

En la tabla 6, se muestra todos los ensayos del agregado grueso, la diferencia que hay en los parámetros es la altitud en donde se va realizar el trabajo.

**Requerimiento del agregado fino:** para tener una mezcla eficiente también se tendrá que seguir los siguientes requerimientos de acuerdo al Manual MTC EG 2013.

**Tabla 5.**Requerimiento del agregado fino.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3000	>3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín	35 mín
Índice de Plasticidad (malla N.° 200)	MTC E 111	4 máx	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Absorción* *	MTC E 205	0.5% máx	0.5% máx

Fuente: MTC 2013- Tabla 423-02

**Gradación global para mezcla asfáltica en caliente (MAC):** Es un análisis granulométrico que se le realiza a los agregados pétreos y al filler con el fin determinar la clasificación MAC, esto depende mucho del primer porcentaje pasante del agregado, en la tabla 8, se muestra los tipos MAC que se puede ajustar una mezcla asfáltica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Tabla 6. Gradación global para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

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

Fuente: MTC 2013 – TABLA 423-02

Fuente: Elaborado por los autores.

**Durabilidad:** es la capacidad de soportar factores externos que atentan contra las mezclas asfálticas como la desintegración del agregado, cambios bruscos de temperatura, alteración de las propiedades del asfalto (Minaya y Ordoñez, 2001).

**vacíos de aire (Va):** es volumen total de aire atrapado entre las partículas de una mezcla compactada, de acuerdo al manual MTC EG 2013 estos vacíos se encuentran entre el 3 al 5% (Minaya y Ordoñez, 2001).

$$Va = 100x \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Dónde:

Va= Volumen total de vacíos de aire.

Gmm= Gravedad específica teórica máxima.

Gmb= Gravedad específica bulk.

**Vacíos llenos con asfalto (VFA):** ocupa un porcentaje del total de vacíos (VMA), no abarca el asfalto absorbido (Minaya y Ordoñez, 2001).

$$VFA = 100x \frac{(VMA - Va)}{VMA}$$

Dónde:

VFA: Vacíos llenos con asfalto.

VMA: Vacíos en el agregado mineral.

Va= Vacíos de aire en mezcla compactada.

**Contenido de asfalto efectivo de la mezcla (Pbe):** Es el contenido de cemento asfáltico total menos la cantidad absorbida por el agregado, resultado de esto se obtiene el contenido de asfalto que cubre todas las partículas (Minaya y Ordoñez, 2001).

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} * P_s$$

Dónde:

Pbe: Contenido de asfalto efectivo, del peso total de la mezcla

Pb: Contenido de asfalto.

Pba: asfalto absorbido.

Ps: contenido de agregado.

**Método Marshall y flujo (ASTM D1559):** este método consiste en ensayar 3 briquetas como mínimo por cada porcentaje de cemento asfáltico tendrán las mismas características (agregado y ligante). Los especímenes deberán enfriarse a temperatura ambiente, después de 24 hr estas serán extraídas y se realizará el ensayo de peso específico bulk. Tomar las dimensiones de la briketa de acuerdo a la norma MTC E 507, de esta manera se podrá realizar la corrección Marshall. Para llevar las briquetas a ensayar estas tendrán que ser sumergidas en agua maría de 30 a 40 mín a una temperatura de 60°C. Cumpliendo el tiempo de sumergido, las briquetas serán sacas superficialmente y serán llevadas hasta la maquina este lapso de tiempo no debe superar los 30 segundos. La velocidad del ensayo es de 50 mm/min, se debe tomar nota la carga que resiste y el flujómetro hasta el punto que falle y la carga decrece. El valor del flujo es la deformación sujeta a la carga máxima (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).





Figura 4. Ensayo Marshall y flujo

Para elaborar las briquetas asfálticas se debe tener en cuenta el tipo de tráfico en que va estar diseñado, para cual existe el Tipo A, B y C, de acuerdo a esto se toma los parámetros del método Marshall.

Tabla 7. Requisitos para mezcla de asfálticas

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
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	Ver Tabla 423-10		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
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		

Fuente: MTC EG 2013- Tabla 423-06

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo:** El tipo de investigación aplicada es también llamada empírica, esta se encuentra ligada con el tipo de investigación básica, ya que está sujeta de sus antecedentes y aportes teóricos. Otra característica que lo destaca es emplear teorías existentes de normas y procedimientos tecnológicos (Valderrama, 2015).

Los proyectos de investigación de la rama ingeniería civil se encuentran ubicados dentro de este tipo de investigación, siempre y cuando solucione algún problema con conocimientos científicos y poder convertirnos en conocimientos tecnológicos (Borja, 2012). Basándose en la teoría dicha anteriormente podemos concluir que la investigación será de **tipo aplicada**.

**Diseño:** El diseño cuasi experimental es usado para realizar un diseño patrón, y posteriormente realizar un diseño nuevo manipulando la variable independiente para ver sus efectos (Valderrama, 2015). De acuerdo a esta teoría nuestra investigación será de **diseño cuasi experimental** debido que vamos a manipular la variable independiente, que es la escoria de acero y el caucho triturado para la elaboración de briquetas modificadas y ver sus efectos en las propiedades mecánicas y físicas usando el método Marshall.

**Alcance:** El alcance explicativo es más amplio, completo y va más allá de los conceptos en comparación con los otros tipos de alcances, debido a que se enfoca a explicar los fenómenos que se manifiestan de los eventos que se realizan (Hernández et al. 2014). Se considera en nuestra investigación un **alcance explicativo**.

**Enfoque:** Los estudios cuantitativos plantean uno o más hipótesis y para responderlas es necesario realizar un diseño de pruebas, en el cual estas miden conceptos, llevan a transformar las mediciones en valores numéricos para luego analizarlas de manera estadística. Para generar una teoría sustentable o confiable es necesario que los resultados que se obtienen de diferentes investigaciones aporten a favor de la hipótesis, en caso contrario no suceda esto la hipótesis y la teoría se descarta (Borja, 2012). En conclusión: La investigación tendrá un **enfoque**

**cuantitativo**, debido a que las hipótesis se medirán y se recolectan datos del laboratorio.

### **3.2. Variable y operacionalización**

**Variable independiente (X):** es una variable antecedente que se nombra con la letra (X), antecede algún fenómeno, condición, causa al cual predice sus variaciones dado que es la variable experimentadora manipulada (Núñez, 2007).

**Variable dependiente (Y):** Según (Hernández et al., 2014, p. 131) es aquella variable que no es manipulada sino, que es medida para ver los efectos de la manipulación por la variable independiente.

**Variable independiente (X): escoria de acero y caucho triturado.**

**Definición Conceptual:** La escoria de acero o desechos es un material que sobra al fundir el material conocido como mera para purificar el metal y separarlo de las pequeñas impurezas, se trabaja a temperaturas de 1600 °C a 1700°C y están compuestos por CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Fe(total), So<sub>3</sub>, MnO (Rojas et al. 2021).

**Indicadores:**

- ✓ Dosificación escoria de acero al 3%
- ✓ Dosificación escoria de acero al 6%
- ✓ Dosificación escoria de acero al 9%
- ✓ Dosificación escoria de acero al 12%
- ✓ Dosificación escoria de acero al 15%

**Escala de medición**

Razón

**Definición Conceptual:** El caucho procede en la mayoría de los países latinoamericanos, el material elastomérico exhibe una elasticidad y resistencia química insustituibles para neumáticos y zapatos, productos fabricados con caucho (Peláez et al., 2017).

**Indicadores:**

- ✓ Dosificación de caucho triturado al 0.20%

- ✓ Dosificación de caucho triturado al 0.40%
- ✓ Dosificación de caucho triturado al 0.60%
- ✓ Dosificación de caucho triturado al 0.80%
- ✓ Dosificación de caucho triturado al 1.00%

### **Escala de medición**

Razón

**Variable dependiente (Y):** Diseño de una mezcla asfáltica en caliente aplicando el Método Marshall

**Definición conceptual:** el método Marshall es el más utilizado en todos los países, es empleado para dosificar muestras con diferentes porcentajes de cemento asfálticos, el agregado no debe superar el tamaño máximo 2.54 cm y determina las propiedades mecánicas y físicas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### **INDICADORES**

- ✓ Contenido de C.A (%)
- ✓ Vacíos (%)
- ✓ Vacíos del agregado mineral (%)
- ✓ Flujo (mm)
- ✓ Estabilidad (kg)
- ✓ Índice de Rigidez (kg/cm)

### **Escala de medición**

Razón

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

**Población:** Según Borja (2012), nos dice que la población desde punto vista estadístico se designa población o universo al conjunto total de elementos que están enlazados para conocer algo de una investigación. En el presente proyecto de investigación nuestra población serán todas las briquetas elaboradas de acuerdo a

la norma MTC EG-2013, las cual estarán conformado por briquetas convencionales y modificadas con escoria de acero y caucho triturado.

**Muestra:** La muestra es el subconjunto de la población o una porción en la que se lleva a cabo la investigación, siendo una fracción representativa de la población y esta puede ser seleccionada de manera aleatoria, estratificada y sistémica. (López ,2004). Para el presente proyecto de investigación la muestra está conformada por un total 144 briquetas asfálticas, lo cual están conformadas por 12 briquetas convencionales, 60 briquetas asfálticas modificadas con escoria de acero, 60 briquetas asfálticas modificadas con caucho triturado y 12 briquetas asfálticas modificadas con la combinación optima de escoria de acero y caucho triturado. Para determinar la cantidad de briquetas asfálticas nos basamos a la norma MTC EG 2013, que son 3 briquetas por cada porcentaje de cemento asfaltico. Teniendo dosificaciones de cemento asfaltico al 5.0%, 5.50%, 6.0% y 6.5%.

Tabla 8.Cantidad de briquetas con diferentes dosificaciones de escoria de acero

<b>Escoria de acero</b>						
<b>Dosificación de C.A</b>	<b>Estabilidad y flujo (Por norma)</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>15%</b>
5.00%	3	3	3	3	3	3
5.50%		3	3	3	3	3
6.00%		3	3	3	3	3
6.50%		3	3	3	3	3
SUBTOTAL		12	12	12	12	12
TOTAL		60				

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 9.Cantidad de briquetas con diferentes dosificaciones de caucho triturado

<b>Caucho Triturado</b>						
<b>Dosificación de C.A</b>	<b>Estabilidad y flujo (Por norma)</b>	<b>0.20%</b>	<b>0.40%</b>	<b>0.60%</b>	<b>0.80%</b>	<b>1.00%</b>
5.00%	3	3	3	3	3	3
5.50%		3	3	3	3	3
6.00%		3	3	3	3	3
6.50%		3	3	3	3	3
SUBTOTAL		12	12	12	12	12
TOTAL		60				

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 10. Combinación de escoria de acero y caucho

Escoria de acero y Caucho Triturado		
Dosificación de C.A	Estabilidad y flujo (Por norma)	Combinados
5.00%	3	3
5.50%		3
6.00%		3
6.50%		3
TOTAL		12

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 11. Cantidad de muestras para mezcla patrón

Muestras para briqueta convencionales		
Dosificación de C.A	Estabilidad y flujo (Por norma)	Briquetas convencionales
5.00%	3	3
5.50%		3
6.00%		3
6.50%		3
TOTAL		12

Fuente: Elaborado por los autores

**Muestreo:** Es un método usado para elegir los componentes de la muestra global, ya que es difícil hablar con todos los individuos de una población por cuestiones de tiempo, recursos y esfuerzo. Al elegir una muestra, lo que se hace es contemplar una sección o un subgrupo de la población, pero este debe ser adecuadamente ilustrativo de la población (López ,2004).

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

**Técnicas:** Las técnicas de recolección de datos, que tienen a la observación como técnica se basan en participar entornos tradicionales, que lleva a cabo el investigador en el análisis, se deben describir los métodos que se utilizarán para recopilar todos los datos de campo y se deben presentar todas las disposiciones utilizadas en esta tarea. En el presente estudio las técnicas que emplearan son la observación directa, recolección de datos de los ensayos planteados, revisión de documentación y la medición. De los resultados plasmados en las fichas técnicas de recolección se

realizará un análisis y se responderá el planteamiento de problema y los objetivos planteados.

**Instrumentos de recolección de datos:** Un instrumento de medida es cualquier recurso que utilizan los investigadores para abordar un fenómeno y extraer información de él. La recogida de datos sobre las variables de la investigación implica: seleccionar o diseñar un instrumento de medida eficaz y fiable, aplicar el instrumento y preparar los resultados obtenidos para su correcto análisis (Morlote et al. 2004). Para la investigación se emplearán como instrumento fichas de recolección de datos, cuyos resultados que se obtengan de los ensayos que se realicen en laboratorio se plasmarán en estos. Estas fichas serán elaboradas de acuerdo a la norma MTC EG 2013 y el manual de ensayo de materiales 2016.

**Validez:** Muestra la capacidad de la escala para medir cualidades para las que han sido diseñadas. Una escala incoherente no es válida, al igual que una escala que mide diferentes variables superpuestas al mismo tiempo de forma indiscriminada. La escala es eficaz cuando en realidad mide lo que dice medir (Behar Rivero, 2008). Para validar el proyecto de investigación será sometida a la revisión y evaluación por los expertos del tema de estudio. Además, las fichas técnicas para la recolección de resultados serán validados por el laboratorio y por especialistas.

**Confiabilidad:** Se refiere a la consistencia entre los datos y la información obtenida. La confiabilidad está estrechamente vinculada con la técnica y, lo más importante, con los instrumentos utilizados en la investigación, lo que asegura resultados coherentes (Muñoz Rocha, 2016). Para certificar la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos se demostrará el cálculo de la confiabilidad de los instrumentos que será revisados y evaluados por los especialistas.

### **3.5. Procedimiento**

Se llevó a cabo a recolectar información realizando una bitácora en cual contiene artículos científicos internacionales, nacionales e investigaciones de pregrado teniendo como finalidad relacionarlos con el presente proyecto de investigación. Posteriormente se elaboraron los instrumentos para recolectar los datos en el desarrollo de los ensayos usando como guía el método Marshall y la norma MTC EG 2013.

### 3.5.1. Procedimiento para el ensayo Marshall

- a. Obtención de los agregados: el agregado grueso y el agregado fino serán extraídos de la cantera “Planta asfáltica- Gobierno Regional Lambayeque”, que se encuentra ubicado en Batangrande km 5, los materiales pétreos serán verificados con ensayos de acuerdo a la normativa vigente MTC EG 2013.



Figura 5.Planta asfáltica- Gobierno Regional Lambayeque

Fuente: Elaboración propia

- b. Obtención de la escoria de acero y caucho triturado: la escoria acero se recolectará del verteros de la empresa SIDERPERU-Chimbote y, en caso del caucho triturado es obtenido en la provincia de Chiclayo de la empresa “Motored S.A”, está ubicado en la Av. Mariano Cornejo n°288- J.L.O.



Figura 7.Escoria de acero



Figura 6.Obtención del caucho triturado –  
Proyecto de la empresa Motored S.A



c. Transporte de los materiales al laboratorio.



Figura 8. Agregados pétreos en laboratorio.

Fuente: Elaborado por los autores.

d. Ensayo granulométrico: los agregados y los productos modificantes serán cuarteados y se cojera una porción para luego realizar el ensayo de granulometría de acuerdo a la NTP 400.012. El agregado grueso y fino debe ser lavado por la el tamiz n°200 y posteriormente secado a una temperatura  $110 \pm 5$  °C por 24 horas.

Equipos y materiales:

Balanza con precisión de 0.01gr.

Agregados pétreos, escoria de acero y caucho triturado.

Juego de mallas: de 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° (4, 8, 16, 20, 30, 40, 50, 80, 100 y 200).

Horno eléctrico: con temperaturas superiores a 150°C.



Figura 10. Cuarteo de agregado grueso



Figura 9. Cuarteo de agregado fino.

Fuente: Elaborado por los autores.



Figura 11. Ensayo de granulometría.

Fuente: Elaborado por los autores.

- e. Ensayo de calidad de los agregados: para cada ensayo se seguirá el procedimiento del manual de ensayos de material del MTC y cumpliendo los requisitos de la norma MTC EG 2013- sección 423-01, 02.
- f. Dosificación del diseño de la mezcla asfáltica: Ya teniendo los resultados de la granulometría de los agregados, del caucho y la escoria, se realiza con la ayuda del software Excel se deberá elegir con proceso de tanteo verificando que los porcentajes pasantes cumplan con los parámetros del MAC según la tabla 423-03 del MTC EG 2013.

- g. Peso de los materiales: Teniendo el diseño de la dosificación por cada agregado, se pesa el agregado grueso, fino, la escoria de acero, el caucho triturado teniendo en cuenta que por norma la briqueta debe pesar 1200 gr.
- h. Preparación de la mezcla: los agregados, la escoria y el caucho previamente deben ser calentados a temperatura de 135 °C, puede ser con una estufa o con un horno. Los moldes metálicos (64 mm altura y 102 mm de diámetro) deben estar limpios de impurezas, el martillo Marshall deben tener una temperatura de 90 °C a 150 °C. El cemento asfáltico 60/70 debe ser calentado de acuerdo a su carta de viscosidad.



Figura 13. Calentado de los materiales a temperaturas de 135°C



Figura 12. Calentado del Martillo Marshall y cemento asfáltico.

Fuente: Elaborado por los autores.

- i. Colocación de la mezcla en el recipiente: Ya teniendo el aglutinante hecho se debe tomar la temperatura la cual debe estar entre 135 °C a 145°C.
- j. Proceso de compactación: Se pondrá un papel no absorbente adentro del molde metálico, luego se coloca la mezcla en el molde con la ayuda de espátula se chusea 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior.



Figura 15. Vaciado del material asfáltico en el molde metálico.



Figura 14. Compactación a 75 golpes por cara.

Se coloca nuevamente un papel en parte superior de la mezcla, se ensambla el molde en el pedestal de compactación con el sujetador. Se aplica el número requerido de golpes con el martillo que pueden ser 35, 50 y 75 golpes, se aplica el mismo número de golpes en la cara reversa del espécimen, se saca el molde del pedestal y para dejar enfriar a temperatura ambiente para que estos estén totalmente fríos debe transcurrir 24 horas. Si desea un enfriamiento más rápido se puede usar un ventilador.

Fuente: Elaborado por los autores.

- k. Número de probetas que se elaboraran: Se realizaran probetas con mezcla convencional, mezclas modificadas con escoria, mezclas modificadas con caucho triturado y mezclas modificadas con ambos productos, las tablas 8, 9, 10 y 11 se detalla el número de probetas.



Figura 16. Muestras: Briquetas asfálticas.

Fuente: Elaborado por los autores.

- I. Ensayo rice: se determina con la finalidad de determinar el peso específico de la mezcla asfáltica, en este caso la mezcla se trabaja a temperatura ambiente.

Equipos y material

Matraz de 2 lt.

Agua destilada.

Mezcla asfáltica con un peso de 1500 gr.

Bomba de vacíos.





Figura 17. Ensayo rice: Matraz + agua + mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia

- m. Ensayo de agua María: Las muestras que se encuentran en los moldes ya fríos son retirados con la ayuda de una gata hidráulica con base circular o son retirados con una quita muestra mecánico. Se llevará las muestras en un baño de agua a una temperatura  $60 \pm 1$  °C por 30 a 40 min.



Figura 18. Briquetas asfálticas en agua maría.

Fuente: Elaboración propia.

- n. Ensayo Marshall: Este ensayo consiste ensayar las muestras cilíndricas para determinar la estabilidad (Carga Máxima) y el flujo (punto máximo deformación), el tiempo desde que se saca del agua maría al ensayar la muestra no debe exceder los 30 segundos. La carga que se aplica es de 50mm/min hasta que falle.



Figura 19. Ensayo Marshall.

Fuente: Elaboración propia.

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

Para el análisis de datos depende mucho de los datos que se han recolectado durante el proceso de trabajo de campo, para el caso de datos estadísticos se debe usar una hoja electrónica como ayuda para poder procesar los datos cuantitativos (Borja, 2012, p.35). En la presente investigación se empleó la estadística descriptiva usando todas las herramientas estadísticas, elaboración de gráficos, recuadros de los resultados, como ayuda se usó el Software SPSS con la finalidad de analizar los datos por variable y validar la hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

Consiste en que los investigadores presenten sinceridad del contenido del proyecto de investigación, presentando datos reales y verificados por la empresa de laboratorio donde se lleva a cabo el desarrollo. Se respeta y se valora a los autores y normas establecidas que han sido citados, respecto a la norma ISO-690. Se debe presentar transparencia en la investigación de una forma en que los resultados no se alteren, ni se manipulen.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Requerimientos de calidad para los agregados

#### 4.1.1. Agregado Fino

Tabla 12. Requerimientos para agregado fino

Prueba	Referencia	Resultado	Requerimiento (MTC)
Equivalente de arena	MTC E 114	62.00%	60% min
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	40.00%	30% min
Índice de plasticidad (malla n°40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	4.80%	-
Índice de plasticidad (malla n°200)	MTC E 111	3.60%	4% máx
Sales solubles	MTC E 219	0.29%	0,5% máx
Absorción	MTC E 205	1.00%	0,5% máx

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 12, se muestran todos los ensayos de calidad para agregado fino, estos ensayos deben ser evaluados antes de llevar a cabo una mezcla asfáltica. Las pruebas que se muestran cumplieron con las especificaciones dadas por la norma MTC EG 2013, tabla 423-02. Los requerimientos deben ser estrictos para una altitud < 3000 m.s.n.m.

##### 4.1.1.1. Granulometría del agregado fino

Para realizar el análisis granulométrico del agregado fino se tomó las normas N.T.P 400.012 / ASTM C33, el material utilizado es proveniente de la cantera Planta de asfalto -Batangrande ubicado en el kilómetro 5.



Figura 20. Cuarteo del agregado fino.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 21. Lavado del material.

## Aparatos y equipos

Balanza: Debe tener una precisión en peso de 0.01 gr.

Tamices: son aquellos que se encuentran normalizados en la N.T.P 400.012.

Horno: Debe contar con una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Este equipo es empleado después de haber lavado el material.

Tabla 13. Análisis Granulométrico del agregado fino.

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	7.3	7.3	92.7
Nº 10	2.000	8.9	16.2	83.8
Nº 16	1.180	16.2	32.4	67.6
Nº 20	0.850	12.1	44.5	55.5
Nº 30	0.600	15.1	59.6	40.4
Nº 40	0.425	7.9	67.4	32.6
Nº 50	0.300	5.4	72.8	27.2
Nº 80	0.180	7.6	80.4	19.6
Nº100	0.150	5.5	85.9	14.1
Nº200	0.075	5.1	91.0	9.0

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 13, se muestra que el primer tamiz que retiene arena es la malla nº8 en una cantidad de 7.3%, y la ultimo tamiz que retiene es la malla nº200 con una cantidad de 5.1%. Los tamices que se emplean son de acuerdo a la N.T.P 400.012.



Figura 22. Análisis granulométrico del agregado fino



Fuente: Elaborado por los autores

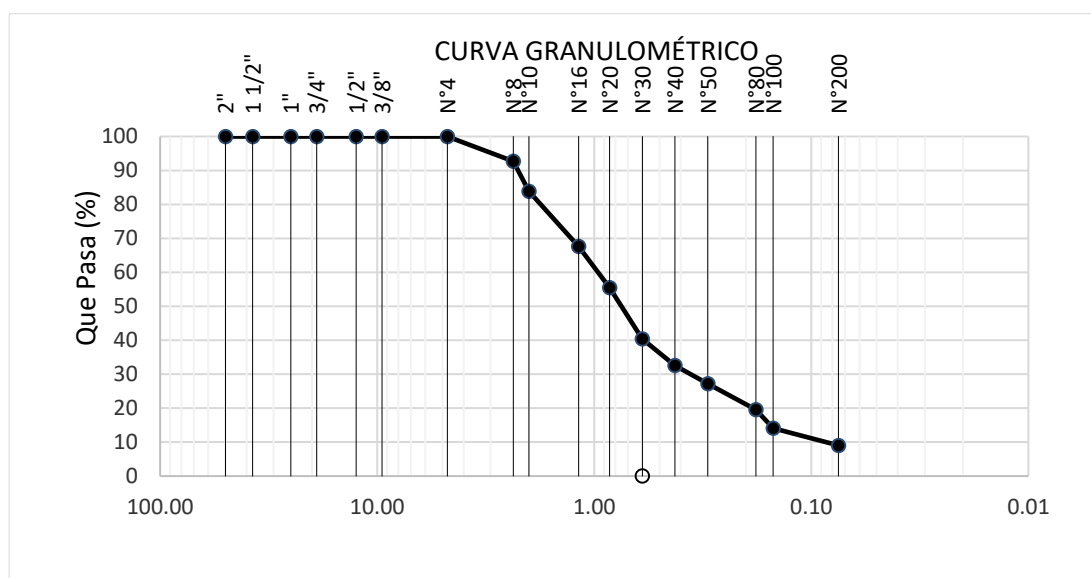


Figura 23. Curva granulométrica del agregado fino.

En la figura 23, se realizó la representación gráfica de la curva granulométrica del agregado fino, se usa los porcentajes pasantes acumulados que estarán puestos en el eje “Y” y en el eje “X” se ubican los tamices.

#### 4.1.2. Agregado Grueso

Tabla 14. Requerimiento de calidad para agregado grueso

Prueba	Referencia	Resultado	Requerimiento (MTC)
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	6.2%	18% máx
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	14.44%	40% máx
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	5.20%	10% máx
Caras fracturadas	MTC E 210	88.2/74.2	85/50 min
Sales solubles	MTC E 219	0.27%	0,5% máx
Absorción	MTC E 205	0.90%	1,0% máx

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 14, se muestran todos los ensayos de calidad para agregado grueso, estos ensayos deben ser evaluados antes de llevar a cabo una mezcla asfáltica. Las pruebas que se muestran cumplieron con las especificaciones dadas por la norma MTC EG 2013. Los requerimientos deben ser estrictos para una altitud <3000 m.s.n.m.

#### 4.1.2.1. Análisis granulométrico del agregado grueso

El agregado grueso es proveniente de la cantera Planta de asfalto -Batangrande. El procedimiento que se siguió fue cuartear el material y seleccionar una porción de esta y posteriormente se pesa, teniendo como un peso inicial.



Figura 24. Cuarteo y selección del agregado grueso.

Fuente: Elaborado por los autores

Luego con la ayuda del tamiz con aberturas pequeñas se empleó para lavar el material hasta que el agua que destile sea visualice transparente, posterior a esto el material debe ser secado en horno a una temperatura uniforme de 110°C por 24 hr.



Figura 25. Secado del agregado grueso a una temperatura de 110°C - 24hr

Fuente: Elaborado por los autores.

Ya culminado el proceso anterior el material ya puede estar dispuesto para realizar el ensayo granulométrico.



Figura 26. Tamices para ensayo granulométrico.

Fuente: Elaborado por los autores.

**Nota:** El agregado debe tener una temperatura ambiente con la finalidad de no tener errores en el cambio de peso.

Tabla 15. Analisis Granulométrico del agregado grueso.

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	15.1	15.1	84.9
3/8"	9.500	19.2	34.3	65.7
Nº 4	4.750	42.4	76.7	23.3
Nº 8	2.360	21.1	97.8	2.2
Nº 10	2.000	0.4	98.1	1.9
Nº 16	1.180	0.5	98.6	1.4
Nº 20	0.850	0.1	98.8	1.2
Nº 30	0.600	0.2	99.0	1.0
Nº 40	0.425	0.1	99.1	0.9
Nº 50	0.300	0.0	99.2	0.8
Nº 80	0.180	0.1	99.3	0.7
Nº100	0.150	0.1	99.4	0.6
Nº200	0.075	0.2	99.6	0.4

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 15, se muestra que el primer tamiz que retiene grava es la malla 1/2" en una cantidad de 15.1%, y el ultimo tamiz que retiene es la malla nº200 con una cantidad de 0.2%. Los tamices que se emplean son de acuerdo a la N.T.P 400.012.

El tamaño máximo (TM) del agregado grueso es  $\frac{3}{4}$ " , debido que esta malla pasa el 100%. El tamaño máximo nominal es  $\frac{1}{2}$ " debido que es el primer retenido.

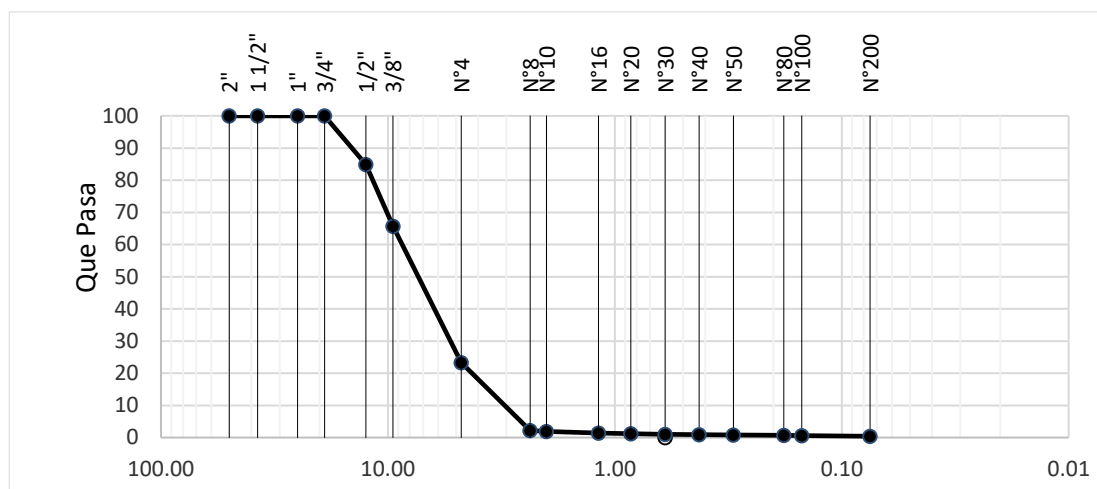


Figura 27. Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 16. Resultados de pruebas fundamentales para el Agr. Fino y Grueso.

Agregado	Ensayos	Und.	Referencia	Resultados
Fino	Peso específico de masa	g/cm <sup>3</sup>	MTC E 205	2.635
	Peso específico de masa sat.sup. Seco	g/cm <sup>3</sup>	MTC E 205	2.661
	Peso específico aparente	g/cm <sup>3</sup>	MTC E 205	2.705
Grueso	Peso específico de masa	g/cm <sup>3</sup>	MTC E 206	2.670
	Peso específico de masa sat.sup. Seco	g/cm <sup>3</sup>	MTC E 206	2.70
	Peso específico aparente	g/cm <sup>3</sup>	MTC E 206	2.74

Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla 16, se muestran los resultados de acuerdo a la norma MTC E 205 y E206, resultando un peso específico en seco para agregado fino y grueso en 2.635 gr/cm<sup>3</sup> y 2.670 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.

## 4.2. Características físicas de la escoria de acero y caucho triturado.

### 4.2.1. Resultados de pruebas fundamentales para la escoria de acero.

Para el material de escoria de acero se llevará a cabo determinar el peso específico de la masa, peso especificado S.S, análisis granulométrico y absorción. Para determinar las características químicas del material se realizó un ensayo químico.

Tabla 17. Prueba fundamental de la escoria de acero.

1.- Masa de la muestra secada al horno	(gr)	1591	1502
2.- Masa de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	1654	1559
3.- Masa de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	2168	2101
4.- Masa de la canastilla	(gr)	1025	1025
5.- Masa de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	1143	1076

II.- RESULTADOS

1.- peso específico de masa	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.114	3.110
2.- peso específico de masa saturado superficialmente seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.237	3.228
3.- peso específico aparente	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.551	3.526
4.- porcentaje de absorción	%	4.0	3.8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se aprecia que las muestras a ensayar fueron 2, resultando del promedio de estas, se obtuvo un peso específico de la masa para la escoria de acero de 3.112 gr/cm<sup>3</sup>, un P.E superficialmente seco 3.232 gr/cm<sup>3</sup>, una absorción de 3.877% y un peso específico aparente de 3.539 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2.1.1. Ensayo granulométrico

Tabla 18. Análisis Granulométrico de la escoria de acero

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	3.8	3.8	96.2
3/8"	9.500	12.2	16.1	83.9
Nº 4	4.750	80.0	96.1	3.9
Nº 8	2.360	3.9	100.0	0.0
Nº 10	2.000	0.0	100.0	0.0
Nº 16	1.180	0.0	100.0	0.0
Nº 20	0.850	0.0	100.0	0.0
Nº 30	0.600	0.0	100.0	0.0
Nº 40	0.425	0.0	100.0	0.0
Nº 50	0.300	0.0	100.0	0.0
Nº 80	0.180	0.0	100.0	0.0
Nº 100	0.150	0.0	100.0	0.0
Nº 200	0.075	0.0	100.0	0.0

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 18, se muestra que el tamaño máximo (TM) de la escoria de acero es  $\frac{3}{4}$ ", debido que esta malla permite el pase del 100% del material. El tamaño máximo nominal es  $\frac{1}{2}$ " de acuerdo que es el primer retenido que se presenta. Se nota que este material siderúrgico carece de material de partículas más pequeñas menores al tamiz N°8.

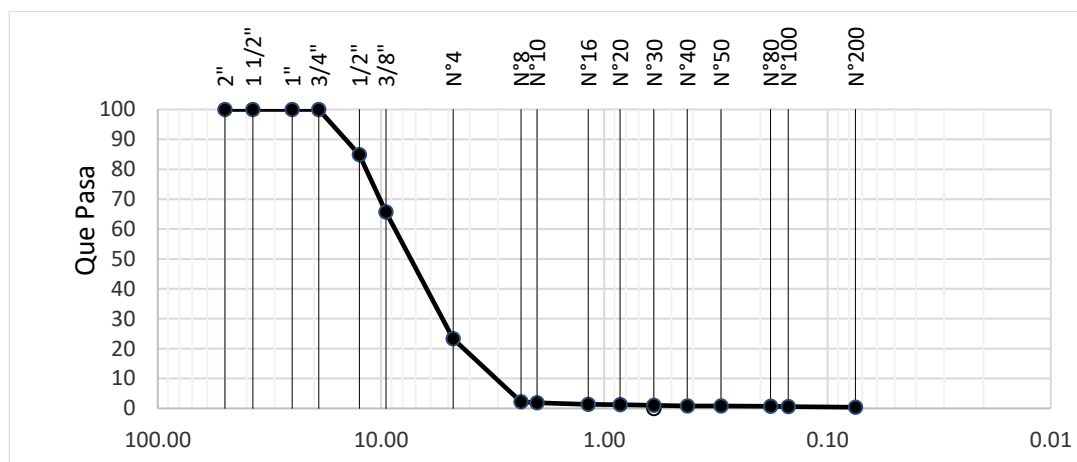


Figura 28. Curva granulométrica de la escoria de acero.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28, se muestra la curva granulométrica procedente de la escoria de acero, el gráfico se desarrolló con los porcentajes pasantes de cada tamiz tiene un comportamiento logarítmico. Los tamices que se emplean son de acuerdo a la N.T.P 400.012.

Tabla 19. Análisis físicoquímicos (FQ)

Determinaciones	Und	Resultados
PH	PH	10.7
Humedad	%	0.29
SiO <sub>2</sub>	%	35.43
CaO	%	37.23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	10.90
MgO	%	6.14
FeO	%	0.85
Poder calorífico promedio	kJ/kg	15300

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2. Características físicas para el caucho triturado

Tabla 20. Determinación de la densidad del Caucho Triturado

Masa del Caucho Triturado (g)	25.00
Volumen inicial kerosene (Cm <sup>3</sup> )	0.00
Volumen final desplazado kerosene (Cm <sup>3</sup> )	18.9
<b>Densidad del Caucho Triturado (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.32</b>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 20, se muestra una densidad del caucho triturado de 1.32 gr/cm<sup>3</sup>, para este ensayo se empleó la NTE INEN 156. Los materiales empleados fueron kerosene y caucho triturado. Como instrumento de medición se usaron: una balanza con una precisión de 0.01 gr y fiola de vidrio.

Tabla 21. Análisis Granulométrico del caucho triturado.

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	1.66	0.0	100.0
Nº 8	2.360	3.99	7.3	92.7
Nº 10	2.000	4.78	16.2	83.8
Nº 16	1.180	12.90	32.4	67.6
Nº 20	0.850	11.75	44.5	55.5
Nº 30	0.600	11.33	59.6	40.4
Nº 40	0.425	24.70	67.4	32.6
Nº 50	0.300	10.60	72.8	27.2
Nº 80	0.180	10.64	80.4	19.6
Nº100	0.150	2.69	85.9	14.1
Nº200	0.075	2.39	91.0	9.0

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 21, se muestra que el primer tamiz que retiene caucho triturado es la malla nº4 en una cantidad de 1.66%, y la ultimo tamiz que retiene material es la malla nº200 con una cantidad de 2.39%. Los tamices que se emplean son de acuerdo a la N.T.P 400.012.

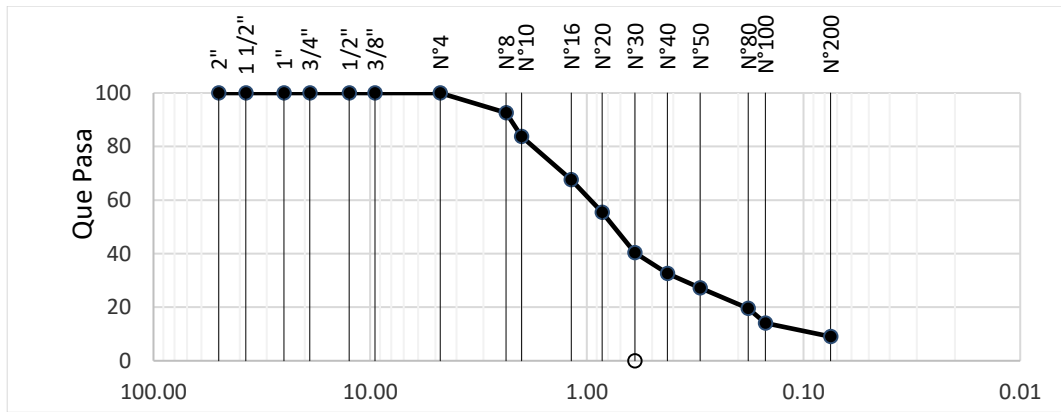


Figura 29. Curva granulométrica del caucho triturado

Fuente: Elaborado por los autores

La figura 29, es una curva granulométrica logarítmica que este compuesto por los porcentajes pasantes versus los tamices. El ensayo se hizo con el caucho triturado.

### 4.3. Desarrollo experimental del Método Marshall

#### 4.3.1. Mezcla asfáltica convencional

Para comenzar con el diseño de las mezclas asfálticas en caliente, lo primero se debe analizar qué tipo de MAC cumple la gradación de los agregados.

Tabla 22. Combinación teórica para el diseño.

Malla		45	54	1	100	GRADACIÓN MAC - 2
		% Que Pasa				
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	93.2	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	84.6	70 - 88
N° 4	4.750	23.3	100.0	100.0	65.5	51 - 68
N° 8	2.360	2.2	92.7	100.0	52.0	
N° 10	2.000	1.9	83.8	100.0	47.1	38 - 52
N° 16	1.180	1.4	67.6	100.0	38.1	
N° 20	0.850	1.2	55.5	100.0	31.5	
N° 30	0.600	1.0	40.4	100.0	23.3	
N° 40	0.425	0.9	32.6	100.0	19.0	17 - 28
N° 50	0.300	0.8	27.2	100.0	16.0	
N° 80	0.180	0.7	19.6	100.0	11.9	8 - 17
N°100	0.150	0.6	14.1	100.0	8.9	
N°200	0.075	0.4	9.0	100.0	6.1	4 - 8

Fuente: Elaborado por los autores.



**Interpretación:** Como se aprecia en la tabla 22, la combinación de los agregados (fino, grueso y filler) fueron los resultados de los % que pasan, en cual el MAC-2 el tipo de gradación que se adecua con respecto a la combinación teórica de los agregados. Posteriormente se define tener una dosificación de agregados al 45% de agregado grueso, 54% de agregado fino y 1% de filler, la sumatoria de estos da un 100%.

Tabla 23. Tipos de MAC, de acuerdo al MTC.

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: MTC EG (2013), Tabla 423-03

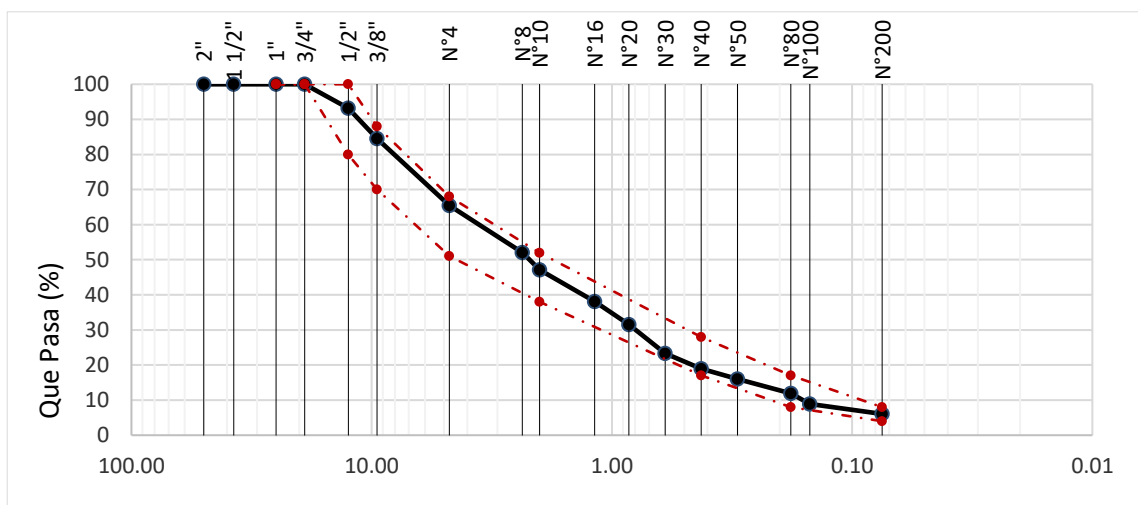


Figura 30. Curva granulométrica de la Combinación teórica de los agregados.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 30, se muestra la curva granulométrica de la combinación teórica de los agregados, con la elección del MAC-02 se estableció los parámetros granulométricos, en cual se muestra que la curva se encuentra dentro los límites establecidos por la norma MTC EG 2013- sección 423-03.

Tabla 24. Cantidad de material usado para elaborar las briquetas convencionales por cada %C. A

Descripción	Und.	Cantidad			
		5	5,5	6	6,5
Asfalto (PEN 60-70)	%	5	5,5	6	6,5
P. Asfalto	gr	60	66	72	78
P. Agregado grueso	gr	513.00	510.30	507.60	504.90
P. Agregado fino	gr	615.60	612.36	609.12	605.88
Filler	gr	11.40	11.34	11.28	11.22
P. prom. de biqueta	gr	1200			

Fuente: Elaborado por los autores.

Para la tabla 24, se muestra que los porcentajes de cemento asfáltico usados son de 5%, 5.5%, 6.0% y 6.5%, en cual las briquetas que se elaboran deben tener un peso 1200 gr. Además, se está especificando la cantidad de material que usara para elaborar muestras asfálticas.

En la tabla 25, se muestra los resultados de las propiedades físicas y mecánicas que se obtuvieron con el procedimiento del Método Marshall (ASTM D 6927), estos resultados están dados por cada porcentaje de cemento asfáltico (5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%). Mostrando los parámetros de diseño como especificaciones técnicas de acuerdo a la norma MTC EG 2013- sección 423-06 para un tráfico pesado.

Tabla 25. Propiedades físicas - mecánicas para el diseño convencional.

Propiedades	Resultados				Esp. Técnica
% C. A.	5.00	5.50	6.00	6.50	
P. UNITARIO (gr/cm <sup>3</sup> )	2.40	2.40	2.40	2.41	
% VACIOS	5.47	5.48	3.33	2.33	3 - 5
%V.M.A.	15.14	15.55	15.78	16.19	14 MIN
POLVO / ASFALTO	0.67	0.70	0.86	0.96	0.6 - 1.3
FLUJO (0.01")	7.80	9.03	9.67	11.00	8-14
ESTABILIDAD (kg)	1309.36	1331.89	1337.44	1303.81	815 kg.
ESTABILIDAD/ FLUJO	4269.20	3745.95	3516.85	3013.91	1700 – 4000 (kg/cm)

Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.3.2. Gráficos de las curvas del ensayo Marshall.

En la figura 31, se observa que se tomó 4.4% de vacíos, en cual se eligió una dosificación óptima de asfalto de 5.8%, con este dato se determinará las propiedades físicas – mecánicas restantes.

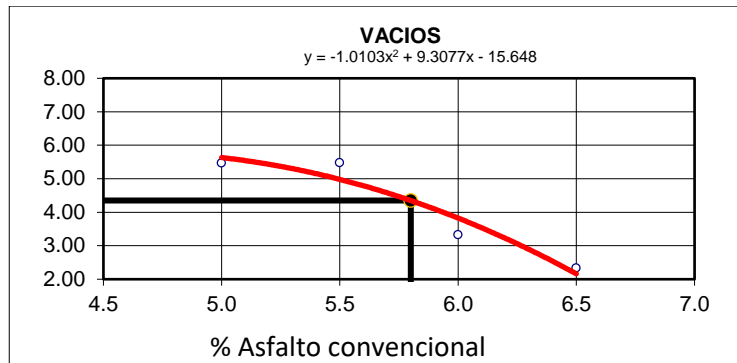


Figura 31. Vacíos vs % asfalto convencional

Fuente: Elaborado por los autores.

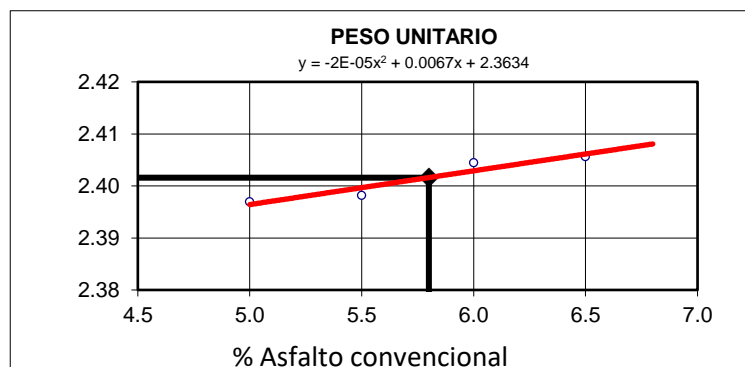


Figura 32. Peso unitario vs % asfalto convencional

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 32, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 5.8% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene un peso unitario 2.402 gr/cm<sup>3</sup>.

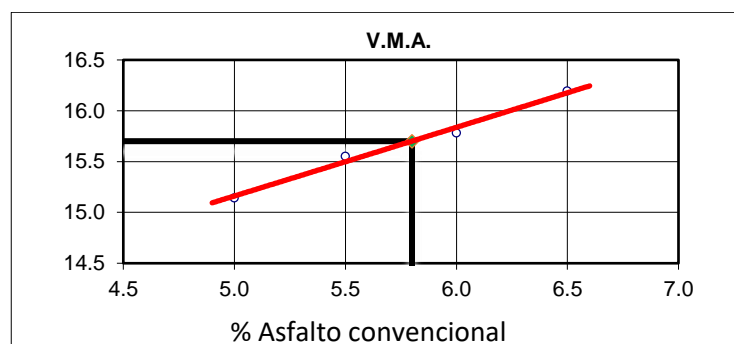


Figura 33. V.M.A vs % asfalto convencional.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 33, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 5.8% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 15.70 % de

vacíos de agregado mineral, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-08 en cual nos manifiesta que el VMA debe ser como mínimo 14%.

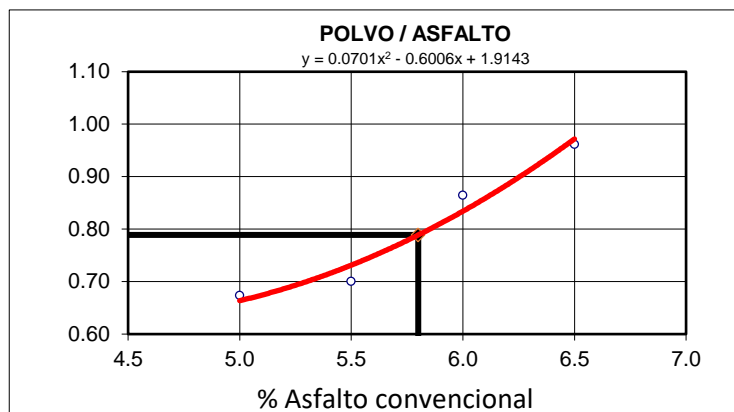


Figura 34. Polvo/asfalto vs % asfalto convencional.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 34, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 5.8% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 0.79 la relación polvo/asfalto, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que la relación polvo/asfalto se debe encontrar entre 0.6 – 1.3.

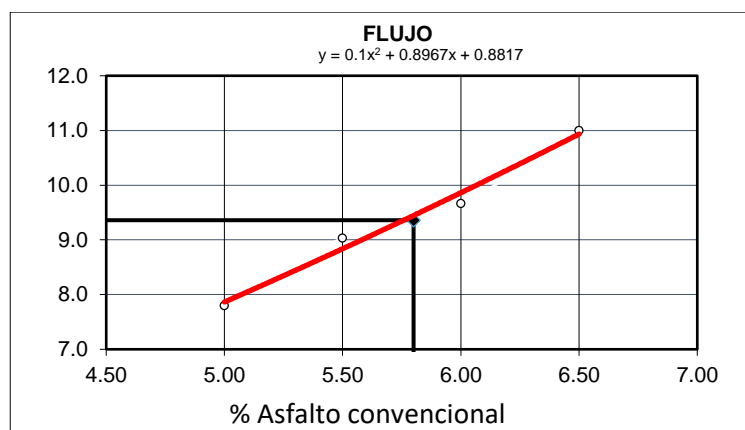


Figura 35. Flujo vs % asfalto convencional.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 35, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 5.8% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 9.4 (0.01") de flujo, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que el flujo se debe encontrar entre 8 – 14 (0.01").

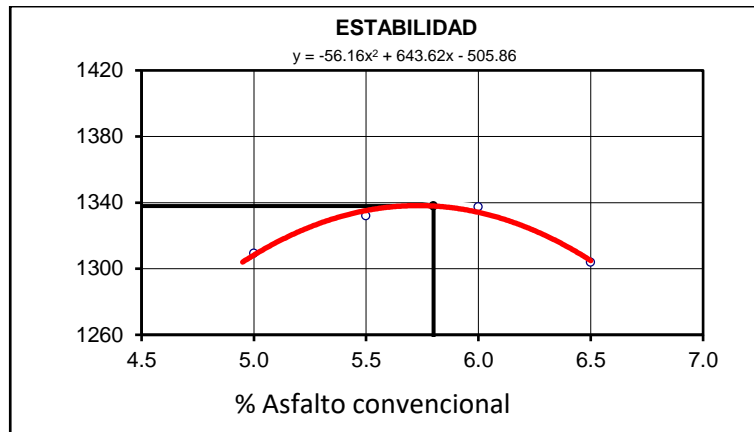


Figura 36. Estabilidad vs % asfalto convencional

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 36, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 5.8% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 1337.91 (kg) de estabilidad o 13.11 kn, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que la estabilidad se debe tener como mínimo 8.15 kn.

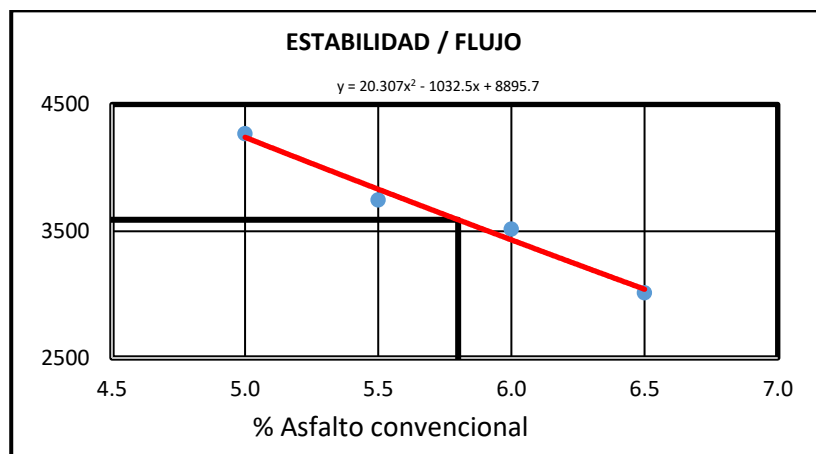


Figura 37. Estabilidad/flujo vs % asfalto convencional

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 37, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 5.8% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene una relación estabilidad/flujo de 3590.3 kg/cm, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que la relación estabilidad/flujo se debe encontrar entre 1700 – 4000 kg/cm.

Tabla 26. Resultados óptimos del diseño asfáltico convencional

<b>GOLPES</b>	<b>75</b>	<b>75</b>
% C. A.	5.80	
P. UNITARIO	2.402	
VACIOS	4.4	3 - 5
V.M.A.	15.7	14.0
POLVO / ASFALTO	0.79	0.6 - 1.3
FLUJO	9.4	8-14
ESTABILIDAD	13.1	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3590.3	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 26, se muestra que la dosificación óptima del cemento asfáltico es 5.80%, con un % de vacíos de 4.4%. resultado que las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica convencional cumplen con las especificaciones mínimas y máximas establecidas en la norma ASTM D 6927 o en el MTC EG 2013- tabla 423-06.

#### 4.3.3. Mezcla asfáltica modificada con caucho triturado

Diseño de la mezcla asfáltica con caucho triturado con dosificaciones de (0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80% y 1.00%) en remplazo de agregado fino.

##### 4.3.3.1. Mezcla asfáltica modificada con caucho triturado a 0.20%.

Tabla 27. Granulometría con caucho triturado a 0.20%.

<b>Malla</b>		45.00	0.11	53.89	1.00	100.00	<b>GRADACIÓN</b>
<b>Pulg.</b>	<b>(mm.)</b>	<b>% Que Pasa</b>					
		<b>A. Grueso</b>	<b>Caucho</b>	<b>A. Fino</b>	<b>Filler</b>	<b>Combinado</b>	<b>MAC - 2</b>
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.2	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.6	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.5	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.1	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	19.0	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.9	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.1	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 27, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar caucho triturado a 0.20% en remplazo del agregado fino en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 45% + Caucho 0.11% + A. Fino 53.89% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

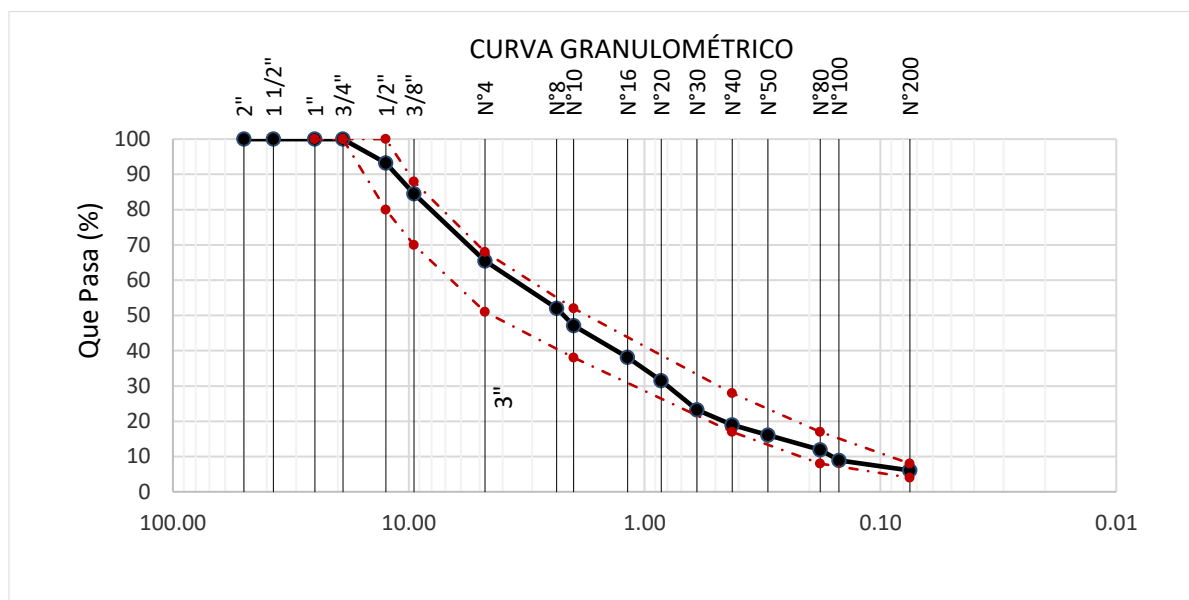


Figura 38. Curva granulométrica con caucho triturado 0.20%.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 38, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva se encuentra dentro de los límites de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 28. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.20% de caucho triturado.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P.unitario (gr/cm3)	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	9.1	19.3	2.253	14.0	1345.0	2440.1
5.5	7.4	18.3	2.293	16.3	1559.0	2424.2
6.0	6.1	18.9	2.287	17.0	1595.4	2388.3
6.5	4.9	18.6	2.310	19.0	1971.7	2641.5
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 28, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 0.20% de caucho triturado.

Tabla 29. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.20% de caucho triturado.

GOLPES	75	75
% C. A.	5.70	
P. UNITARIO	2.288	
VACIOS	6.8	3 - 5
V.M.A.	18.6	14 mín.
POLVO / ASFALTO	0.85	0.6 - 1.3
FLUJO	16.5	8-14
ESTABILIDAD	15.2	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	2384.8	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.3.3.2. Mezcla asfáltica modificada con caucho triturado a 0.40%.

Tabla 30. Granulometría con caucho triturado a 0.40%.

Malla		45.00	0.22	53.78	1.00	100.00	GRADACIÓN  MAC - 2
		% Que Pasa					
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.2	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.6	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.5	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.1	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	19.0	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.9	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.0	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar caucho triturado a 0.40% en remplazo del agregado fino en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 45% + Caucho 0.216% + A. Fino 53.78% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.



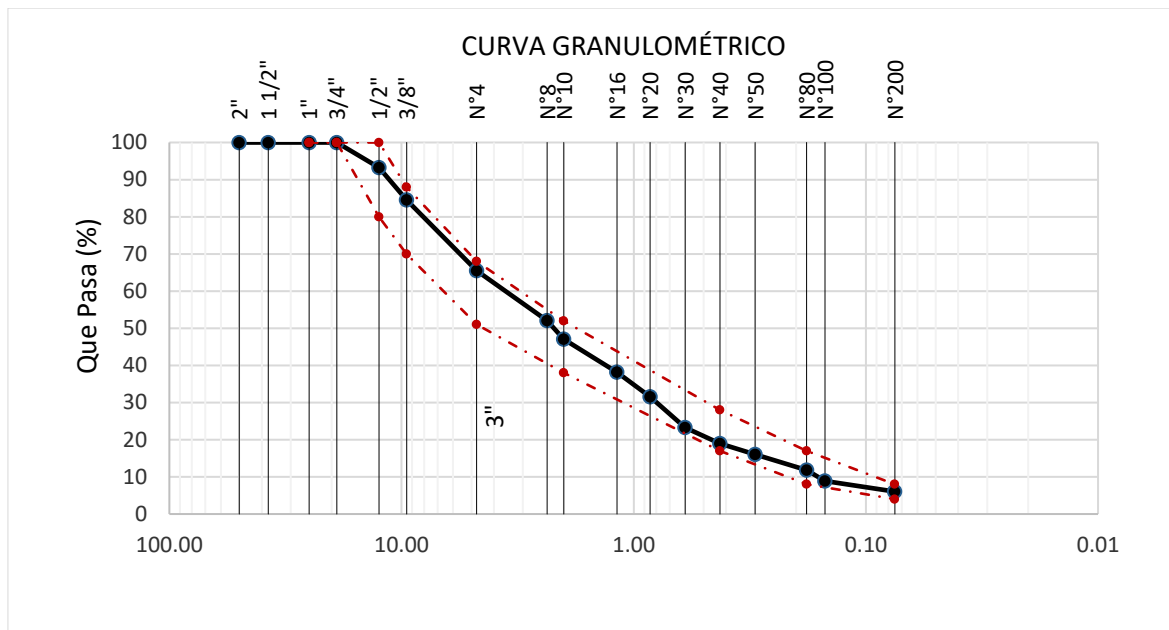


Figura 39. Curva granulométrica con caucho triturado 0.40%.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 39, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva se encuentra dentro de los límites de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 31. características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.40% de caucho triturado.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P.unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	8.0	18.8	2.264	13.9	1556.3	2861.2
5.5	6.7	18.6	2.282	15.1	1616.1	2789.6
6.0	5.2	18.2	2.305	17.3	1815.2	2722.4
6.5	4.6	18.9	2.298	19.0	1860.8	2493.8
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 31, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 0.40% de caucho triturado.

Tabla 32. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.40% de caucho triturado

GOLPES	75	75
% C. A.	6.40	
P. UNITARIO	2.299	
VACIOS	4.7	3 - 5
V.M.A.	18.7	14.0
POLVO / ASFALTO	1.04	0.6 - 1.3
FLUJO	18.7	8-14
ESTABILIDAD	18.2	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	2547.2	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.3.3.3. Mezcla asfáltica modificada con caucho triturado a 0.60%.

Tabla 33. Granulometría con caucho triturado a 0.60%.

Malla		45.00	0.32	53.68	1.00	100.00	GRADACIÓN  MAC - 2
		% Que Pasa					
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.2	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.6	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.5	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.1	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.2	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	19.0	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.8	8 - 17
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.0	4 - 8

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 33, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar caucho triturado a 0.60% en remplazo del agregado fino en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 45% + Caucho 0.32% + A. Fino 53.68% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

En la figura 40, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva se encuentra dentro de los límites de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

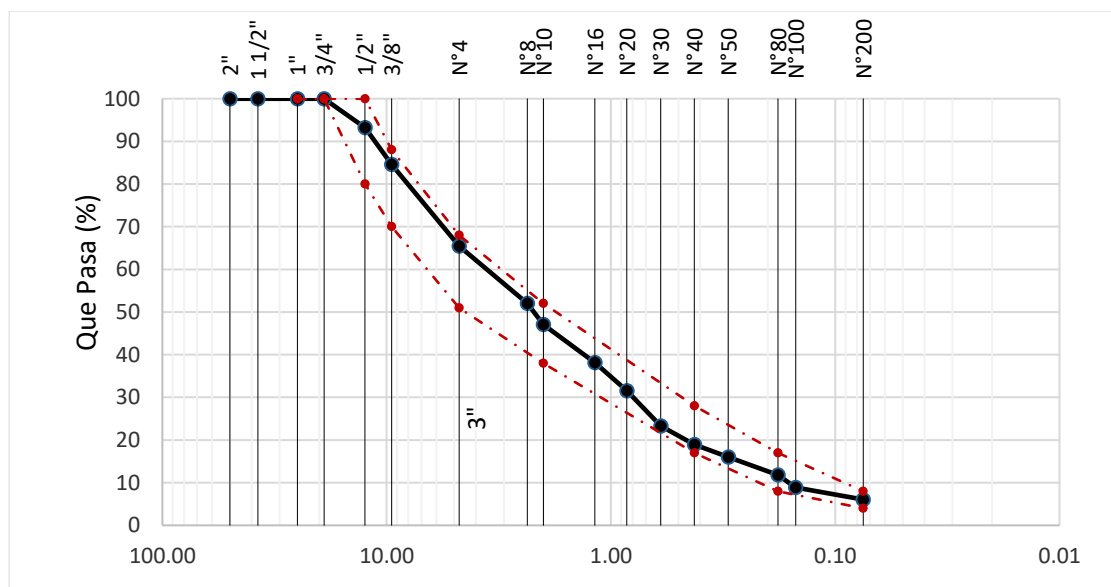


Figura 40. Curva granulométrica con caucho triturado 0.60%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 34. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.60% de caucho triturado

%C.A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P.unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	10.2	19.6	2.240	16.0	1218.6	1935.3
5.5	7.6	19.1	2.265	18.0	1250.3	1767.6
6.0	6.9	19.2	2.275	17.0	1416.3	2122.3
6.5	7.4	20.5	2.250	13.2	1616.5	3119.1
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 34, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 0.60% de caucho triturado.

Tabla 35. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.60% de caucho triturado

GOLPES	75	75
% C. A.	6.10	
P. UNITARIO	2.272	
VACIOS	6.8	3 - 5
V.M.A.	19.4	14.0
POLVO / ASFALTO	0.95	0.6 - 1.3
FLUJO	16.5	8-14
ESTABILIDAD	14.1	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	2285.3	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores.

#### 4.3.3.4. Mezcla asfáltica modificada con caucho triturado a 0.80%.

Tabla 36. Granulometría con caucho triturado a 0.80%.

Malla		45.00	0.43	53.57	1.00	100.00	GRADACIÓN  MAC - 2
		% Que Pasa					
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.20	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.55	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.47	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.04	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.11	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.17	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.55	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.33	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	18.95	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.01	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.82	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.85	
Nº200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.03	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 36, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar caucho triturado a 0.80% en remplazo del agregado fino en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 45% + Caucho 0.43% + A. Fino 53.57% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

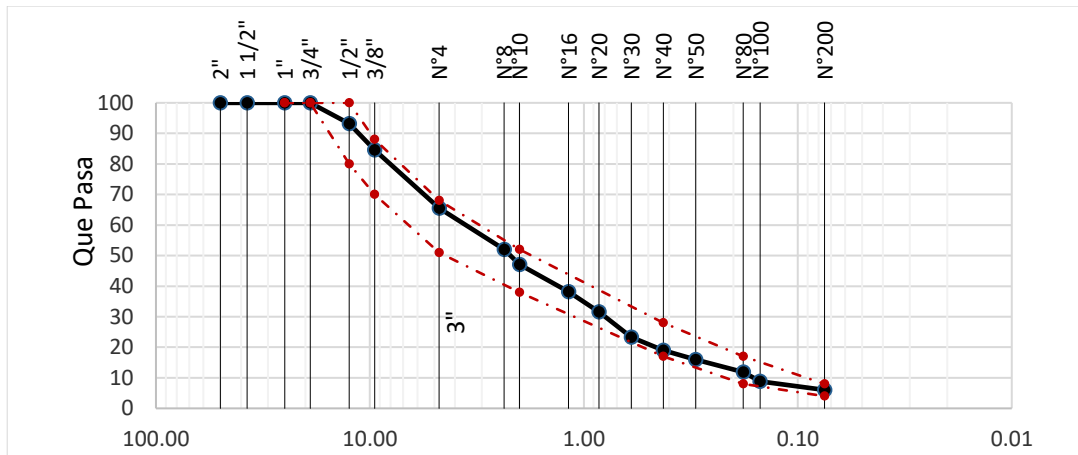


Figura 41. Curva granulométrica con caucho triturado 0.80%.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 41, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva se encuentra dentro de los límites de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 37. características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 0.80% de caucho triturado

%C.A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P.unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	8.2	18.9	2.258	11.2	1340.6	3050.8
5.5	6.0	18.0	2.293	11.2	1615.2	3674.8
6.0	4.7	17.7	2.315	13.2	1788.7	3451.4
6.5	4.0	18.4	2.307	14.5	2287.5	4010.2
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 37, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 0.80% de caucho triturado.

En la tabla 38, se puede observar que la dosificación de 0.80% de caucho triturado que se incorporó en la mezcla asfáltica, cumple con todas las características físicas y mecánicas dadas por norma MTC EG2013- sección 423-06, en cual se define que la dosificación de 0.80% de caucho triturado es la óptima.

Tabla 38. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 0.80% de caucho triturado

GOLPES	75	75
% C. A.	5.90	
P. UNITARIO	2.310	
VACIOS	4.8	3 - 5
V.M.A.	17.7	14.0
POLVO / ASFALTO	0.94	0.6 - 1.3
FLUJO	12.5	8-14
ESTABILIDAD	17.5	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3645.1	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores.

#### 4.3.3.5. Mezcla asfáltica modificada con caucho triturado a 1.00%.

En la tabla 39, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar caucho triturado al 1.00% en remplazo del agregado fino en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 45% + Caucho 0.54% + A. Fino 53.46% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 39. Granulometría con caucho triturado a 1.00%.

Malla		45.00	0.54	53.46	1.00	100.00	GRADACIÓN  MAC - 2
		% Que Pasa					
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.20	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.55	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.47	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.04	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.11	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.18	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.56	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.34	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	18.95	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.00	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.81	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.84	
Nº200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.03	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaborado por los autores.

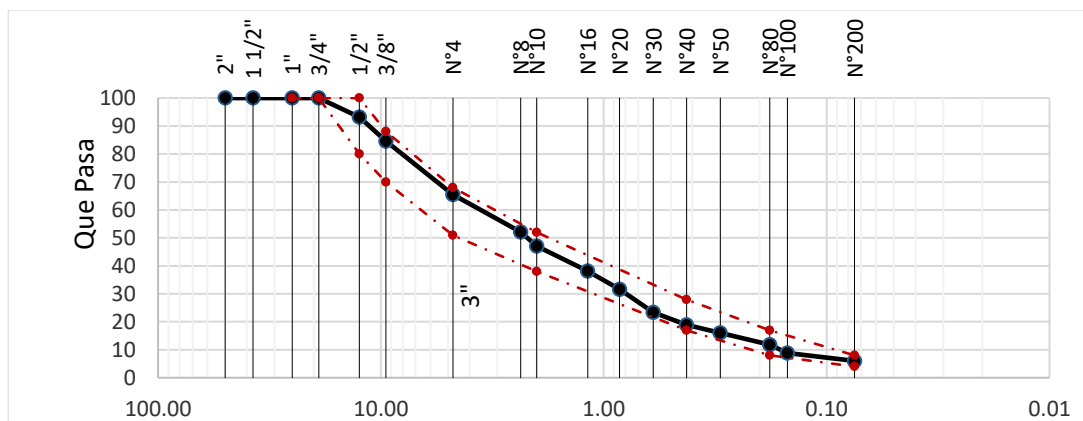


Figura 42. Curva granulométrica con caucho triturado 1.00%.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 42, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva se encuentra dentro de los límites de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 40. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 1.00% de caucho triturado.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P.unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	8.5	19.4	2.241	13.0	1217.8	2379.3
5.5	10.2	20.4	2.224	15.2	1455.6	2450.8
6.0	7.2	19.4	2.265	15.3	1848.0	3068.7
6.5	4.8	18.3	2.308	16.0	1715.0	2722.6
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 40, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 1.00% de caucho triturado.

Tabla 41. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 1.00% de caucho triturado

GOLPES	75	75
% C. A.	5.80	
P. UNITARIO	2.245	
VACIOS	8.8	3 - 5
V.M.A.	19.8	14.0

POLVO / ASFALTO	0.84	0.6 - 1.3
FLUJO	15.4	8-14
ESTABILIDAD	16.6	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	2801.8	1700 - 4000

Fuente: Elaboración por los autores.

En la tabla 42, se muestra el resumen de los resultados que se obtuvieron por cada diseño de mezcla asfáltica incorporando caucho triturado por agregado fino en (0.10%, 0.20%, 0.30%, 0.40% y 0.50%). Los parámetros de calidad que se establecieron fueron de acuerdo a la norma MTC EG 2013, la sección 423-06/ASTMD 6927 de mezclas asfáltica en caliente para el tipo de tráfico pesado.

Tabla 42. Resumen de los resultados del diseño de la mezcla asfáltica con caucho triturado

Dosificaciones óptimas		índice Rigidez (kg/cm)	Estabilidad (kN)	Flujo (0.01")	P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	%V.M.A	%Vacíos	%C.A
Especificaciones	(ASTM D 6927)	1700 - 4000	8.15 min	8-14	--	14.00 min	3 - 5	--
Convencional	0%	3590.3	13.1	9.4	2.402	15.7	4.4	5.80
Caucho triturado	0.20%	2384.8	15.2	16.5	2.288	18.6	6.8	5.70
	0.40%	2547.2	18.2	18.7	2.299	18.7	4.7	6.40
	0.60%	2285.3	14.1	16.5	2.272	19.4	6.8	6.10
	<b>0.80%</b>	<b>3645.1</b>	<b>17.5</b>	<b>12.5</b>	2.310	<b>17.7</b>	<b>4.8</b>	<b>5.90</b>
	1.00%	2801.8	16.6	15.4	2.245	19.8	8.8	5.80

Fuente: Elaborado por los autores.

Estos resultados están en base a los porcentajes óptimos de cemento asfáltico para cada diseño. Al analizar los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica con la incorporación de caucho triturado en comparación al convencional se verificó que el porcentaje óptimo es al 0.80% demostrando que sus características influyen positivamente y cumplen con las especificaciones mínimas y máximas de acuerdo a la norma MTC EG 2013.



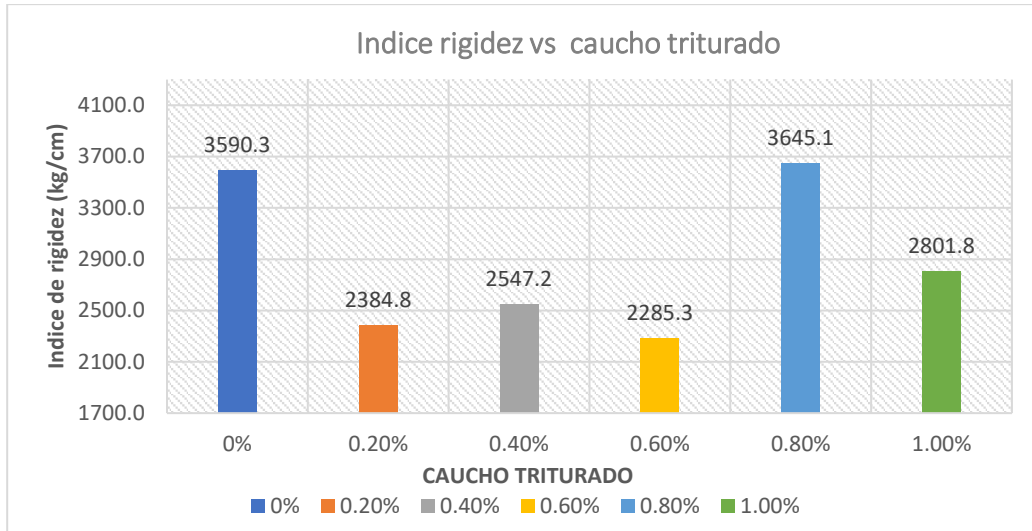


Figura 43.Indice Rigidez vs caucho triturado

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 43, se puede observar que el índice de rigidez comienza a disminuir según la cantidad de caucho triturado que se incorpora, a diferencia del porcentaje de 0.80% de caucho triturado tuvo un comportamiento contrario de las otras dosificaciones, teniendo un índice de rigidez 3645.1 kg/cm, en cual tuvo un incremento del 1.53% con respecto a la mezcla convencional.

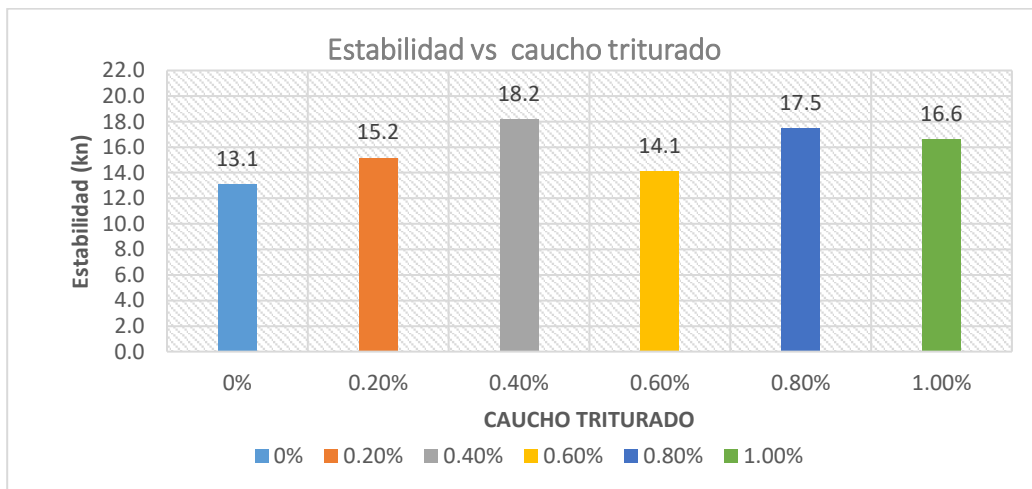


Figura 44.Estabilidad vs caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

En figura 44, se puede observar que el valor de la estabilidad de la mezcla patrón es inferior a las otras mezclas modificadas, en cual el valor mayor es de 18.2 kn proveniente del diseño modificado con 0.40% de caucho triturado.

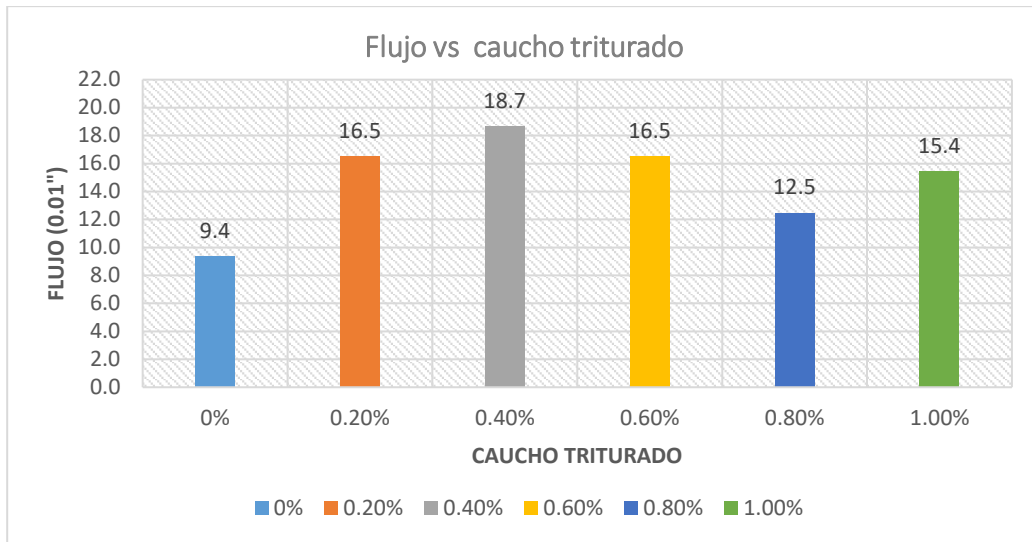


Figura 45. Flujo vs caucho triturado

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 45, se puede observar que los diseños con caucho triturado al 0.20%, 0.40%, 0.60% y 1.00% no cumplen con el flujo de acuerdo a la norma MTC EG 2013 en donde especifica que los valores se deben encontrarse entre 8 – 14 (0.01”).

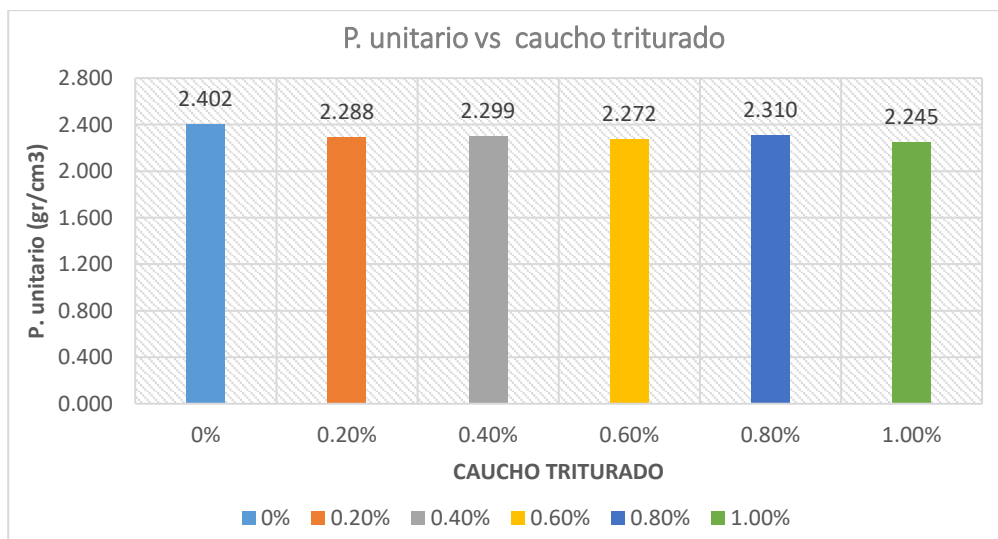


Figura 46. P. unitario vs caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 46, se puede observar que el peso unitario (gr/cm<sup>3</sup>) disminuye según la cantidad de caucho triturado que se va incrementando a la mezcla asfáltica, la influencia es mínima.

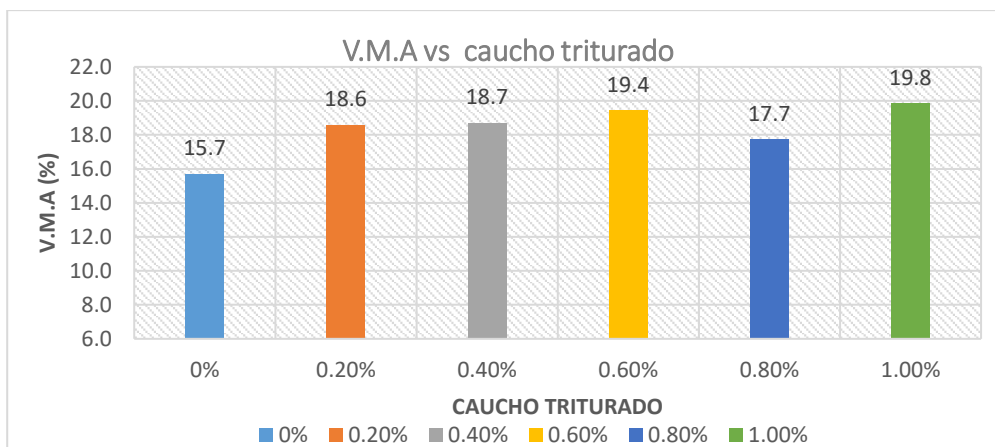


Figura 47.V.M.A(%) vs caucho triturado

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 47, se puede observar que los valores del V.M.A modificados con caucho triturado son mayores que la muestra convencional, de acuerdo a la norma MTC EG 2013 el valor mínimo de V.M.A deben ser 14.

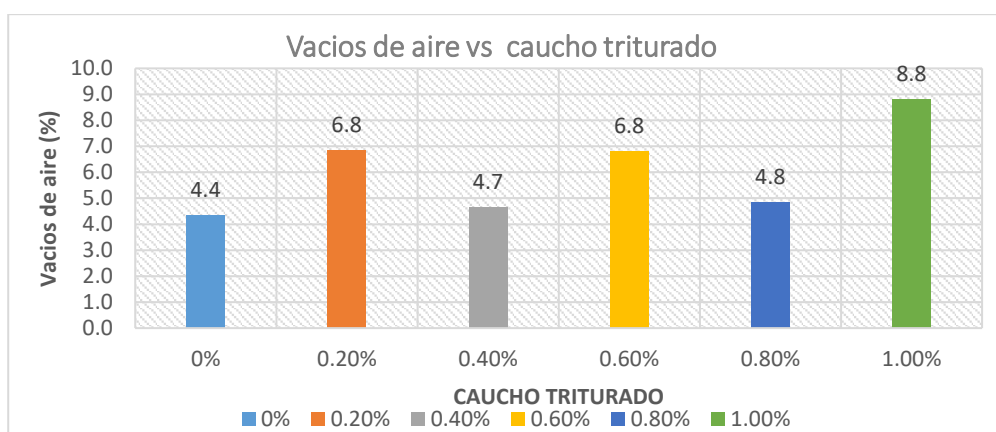


Figura 48.Vacíos de aire (%) vs caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 48, se puede observar que los valores de vacíos de aire con caucho triturado son superiores a la muestra patrón, en cual el diseño asfáltico con 0.80% de caucho triturado y el 0% cumple con la normativa vigente MTC EG 2013 que especifica que los vacíos deben estar en rango de 3 – 5%

En la figura 49, se observa que al principio los valores de cemento asfáltico aumentan conforme aumenta el caucho triturado, pero a partir del diseño con 0.60% de caucho triturado disminuye.

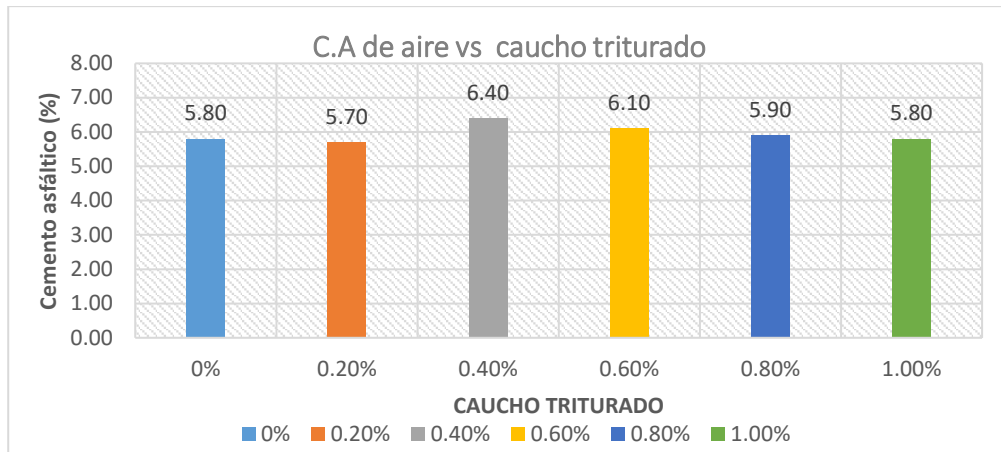


Figura 49. C.A (%) vs caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

#### 4.3.4. Mezcla asfáltica modificada con escoria de acero

Se realizó diseños de la mezcla asfáltica con escoria de acero al (3%, 6.0%.9.0%,12.0%, 15%) en remplazo del agregado grueso.

##### 4.3.4.1. Mezcla asfáltica modificada con escoria de acero al 3%.

Tabla 43. Granulometría con escoria de acero al 3.00%.

Malla		43.7	1.4	54.0	1.0	100.0	GRADACIÓN  MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.4	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	84.8	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	65.2	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.1	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	19.0	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.9	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.1	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 43, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar escoria de acero al 3% en remplazo del agregado grueso en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 43.7% + Escoria Acero 1.4% + A. Fino 54% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

En la figura 50, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de agregado grueso, agregado fino, escoria de acero y filler de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites establecidos de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

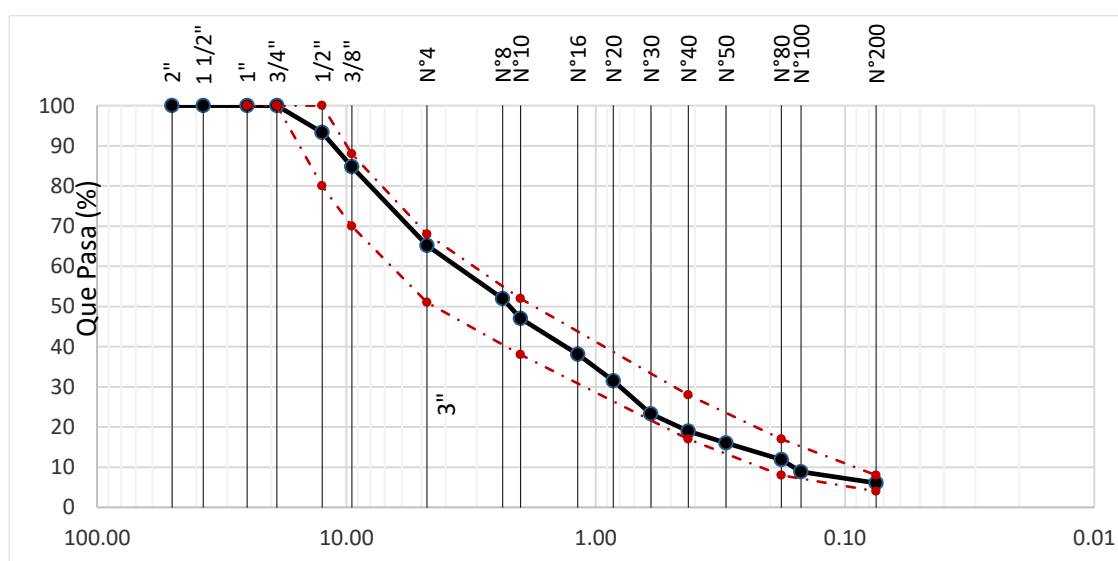


Figura 50. Curva granulométrica con escoria de acero 3.00%.

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 44. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 3.00% de escoria de acero.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P. unitario (gr/cm3)	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	8.2	18.5	2.283	11.7	1515.0	3299.9
5.5	7.5	19.1	2.278	11.9	1597.2	3400.4
6.0	4.8	18.3	2.312	13.5	1872.3	3514.3
6.5	3.7	18.4	2.320	15.1	1959.1	3295.5
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 44, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 3.00% de escoria de acero.

Tabla 45. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 3.00% de escoria de acero.

GOLPES	75	75
% C. A.	6.10	
P. UNITARIO	2.307	
VACIOS	5.0	3 - 5
V.M.A.	18.6	14.0
POLVO/ASFALTO	0.98	0.6 - 1.3
FLUJO	13.8	8-14
ESTABILIDAD	18.1	8.15 kN.
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3445.4	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores.

#### 4.3.4.2. Mezcla asfáltica modificada con escoria de acero al 6%.

Tabla 46. Granulometría con escoria de acero al 6.00%.

Malla		42.3	2.7	54.0	1.0	100.0	GRADACIÓN  MAC - 2
		% Que Pasa					
Pulg.	(mm.)	Piedra	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.5	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	85.0	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	65.0	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.0	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.9	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.1	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 46, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar escoria de acero al 6% en remplazo del agregado grueso en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 42.3% + Escoria Acero 2.7% + A. Fino 54% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

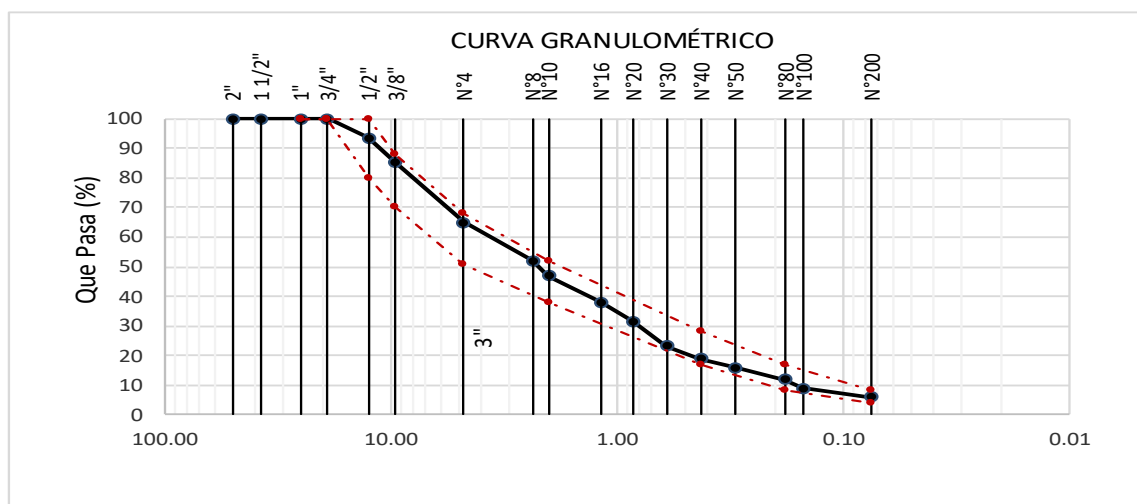


Figura 51. Curva granulométrica con escoria de acero 6.00%.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 51, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de agregado grueso, agregado fino, escoria de acero y filler de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites establecidos de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 47. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 6.0% de escoria de acero.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M. A	P.unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	8.1	18.3	2.293	11.4	1523.2	3395.2
5.5	7.6	18.9	2.289	12.4	1643.0	3367.8
6.0	5.1	18.6	2.309	13.0	1840.2	3596.4
6.5	4.1	18.2	2.331	14.1	1912.3	3435.8
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 47, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 6.00% de escoria de acero.

Tabla 48. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 6.00% de escoria de acero.

GOLPES	75	75
% C. A.	6.30	
P. UNITARIO	2.320	
VACIOS	4.6	3 - 5
V.M.A.	18.4	14.0
POLVO/ASFALTO	1.01	0.6 - 1.3
FLUJO	13.7	8-14
ESTABILIDAD	18.4	8.15 kN.
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3488.7	1700 - 4000

En la tabla 48, se puede observar que la dosificación de 6.00% de escoria de acero que se incorporó en la mezcla asfáltica como agregado grueso, cumple con todas las características físicas y mecánicas dadas por norma MTC EG2013- sección 423-06, en cual se define que la dosificación de 6.00% de escoria de acero es la óptima.

#### 4.3.4.3. Mezcla asfáltica modificada con escoria de acero al 9%.

Tabla 49. Granulometría con escoria de acero al 9.00%.

Malla		40.95	4.05	54.00	1.00	100.00	GRADACIÓN <b>MAC - 2</b>
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.7	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	85.3	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	64.7	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	51.9	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.0	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.8	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.0	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaborado por los autores.



En la tabla 49, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar escoria de acero al 6% en remplazo del agregado grueso en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 40.95% + Escoria Acero 4.05% + A. Fino 54% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

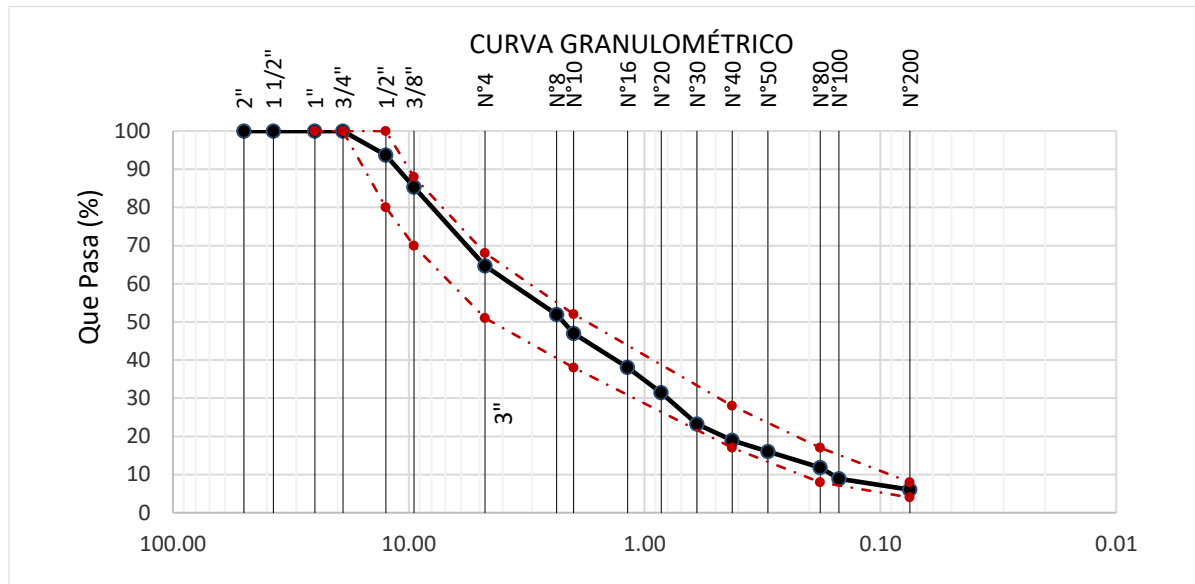


Figura 52. Curva granulométrica con escoria de acero 9.00%.

En la figura 52, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de agregado grueso, agregado fino, escoria de acero y filler de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites establecidos de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 50. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 9% de escoria de acero.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	6.6	17.6	2.315	12.3	1997.9	4205.2
5.5	6.6	18.3	2.308	14.7	1780.4	3101.1
6.0	6.0	18.5	2.315	15.3	1821.5	3058.3
6.5	4.7	17.5	2.357	14.3	2115.6	3759.9
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 50, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 9.00% de escoria de acero.

Tabla 51. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 9.00% de escoria de acero.

GOLPES	75	75
% C. A.	6.45	
P. UNITARIO	2.350	
VACIOS	4.8	3 - 5
V.M.A.	17.6	14.0
POLVO/ASFALTO	0.93	0.6 - 1.3
FLUJO	14.5	8-14
ESTABILIDAD	20.3	8.15 kN.
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3654.6	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.3.4.4. Mezcla asfáltica modificada con escoria de acero al 12%.

Tabla 52. Granulometría con escoria de acero al 12.00%.

Malla		39.6	5.4	54.0	1.0	100.0	GRADACIÓN	
		% Que Pasa					MAC - 2	
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Escoria Acereo	A. Fino	Filler	Combinado		
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>	
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.8	<b>80 - 100</b>	
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	85.5	<b>70 - 88</b>	
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	64.4	<b>51 - 68</b>	
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	51.9		
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.0	<b>38 - 52</b>	
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1		
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.4		
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2		
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	<b>17 - 28</b>	
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0		
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.8	<b>8 - 17</b>	
Nº100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9		
Nº200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.0	<b>4 - 8</b>	

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 52, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar escoria de acero al 6% en remplazo del agregado grueso en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 39.6% + Escoria Acero 5.4% + A. Fino 54% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

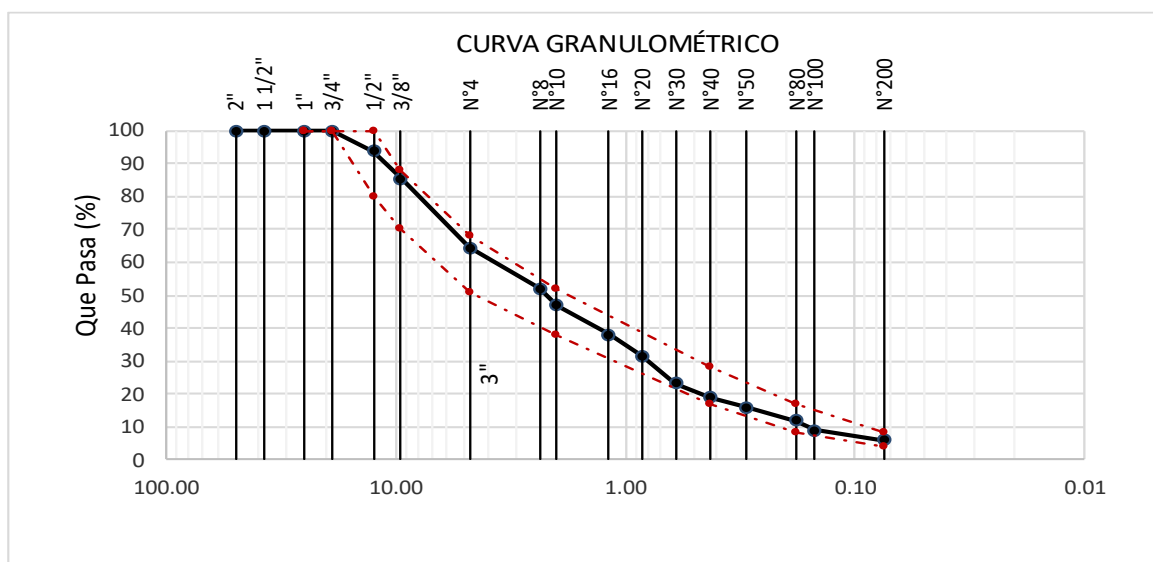


Figura 53. Curva granulométrica con escoria de acero 12.00%.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 53, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de agregado grueso, agregado fino, escoria de acero y filler de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites establecidos de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 53. Características físicas-mecánicas para el diseño asfáltico con 12% de escoria de acero.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M.A	P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	5.8	16.8	2.344	13.0	1932.8	3809.3
5.5	6.8	18.0	2.321	14.3	2166.7	3846.0
6.0	5.3	18.0	2.335	15.0	2174.2	3719.9
6.5	4.3	18.1	2.342	15.0	2375.1	4045.4
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 53, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 12.00% de escoria de acero.

Tabla 54. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 12.00% de escoria de acero

GOLPES	75	75
% C. A.	6.50	
P. UNITARIO	2.343	
VACIOS	4.2	3 - 5
V.M.A.	18.1	14.0
POLVO/ASFALTO	1.01	0.6 - 1.3
FLUJO	15.0	8-14
ESTABILIDAD	23.1	8.15 kN.
ÍNDICE DE RIGIDEZ	4023.3	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores.

#### 4.3.4.5. Mezcla asfáltica modificada con escoria de acero al 15%.

Tabla 55. Granulometría con escoria de acero al 15.00%.

Malla		38.25	6.75	54.00	1.00	100.00	GRADACIÓN  MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa					
		Piedra	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	94.0	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	85.8	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	64.2	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	51.9	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.0	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.0	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.4	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.8	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.0	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 55, se muestra el comportamiento granulométrico que se tuvo al incorporar escoria de acero al 6% en remplazo del agregado grueso en cual se tuvo un diseño de agregado: A. Grueso 38.25% + Escoria Acero 6.75% + A. Fino 54% + Filler 1%, se da anotar que la combinación de los materiales cumple con la gradación MAC -02, de acuerdo a la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

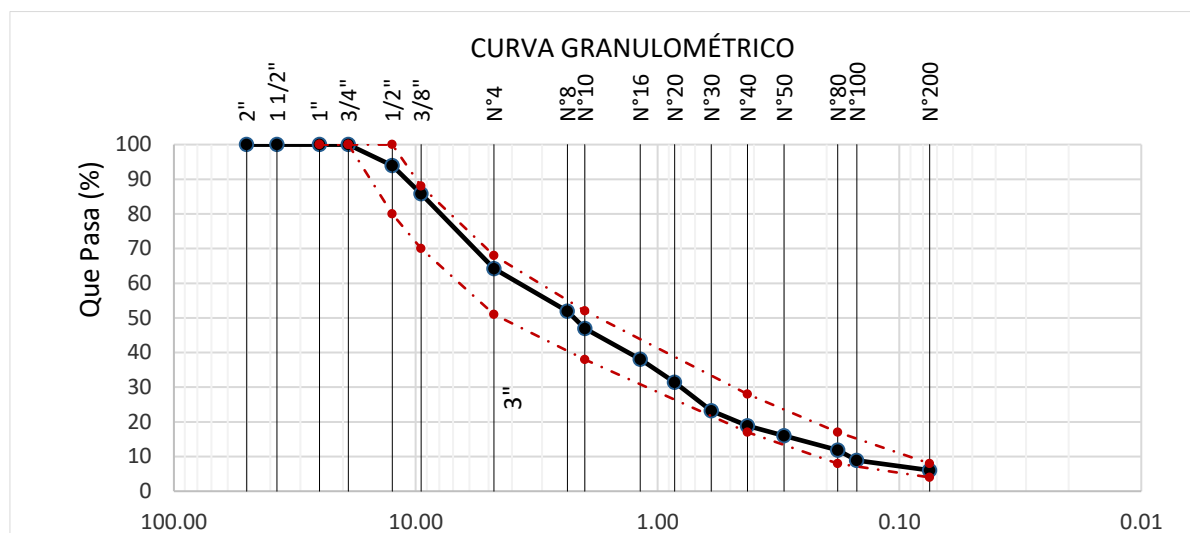


Figura 54. Curva granulométrica con escoria de acero 15.00%.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 54, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de agregado grueso, agregado fino, escoria de acero y filler de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites establecidos de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 56. Características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 15% de escoria de acero.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M. A	P.unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	8.5	18.5	2.299	14.7	1953.5	3413.0
5.5	8.1	19.1	2.294	15.7	2021.8	3289.4
6.0	7.5	19.5	2.295	17.7	2080.2	2997.3
6.5	5.5	18.8	2.329	19.0	2320.7	3105.7
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 56, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 15.00% de escoria de acero.

Tabla 57. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 15.00% de escoria de acero

GOLPES	75	75
% C. A.	6.20	
P. UNITARIO	2.307	
VACIOS	6.7	3 - 5
V.M.A.	19.2	14.0
POLVO/ASFALTO	0.92	0.6 - 1.3
FLUJO	18.1	8-14
ESTABILIDAD	21.4	8.15 kN.
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3067.2	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 58. Resumen de los resultados del diseño de la mezcla asfáltica con escoria de acero.

Dosificaciones óptimas		índice Rigidez (kg/cm)	Estabilidad (kN)	Flujo (0.01")	P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	%V.M.A	%Vacíos	%C.A
Especificaciones	(ASTM D 6927)	1700 - 4000	8.15 min	8-14	--	14.00 min	3 - 5	--
convencional	0.00	3590.3	13.1	9.4	2.402	15.7	4.4	5.80
Escoria de acero	3.00%	3445.4	18.1	13.8	2.307	18.6	5.0	6.10
	<b>6.00%</b>	<b>3488.7</b>	<b>18.4</b>	<b>13.7</b>	<b>2.320</b>	<b>18.4</b>	<b>4.6</b>	<b>6.30</b>
	9.00%	3654.6	20.3	14.5	2.350	17.6	4.8	6.45
	12.00%	4023.3	23.1	15.0	2.343	18.1	4.2	6.50
	15.00%	3067.2	21.4	18.1	2.307	19.2	6.7	6.20

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 58, se muestra los resultados que están en base a los porcentajes óptimos de cemento asfáltico para cada diseño. Al analizar los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica con la incorporación de escoria de acero en comparación al convencional se verifico que el porcentaje optimo es el 6% demostrando que sus características influyen positivamente y cumplen con las especificaciones mínimas y máximas de acuerdo a la norma MTC EG 2013.

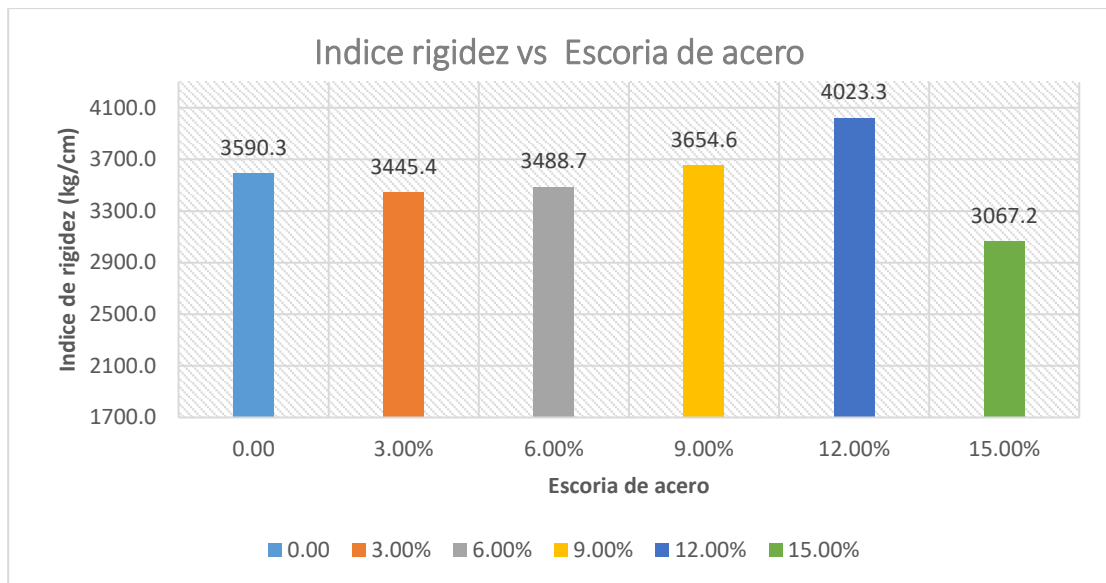


Figura 55.Indice rigidez vs escoria de acero

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 55, se muestra que el índice de rigidez de la mezcla asfáltica aumenta con la cantidad de escoria de acero que se incorpora, posterior al diseño con escoria de acero al12%, la rigidez comienza a decrecer.

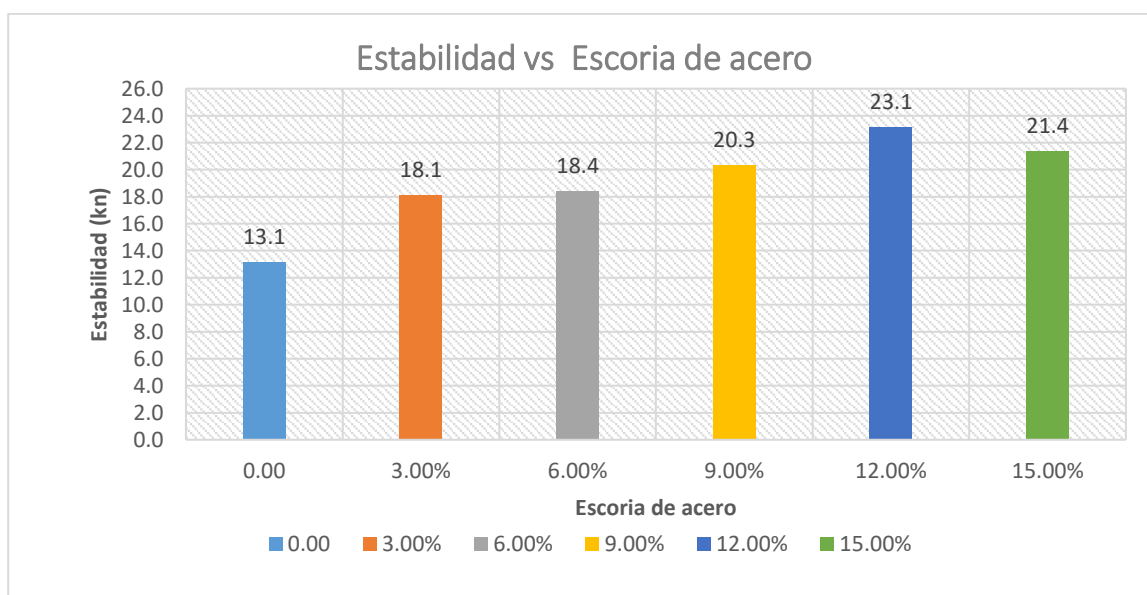


Figura 56.Estabilidad vs escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 56, se puede mostrar que al incorporar la escoria acero por agregado grueso en dosificaciones de (3%, 6%, 9%, 12% y 15%) aumenta la estabilidad (kn).

Todos los diseños asfálticos cumplen con la normativa vigente MTC EG 2013 sección 423-06 que establece que la estabilidad mínima debe ser 8.15 kn para el tipo de tráfico pesado (A).

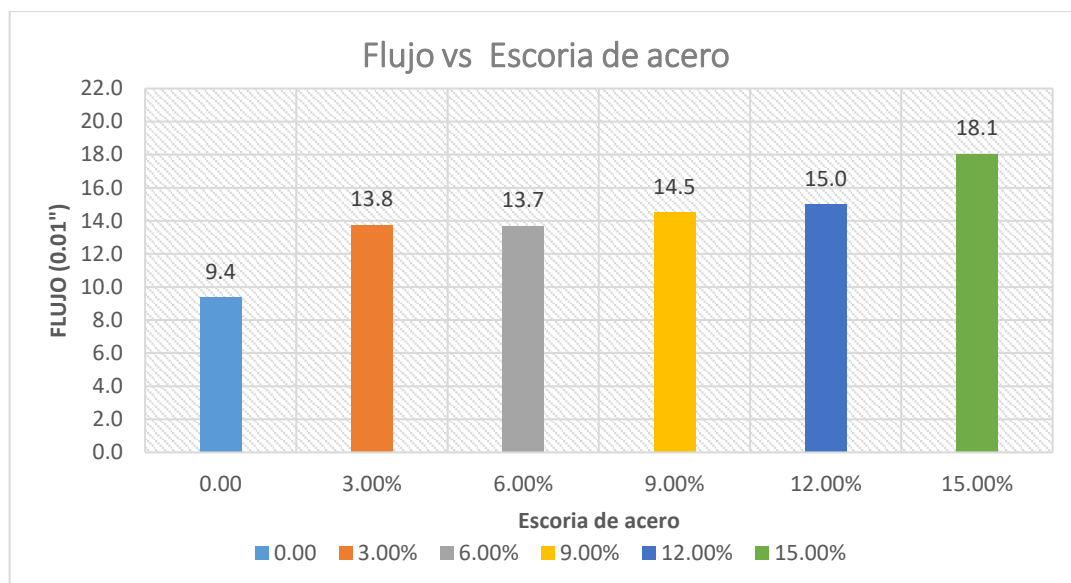


Figura 57. Flujo vs escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 57, se puede observar que el flujo (0.01") aumenta al incorporar más cantidad de escoria de acero, la normativa MTC EG 2013 sección 423-06 establece que el flujo debe encontrarse entre 8 – 14 (0.01"), en cual los diseños asfálticos con 9%, 12% y 15% no cumple con lo especificado.

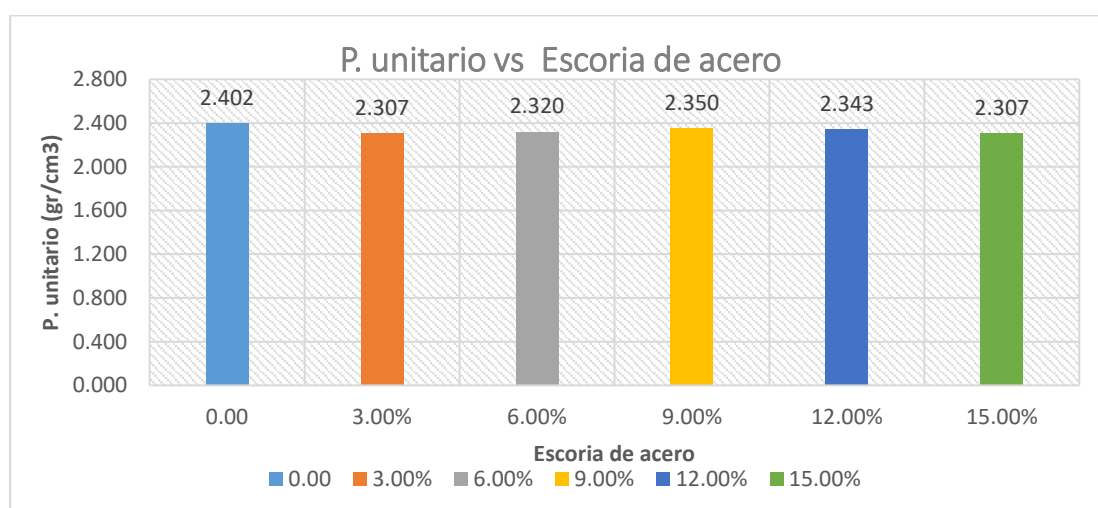


Figura 58. Peso unitario vs escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.



En la figura 58, se puede observar que los valores de pesos unitarios ( $\text{gr/cm}^3$ ) con la incorporación de escoria de acero son menores a la mezcla convencional.

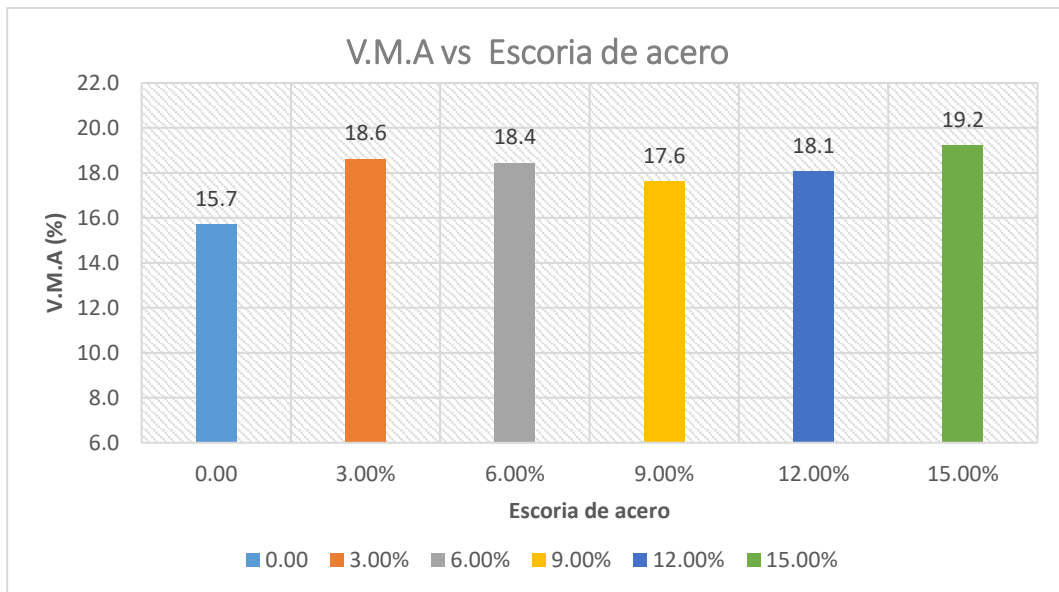


Figura 59.V.M.A vs escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 59, se puede observar que los valores de V.M.A modificados con escoria de acero son mayores que la muestra convencional, de acuerdo a la norma MTC EG 2013 el valor mínimo de V.M.A debe ser 14.

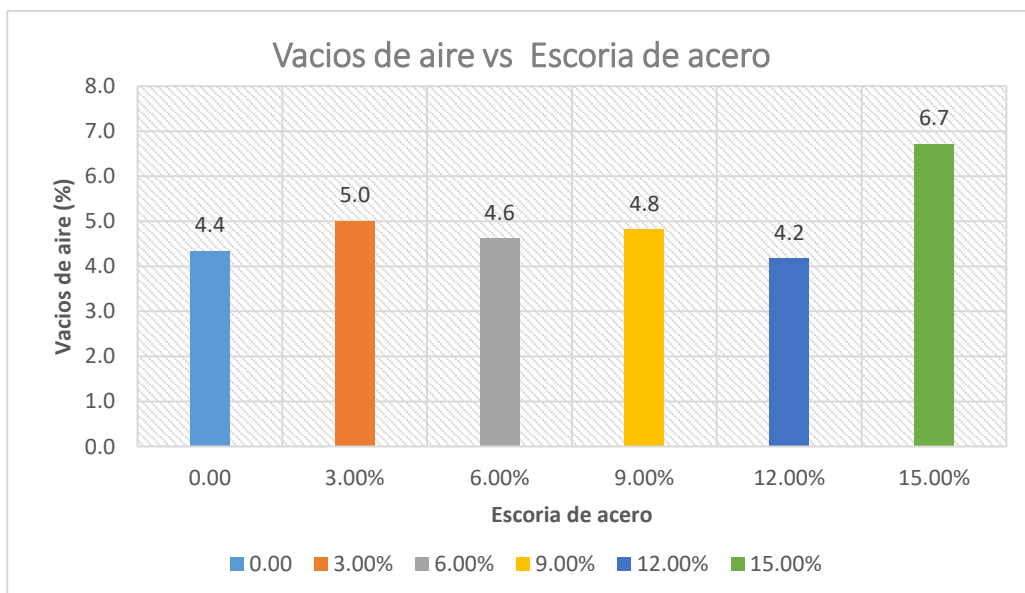


Figura 60.%vacíos vs escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 60, se puede observar que los valores de vacíos de aire para las mezclas asfálticas modificadas con escoria de acero cumplen con la normativa vigente MTC EG 2013 excepto para el diseño con 15% de escoria de acero que tuvo un vacío de aire de 6.7%. Los vacíos de aire deben estar entre los valores de 3 – 5.

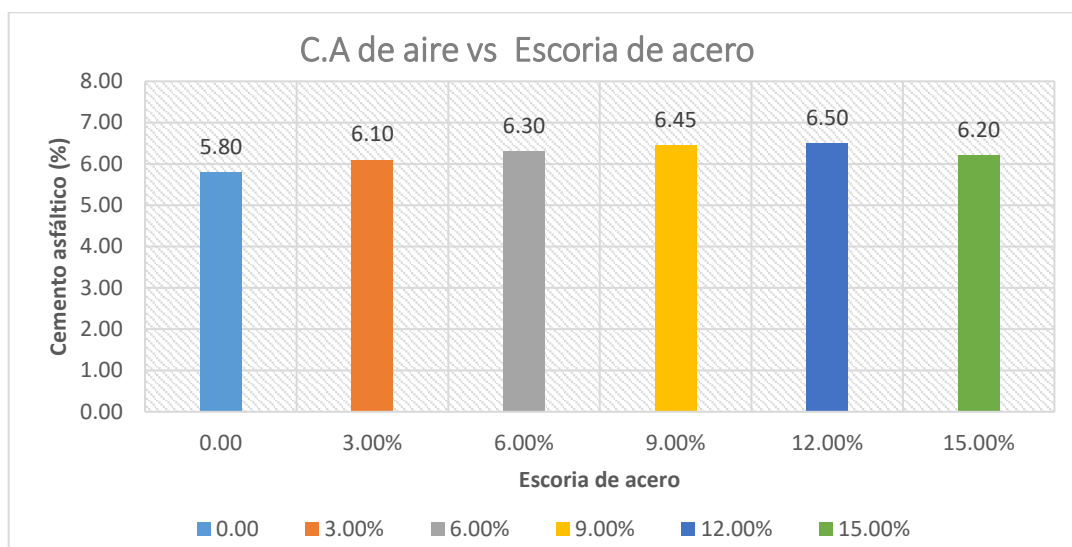


Figura 61.% C.A vs escoria de acero

En la figura 61, se observa que los valores de cemento asfáltico aumentan conforme aumenta la escoria de acero. Existe un aumento del 8.62% por respecto a la muestra convencional.

#### 4.3.5. Mezcla asfáltica modificada con escoria de acero y caucho triturado.

En este punto de la investigación se tomaron los porcentajes óptimos de escoria de acero y caucho triturado para elaborar un nuevo diseño asfáltico con 6% en remplazo del agregado grueso y 0.8% en remplazo del agregado fino respectivamente.

Para la mezcla asfáltica modificada se tiene un diseño de mezcla de 42.3 % de agregado grueso, 2.7% de escoria de acero, 53.6% de agregado fino, 0.4% de caucho triturado y 1% de filler.

Tabla 59. Granulometría con escoria de acero al 6.00% y 0.8% de caucho triturado.

Malla		42.3	2.7	0.4	53.6	1.0	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa						
		A. Grueso	Escoria Acero	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>100</b>
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	100.0	93.5	<b>80 - 100</b>
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	100.0	85.0	<b>70 - 88</b>
Nº 4	4.750	23.3	3.9	98.3	100.0	100.0	65.0	<b>51 - 68</b>
Nº 8	2.360	2.2	0.0	94.4	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	89.6	83.8	100.0	47.1	<b>38 - 52</b>
Nº 16	1.180	1.4	0.0	76.7	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	64.9	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	53.6	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	28.9	32.6	100.0	18.9	<b>17 - 28</b>
Nº 50	0.300	0.8	0.0	18.3	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	7.7	19.6	100.0	11.8	<b>8 - 17</b>
Nº100	0.150	0.6	0.0	5.0	14.1	100.0	8.8	
Nº200	0.075	0.4	0.0	2.6	9.0	100.0	6.0	<b>4 - 8</b>

Fuente: Elaborado por los autores.

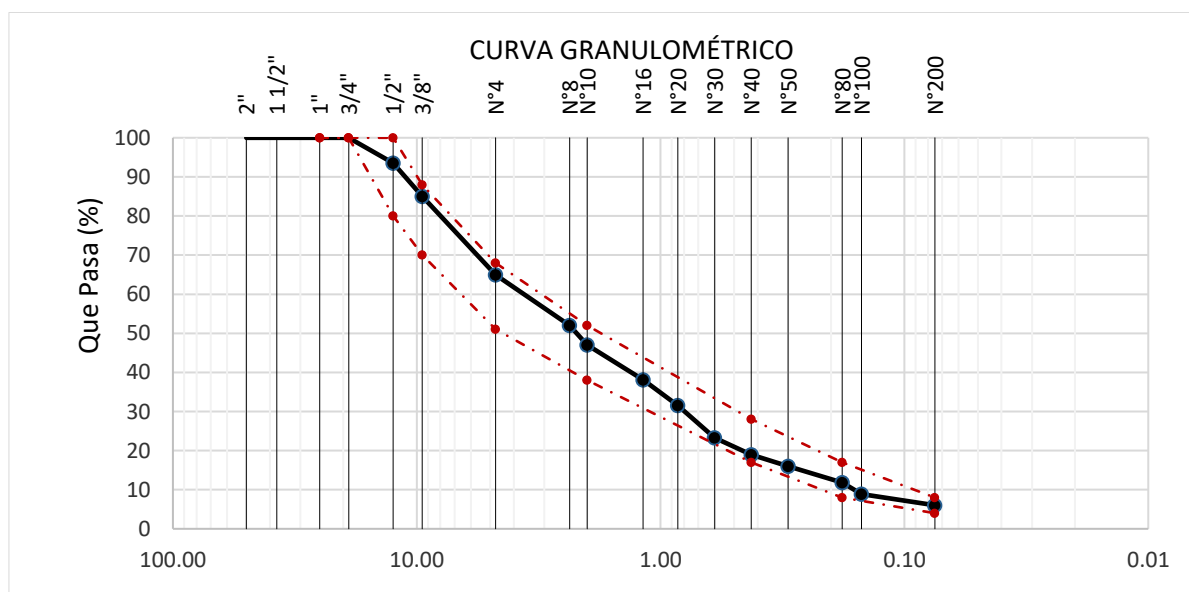


Figura 62. Curva granulométrica con escoria de acero al 6% y 0.8% caucho triturado

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 62, se muestra la curva granulométrica que se formó con la combinación de los materiales de agregado grueso, agregado fino, escoria de acero, caucho triturado y filler de los porcentajes pasantes por cada tamiz, la curva granulométrica

se encuentra dentro de los límites establecidos de la norma MTC EG 2013- tabla 423-03.

Tabla 60.características físicas - mecánicas para el diseño asfáltico con 6.0% de escoria de acero y 0.8% caucho triturado.

%C. A	Características físicas y mecánicas					
	%Vacíos	% V.M. A	P.unitario (gr/cm3)	Flujo (0.01")	Estabilidad (kg)	Índice de rigidez (kg/cm)
5.0	3.2	18.4	2.278	9.8	1403.8	3670.0
5.5	3.4	18.6	2.286	11.8	1779.5	3866.9
6.0	3.9	18.3	2.306	12.0	1851.5	3932.0
6.5	4.4	19.5	2.284	13.3	1989.7	3839.3
Esp. Técnica	3-5	14 min	---	8-14	815 kg min	1700 - 4000 kg/cm

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 60, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente por cada dosificación de cemento asfáltico obtenidos del diseño asfáltico con 6.00% de escoria de acero y 0.8% caucho triturado.

#### 4.3.5.1. Curvas del ensayo Marshall para el diseño asfáltico con 6.0% de escoria de acero y 0.8% caucho triturado.

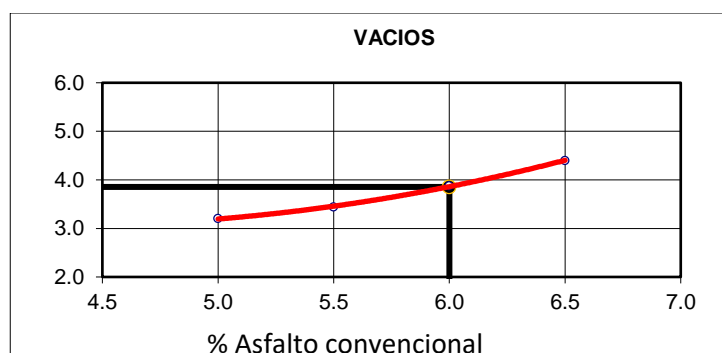


Figura 63. Vacíos vs % asfalto convencional

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 63, se observa que se tomó 3.9% de vacíos, en cual se eligió una dosificación óptima de asfalto de 6%%, con este dato se determinará las características físicas – mecánicas restantes.

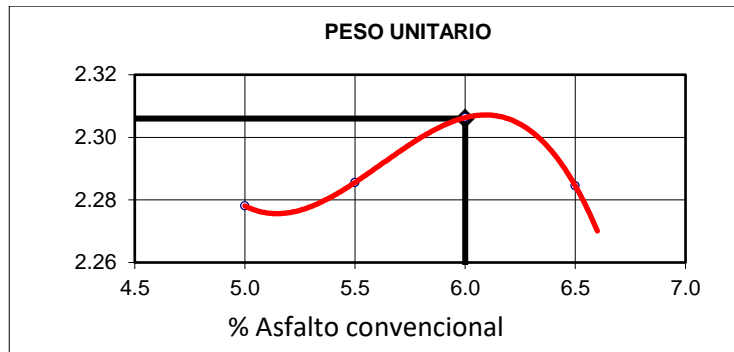


Figura 64. Peso unitario vs % asfalto convencional

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 64, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 6% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene un peso unitario 2.306 gr/cm<sup>3</sup>.

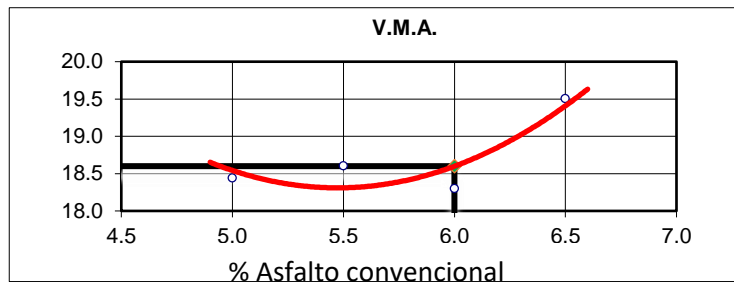


Figura 65. V.M.A vs % asfalto convencional.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 65, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 6.00% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 18.60% de vacíos de agregado mineral, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-08 en cual nos manifiesta que el VMA debe ser como mínimo 14%.

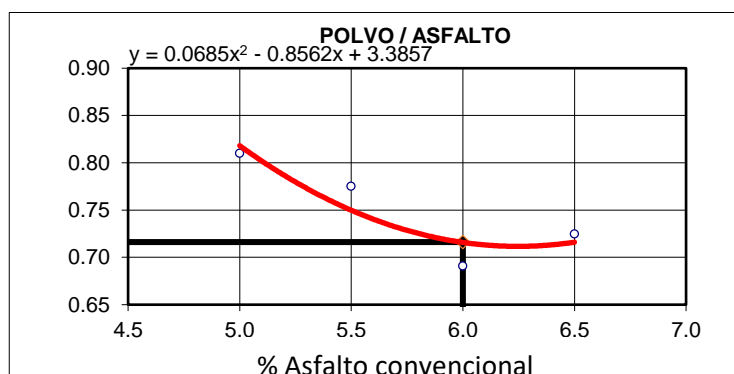


Figura 66. Polvo/asfalto vs % asfalto convencional.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 66, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 6.00% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 0.72 la relación polvo/asfalto, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que la relación polvo/asfalto se debe encontrar entre 0.6 – 1.3.

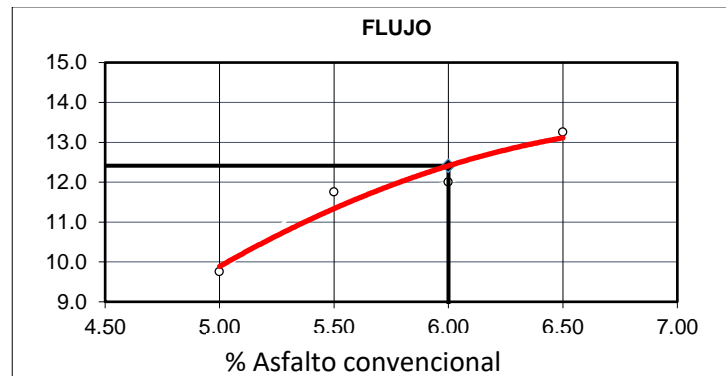


Figura 67. Flujo vs % asfalto convencional.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 67, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 6.00% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 12.4 (0.01") de flujo, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que el flujo se debe encontrar entre 8 – 14 (0.01").

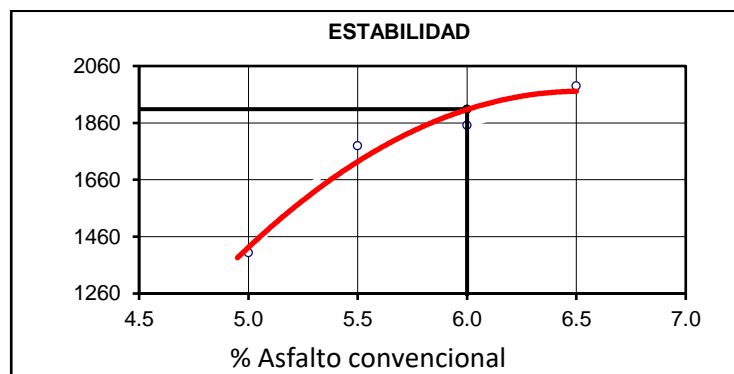


Figura 68. Estabilidad vs % asfalto convencional

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 68, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 6.00% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene 1908.2 (kg)

de estabilidad o 18.7 kn, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que la estabilidad se debe tener como mínimo 8.15 kn.

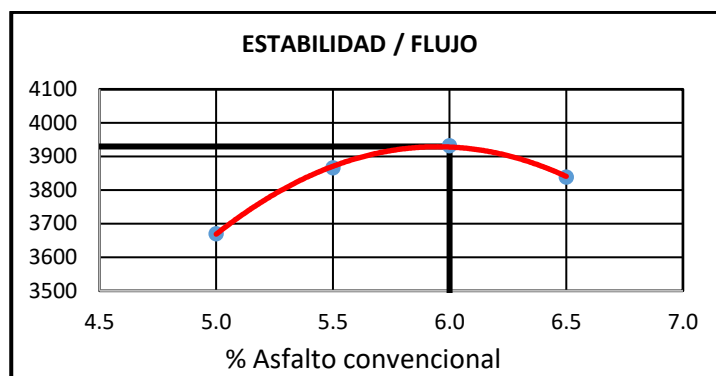


Figura 69. Estabilidad/flujo vs % asfalto convencional.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 69, tomando la dosificación óptima de cemento asfáltico de 6.00% se ingresa con ese dato al gráfico y se intercepta, como resultado se tiene una relación estabilidad/flujo de 3929.7 kg/cm, cumple con la norma MTC EG 2013 de la sección 423-06 en cual nos manifiesta que la relación estabilidad/flujo se debe encontrar entre 1700 – 4000 kg/cm.

Tabla 61. Resultados óptimos del diseño asfáltico con 6.00% de escoria de acero y 0.8% caucho triturado.

GOLPES	75	75
% C. A.	6.00	
P. UNITARIO	2.306	
VACIOS	3.9	3 - 5
V.M.A.	18.6	14.0
POLVO/ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3
FLUJO	12.4	8-14
ESTABILIDAD	18.7	8.15 kN.
INDICE DE RIGIDEZ	3929.7	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 61, se puede observar que la dosificación de 6.00% de escoria de acero y 0.8% de caucho triturado que se incorporó en la mezcla asfáltica, cumple con todas las características físicas y mecánicas dadas por norma MTC EG2013- sección 423-06, en cual se define que la dosificación de 6.00% de escoria de acero es la óptima.

### 4.3.6. Comparación de resultados.

Para la comparación de los resultados se puede observar que las características físicas y mecánicas con la aplicación del método Marshall para el diseño convencional (0%) y las dosificaciones óptimas que se eligieron para los diseños asfálticos con caucho triturado, escoria de acero y por último realizar un diseño asfáltico con la combinación de los 2 productos dichos anteriormente.

Tabla 62. Comparación de los resultados óptimos del diseño convencional, con caucho triturado, con escoria de acero y la combinación (caucho triturado y escoria de acero).

Dosificaciones óptimas		índice Rigidez (kg/cm)	Estabilidad (kN)	Flujo (0.01")	P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	%V.M.A	%Vacíos	%C.A
Especificaciones	(ASTM D 6927)	1700 - 4000	8.15	8-14	--	14.0	3 - 5	--
Convencional	0.00	3590.3	13.1	9.4	2.402	15.7	4.4	5.80
Caucho triturado	0.80%	3645.1	17.5	12.5	2.310	17.7	4.8	5.90
Escoria de acero	6.00%	3488.7	18.4	13.7	2.320	18.4	4.6	6.30
Combinación de caucho triturado y escoria de acero.	0.8% C.T +6.0% E.A	3929.7	18.7	12.4	2.306	18.6	3.9	6.00

Fuente: Elaborado por los autores.

**Interpretación:** En la tabla 62, se puede observar que el diseño óptimo convencional con respecto al índice de rigidez (kg/cm) es menor al 1.53% con caucho triturado, 2.83% mayor con escoria de acero y 9.45% menor con la combinación (0.8% C.T +6.0% E.A) todos los diseños cumplen con el límite de las especificaciones.

Para los diseños óptimos con caucho triturado, escoria de acero y la combinación cuentan con una estabilidad mayor al 33.31%, 40.54% y 42.63% respectivamente, esto es con respecto al diseño convencional. Para los diseños los resultados de flujo (0.01") se encuentran dentro de los límites de 8 – 14 (0.01"). Los valores de peso de unitario (gr/cm<sup>3</sup>) para el diseño convencional se tiene 2.402 (gr/cm<sup>3</sup>) y para los diseños modificados se tiene valores inferiores de 2.31 gr/cm<sup>3</sup>, 2.32 gr/cm<sup>3</sup> y 2.306 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Los valores de V.M.A cumplen con el mínimo del 14%. Para los diseños los resultados de vacíos de aire (%) se encuentran dentro de los límites de 3 – 5. Los % de cemento asfáltico con respecto al diseño convencional hubo



incremento mínimo al 1.72% con caucho triturado, 8.62% con escoria de acero y 3.45% con la combinación (0.8% C.T +6.0% E.A).

#### 4.4. Contrastación de hipótesis.

La contrastación de hipótesis se realizará con un análisis estadístico con la ayuda del software SPSS de los resultados que se obtuvieron tras la metodología Marshall y de esta manera demostrar si las hipótesis plantadas son válidas o nulas.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el “SIG (bilateral)” se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

#### Hipótesis N°01

La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ho= Hipótesis nula.

Ha= Hipótesis alternativa.

Para analizar estadísticamente los resultados se usará la prueba T, esto se llevará a cabo por cada indicador que está conformado por las dimensiones.

#### Indicador Índice de Rigidez (kg/cm) – Dimensión de características mecánicas.

##### Del diseño asfáltico con Escoria de acero

Tabla 63. Estadística para el indicador índice de rigidez -Escoria de acero.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Índice de Rigidez (kg/cm)- Escoria A.	24	3617,36	34474,37605	7037,05254
% de escoria de acero	24	7.500	,052337	,010683

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 63, se puede mostrar a nivel descriptivo que el índice de rigidez con escoria de acero tiene una media 3617.36 y para las dosificaciones con escoria de acero una media de 7.500.

Ho= La incorporación de escoria de acero no influye significativamente en el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha=La incorporación de escoria de acero influye significativamente en el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 64. Prueba T - Índice de rigidez escoria de acero.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Índice de Rigidez (kg/cm)- Escoria A.	51.405	23	.000	3617.36	347179.373	376293.877
% de escoria de acero	7.020	23	.000	0.75	0.053	0.097

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

En la tabla 64, se puede mostrar que la índice rigidez y los porcentajes de escoria de acero cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

### Del diseño asfáltico con Caucho triturado.

Tabla 65. Estadística para el indicador índice de rigidez -Caucho triturado.

Estadísticos para una muestra				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Índice de Rigidez (kg/cm)- Caucho T.	24	28775.00	6429.98	131233,426 106
% de caucho triturado	24	,500	,3489	,000712

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 65, se puede mostrar a nivel descriptivo que el índice de rigidez con caucho triturado tiene una media 28775.00 y para las dosificaciones con caucho triturado una media de 0.500.

Ho=La incorporación de caucho triturado no influye significativamente en el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha=La incorporación de caucho triturado influye significativamente en el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 66. Prueba T - Índice de rigidez con caucho triturado.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Índice de Rigidez (kg/cm)-Caucho T.	21.927	23	.000	28775.00	26060.23	3148977.609
% de caucho triturado	7.020	23	.000	.5000	.353	.00647

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

En la tabla 66, se puede mostrar que la índice rigidez y los porcentajes de caucho triturado cuentan con una significancia (bilateral) de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

### Indicador estabilidad (kg) – Dimensión de características mecánicas.

#### Del diseño asfáltico con Escoria de acero

Tabla 67. Estadística para la estabilidad -Escoria de acero.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Estabilidad (kg) - Escoria de acero	24	1839,91083	332,022374	67,773783
% de escoria de acero	24	7,500000	5,2336703	1,0683185

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 67, se puede mostrar a nivel descriptivo que la estabilidad con escoria de acero tiene una media 1839.9108 y para las dosificaciones con escoria de acero una media de 7.500.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 68. Prueba T – Estabilidad, escoria de acero.

<b>Prueba para una muestra</b>						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Estabilidad (kg) - Escoria de acero	27.148	23	.000	1839.910833	1699.71008	1980.11159
% de escoria de acero	7.020	23	.000	7.5000000	5.290015	9.709985

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

Ho= La incorporación de escoria de acero no influye significativamente en la estabilidad de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha=La incorporación de escoria de acero influye significativamente en la estabilidad de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

En la tabla 68, se puede mostrar que la estabilidad y los porcentajes de escoria de acero cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

### Del diseño asfáltico con Caucho triturado.

Tabla 69. Estadística para la estabilidad -Caucho triturado.

Estadísticos para una muestra				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
% de caucho triturado	24	,5000	,34891	,07122
Estabilidad (kg) - Caucho triturado	24	15571,65000	2726,343908	556,512620

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 69, se puede mostrar a nivel descriptivo que la estabilidad con caucho triturado tiene una media 1557.65 y para las dosificaciones con caucho triturado muestra una media de 0.50.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 70. Prueba T – Estabilidad, caucho triturado.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
% de caucho triturado	7.020	23	.000	.50000	.3527	.6473
Estabilidad (kg) - Caucho triturado	27.981	23	.000	15571.650000	14420.41593	16722.88407

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

En la tabla 70, se puede mostrar que la estabilidad y los porcentajes de caucho triturado cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Ho= La incorporación de caucho triturado no influye significativamente en la estabilidad de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha=La incorporación de caucho triturado influye significativamente en la estabilidad de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

**Indicador flujo (0.01”) – Dimensión de características mecánicas.**

**Del diseño asfáltico con Escoria de acero**

Tabla 71. Estadística para el flujo (0.01”) - Escoria de acero.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
% de escoria de acero	24	7,500000	5,2336703	1,0683185
flujo (0.01”) - Escoria de acero	24	12,99917	2,081646	,424914

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 71, se puede mostrar a nivel descriptivo que el flujo (0.01”) con escoria de acero tiene una media 12.999 y para las dosificaciones con escoria de acero una media de 7.500.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el “SIG (bilateral)” se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Ho= La incorporación de escoria de acero no influye significativamente en el fujo de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha=La incorporación de escoria de acero influye significativamente en el flujo de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

En la tabla 72, se puede mostrar que el flujo (0.01”) y los porcentajes de escoria de acero cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 72. Prueba T – Flujo (0.01”), escoria de acero.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
% de escoria de acero	7.020	23	.000	7.5000000	5.290015	9.709985
flujo (0.01”) - Escoria de acero	30.592	23	.000	12.999167	12.12016	13.87817

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

### Del diseño asfáltico con caucho triturado.

Tabla 73. Estadística para el flujo (0.01”) – caucho triturado.

Estadísticos para una muestra				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
flujo (0.01”) - Caucho triturado	24	14,2837 5	3,096153	,632000
% de caucho triturado	24	,5000	,34891	,07122

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 73, se puede mostrar a nivel descriptivo que el flujo (0.01”) con caucho triturado tiene una media 14.2837 y para las dosificaciones con caucho triturado cuenta con una media de 0.500.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el “SIG (bilateral)” se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Ho= La incorporación de caucho triturado no influye significativamente en el fujo de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha=La incorporación de caucho triturado influye significativamente en el flujo de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

En la tabla 74, se puede mostrar que el flujo (0.01”) y los porcentajes de escoria de acero cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 74. Prueba T – Flujo (0.01”), escoria de acero.

<b>Prueba para una muestra</b>						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
flujo (0.01”)- Caucho triturado	22.601	23	.000	14.284	12.97636	15.59114
% de caucho triturado	7.020	23	.000	0.500	.3527	.6473

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

### **Hipótesis N°02**

La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ho= Hipótesis nula.

Ha= Hipótesis alternativa.

Para analizar estadísticamente los resultados se usará la prueba T, esto se llevará a cabo por cada indicador que está conformado por las dimensiones.

### **Indicador peso unitario (gr/cm<sup>3</sup>) – Dimensión de características físicas.**

#### **Del diseño asfáltico con escoria de acero y caucho triturado**

En la tabla 75, se puede mostrar a nivel descriptivo que los resultados de peso unitario – caucho triturado tiene una media de 2.29833 gr/cm<sup>3</sup> y para el peso unitario – escoria de acero tienen una media 2.3325 gr/cm<sup>3</sup>. Las dosificaciones de caucho triturado y escoria de acero cuentan con una media de 0.50 y 7.5 respectivamente.



Tabla 75. Estadística de la muestra para el Peso unitario (gr/cm<sup>3</sup>) – Escoria de acero y caucho triturado.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Peso unitario gr/cm <sup>3</sup> -Caucho T.	24	2,29833	,054187	,011061
% de caucho triturado	24	,5000	,34891	,07122
% de escoria de acero	24	7,500000	5,2336703	1,0683185
Peso unitario gr/cm <sup>3</sup> -E. de acero	24	2,33250	,037562	,007667

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

H<sub>0</sub>= La incorporación de escoria de acero y caucho triturado no influye significativamente en el peso unitario de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

H<sub>a</sub>= La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en el peso unitario de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Tabla 76. Prueba T – Peso unitario (gr/cm<sup>3</sup>), Escoria de acero y caucho triturado

<b>Prueba para una muestra</b>						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ) - Caucho triturado	207.789	23	.000	2.298	2.27545	2.32121
% de caucho triturado	7.020	23	.000	.500	.3527	.6473
% de escoria de acero	7.020	23	.000	7.500	5.290015	9.709985
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ) - Escoria de acero	304.217	23	.000	2.332	2.31664	2.34836

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

En la tabla 76, se puede mostrar que el peso unitario tanto para los resultados con escoria de acero y caucho triturado y las dosificaciones con escoria de acero y caucho triturado cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel < 0.05 (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

**Indicador Vacíos del agregado mineral (%) – Dimensión de características físicas.**

**Del diseño asfáltico con escoria de acero y caucho triturado.**

Tabla 77. Estadística de la muestra para el Vacíos del agregado mineral (%) – Escoria de acero y caucho triturado.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Vacíos del agregado mineral (%) - Caucho triturado	24	18,37458	1,411952	,288213
% de caucho triturado	24	,5000	,34891	,07122
% de escoria de acero	24	7,500000	5,2336703	1,0683185
Vacíos del agregado mineral (%) - Escoria de acero	24	17,69042	1,077083	,219859

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 77, se puede mostrar a nivel descriptivo que los resultados de Vacíos del agregado mineral (%) – caucho triturado tiene una media de 18.374 y para el Vacíos del agregado mineral (%) – escoria de acero tienen una media 17.690. Las dosificaciones de caucho triturado y escoria de acero cuentan con una media de 0.50 y 7.5 respectivamente.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el “SIG (bilateral)” se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Ho= La incorporación de escoria de acero y caucho triturado no influye significativamente en los vacíos del agregado mineral de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha= La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en los vacíos del agregado mineral de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Tabla 78. Prueba T –vacíos del agregado mineral %, Escoria de acero y caucho triturado.

<b>Prueba para una muestra</b>						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Vacíos del agregado mineral (%) - Caucho triturado	63.753	23	.000	18.374583	17.77837	18.97080
% de caucho triturado	7.020	23	.000	.50000	.3527	.6473
% de escoria de acero	7.020	23	.000	7.5000000	5.290015	9.709985
Vacíos del agregado mineral (%) - Escoria de acero	80.463	23	.000	17.690417	17.23560	18.14523

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

En la tabla 78, se puede mostrar que los vacíos del agregado mineral tanto para los resultados con escoria de acero y caucho triturado y las dosificaciones con escoria de acero y caucho triturado cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

### **Indicador Vacíos de aire (%) – Dimensión de características físicas.**

#### **Del diseño asfáltico con escoria de acero y caucho triturado.**

En la tabla 79, se puede mostrar a nivel descriptivo que los resultados de Vacíos del agregado mineral (%) – caucho triturado tiene una media de 6.4345 y para el Vacíos del agregado mineral (%) – escoria de acero tienen una media 5.5841 Las dosificaciones de caucho triturado y escoria de acero cuentan con una media de 0.50 y 7.5 respectivamente.

Tabla 79. Estadística de la muestra para los Vacíos de aire (%) – Escoria de acero y caucho triturado.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Vacíos de aire (%) - Caucho triturado	24	6,43458	2,055004	,419476
% de caucho triturado	24	,5000	,34891	,07122
% de escoria de acero	24	7,50000 0	5,2336703	1,0683185
Vacíos de aire (%) - Escoria de acero	24	5,58417	1,512556	,308749

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Ho= La incorporación de escoria de acero y caucho triturado no influye significativamente en los vacíos de aire de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Ha= La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en los vacíos de aire de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.

Tabla 80. Prueba T –vacíos de aire %, Escoria de acero y caucho triturado.

<b>Prueba para una muestra</b>						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Vacíos de aire (%) - Caucho triturado	15.340	23	.000	6.434583	5.56683	7.30234
% de caucho triturado	7.020	23	.000	.50000	.3527	.6473
% de escoria de acero	7.020	23	.000	7.5000000	5.290015	9.709985
Vacíos de aire (%) - Escoria de acero	18.086	23	.000	5.584167	4.94547	6.22286

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

En la tabla 80, se puede mostrar que los vacíos del agregado mineral tanto para los resultados con escoria de acero y caucho triturado y las dosificaciones con escoria

de acero y caucho triturado cuentan con una significancia de 0.000 sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

### Hipótesis N°03

La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Ho= Hipótesis nula.

Ha= Hipótesis alternativa.

Para analizar estadísticamente los resultados se usará la prueba T, esto se llevará a cabo por cada indicador que está conformado por las dimensiones.

### Indicador índice de rigidez (kg/cm) – Dimensión de características mecánicas.

#### Del diseño asfáltico combinando la escoria de acero (6%) y caucho triturado (0.8%).

Tabla 81. Estadística de la muestra para el índice de rigidez (kg/cm) – combinación de escoria de acero y caucho triturado.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
% de escoria de acero + Caucho triturado	8	3,400000	3,6347529	1,2850792
Índice de rigidez (kg/cm) - escoria de acero + Caucho triturado	8	3731,7537	363,370238	128,470780

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 81, se puede mostrar a nivel descriptivo que los resultados de índice de rigidez – de la combinación (escoria de acero + caucho triturado) tiene una media de 3731.753. Las dosificaciones de la combinación (escoria de acero + caucho triturado) cuentan con una media de 3.40.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el “SIG (bilateral)” se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Ho= La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado no influye significativamente en el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Ha= La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Tabla 82. Prueba T – índice de rigidez (kg/cm), combinación de escoria de acero y caucho triturado .

<b>Prueba para una muestra</b>						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
% de escoria de acero + Caucho triturado	2.646	7	.033	3.4000	.361271	6.438729
Indice de rigidez (kg/cm) - escoria de acero + Caucho triturado	29.047	7	.000	3731.7500	3427.96863	4035.53887

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS

En la tabla 82, se puede mostrar que el índice de rigidez tanto para los resultados de la combinación de (escoria de acero y caucho triturado) y la dosificación de la misma cuentan con una significancia de 0.033 y 0.000 respectivamente, sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

**Indicador estabilidad (kg) y flujo (0.01”) – Dimensión de características mecánicas.**

**Del diseño asfáltico combinando la escoria de acero (6%) y caucho triturado (0.8%).**

Ho= La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado no influye significativamente en la estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Ha= La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en la estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Tabla 83. Estadística de la muestra para la estabilidad (kg) y flujo (0.01") – combinación de escoria de acero y caucho triturado.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
% de escoria de acero + Caucho triturado	8	3,400	3,634	1,2850
Estabilidad (kg) - escoria de acero + Caucho triturado	8	1538,375	284,986	100,757
Flujo (0.01") - escoria de acero + Caucho triturado	8	10,531	1,785	,631

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 83, se puede mostrar a nivel descriptivo que los resultados de estabilidad y flujo – de la combinación (escoria de acero + caucho triturado) tiene una media de 1538.375 y 10.531 respectivamente. Las dosificaciones de la combinación (escoria de acero + caucho triturado) cuentan con una media de 3.40.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

En la tabla 84, se puede mostrar que la estabilidad y flujo tanto para los resultados de la combinación de (escoria de acero y caucho triturado) y la dosificación de la misma cuentan con una significancia de 0.000 y 0.033 respectivamente, sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 84. Prueba T – estabilidad y flujo, combinación de escoria de acero y caucho triturado .

<b>Prueba para una muestra</b>						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
% de escoria de acero + Caucho triturado	2.646	7	.033	3.4000	.3613	6.4387
Estabilidad (kg) - escoria de acero + Caucho triturado	15.268	7	.000	1538.3750	1300.1206	1776.6294
Flujo (0.01") - escoria de acero + Caucho triturado	16.681	7	.000	10.5313	9.0384	12.0241

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

#### **Hipótesis N°04**

La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Ho= Hipótesis nula.

Ha= Hipótesis alternativa.

Para analizar estadísticamente los resultados se usará la prueba T, esto se llevará a cabo por cada indicador que está conformado por las dimensiones.

**Indicador de P. unitario, V.M.A (%), V.A (%) y C.A (%)– Dimensión de C. físicas.**

**Del diseño asfáltico combinando la escoria de acero (6%) y caucho triturado (0.8%).**



Tabla 85. Estadística de la muestra de las características físicas – combinación de escoria de acero y caucho triturado.

<b>Estadísticos para una muestra</b>				
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
% de escoria de acero + Caucho triturado	8	3,400	3,6347529	1,2850792
P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> ) - escoria de acero + Caucho triturado	8	2,344	,060859	,021517
V.M.A (%) - escoria de acero + Caucho triturado	8	17,190	1,693416	,598713
V.A (%) - escoria de acero + Caucho triturado	8	3,940	1,113067	,393529
C.A (%) - escoria de acero + Caucho triturado	8	5,900	,106	,037

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

En la tabla 85, se puede mostrar a nivel descriptivo que los resultados de p. unitario, V.M.A, V.A y C.A – de la combinación (escoria de acero + caucho triturado) tiene una media de 2.344, 17.190, 3.94 y 5.90 respectivamente. Las dosificaciones de la combinación (escoria de acero + caucho triturado) cuentan con una media de 3.40.

Ho= La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado no influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Ha= La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.

Tener en cuenta si  $\alpha < 0.05$  en el "SIG (bilateral)" se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

En la tabla 86, se puede mostrar que los resultados de las características físicas con la combinación de (escoria de acero y caucho triturado) y la dosificación de la misma cuentan con una significancia de 0.000 y 0.033 respectivamente, sabiendo que a un nivel  $< 0.05$  (5% margen de error), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 86. Prueba T – características físicas, combinación de escoria de acero y caucho triturado .

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
				Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
% de escoria de acero + Caucho triturado	2.646	7	.033	3.400	.361	6.439
P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> ) - escoria de acero + Caucho triturado	108.978	7	.000	2.345	2.294	2.396
V.M.A (%) - escoria de acero + Caucho triturado	28.712	7	.000	17.190	15.774	18.606
V.A (%) - escoria de acero + Caucho triturado	10.012	7	.000	3.940	3.009	4.871
C.A (%) - escoria de acero + Caucho triturado	156.099	7	.000	5.900	5.811	5.989

Fuente: Elaborado por los autores - SPSS

## DISCUSIÓN

En el presente capítulo se discutirán los resultados que se obtuvieron en el presente proyecto de investigación titulado “Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado” con los antecedentes más relevantes que se tienen presente en la investigación

Discusión 1: Para determinar las características mecánicas de una mezcla asfáltica se llevó a cabo realizar las briquetas asfálticas como muestras con dimensiones de 63.5 mm de altura por 101.6 mm de diámetro, estas fueron sometidas al equipo Marshall con velocidad de 50.8 mm/min. En la figura 70, 71 y 72 se observan los resultados de las características mecánicas para el caucho triturado y la influencia que produjo a las características mecánicas con respecto al diseño convencional (0%).

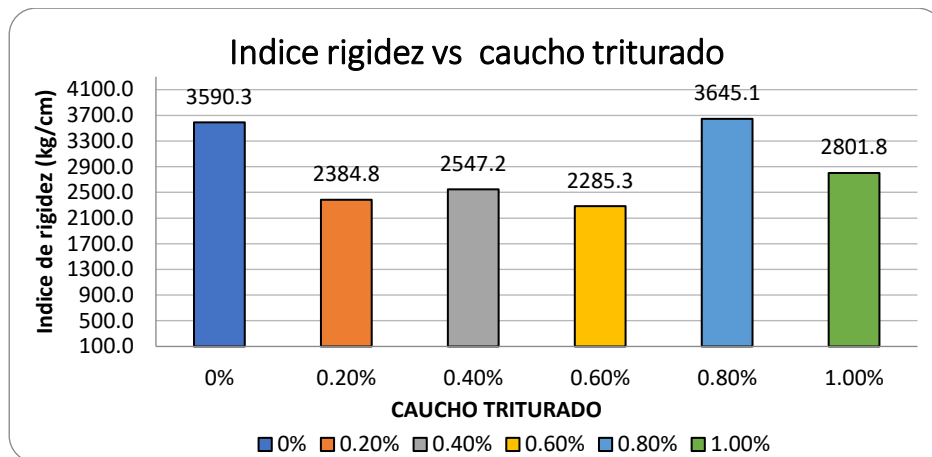


Figura 70. Índice rigidez por cada dosificación de caucho triturado

Fuente: Elaborado por los autores.

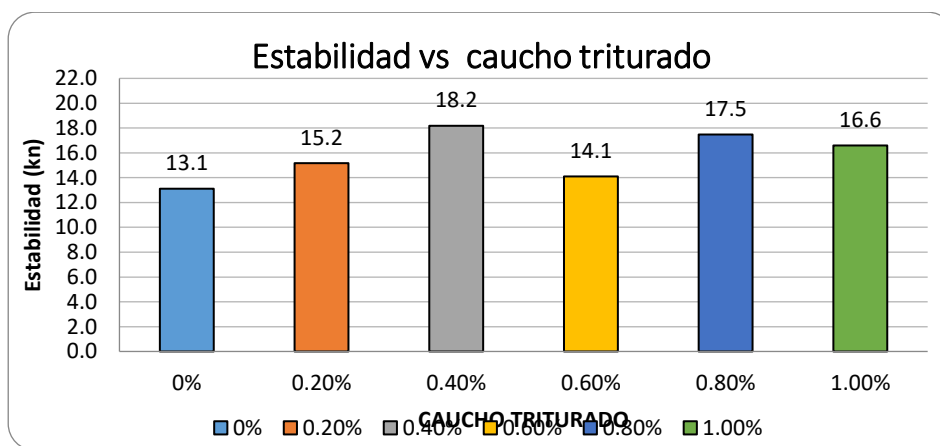


Figura 71. Estabilidad por cada dosificación de caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

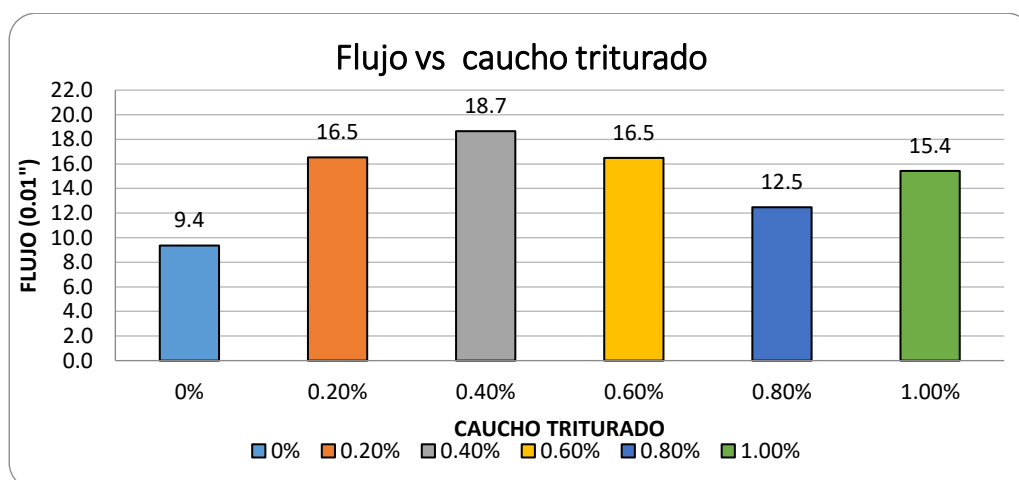


Figura 72. Flujo por cada dosificación de caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

Con respecto Chamba y Benavides (2019), el caucho triturado de neumáticos mejora la adhesión entre agregado – ligante, cumple con los requisitos mínimos de diseño Marshall, de esta manera esta nueva tecnología es viable para proyectos viales, reduce los vacíos de la mezcla asfáltica de esta manera se tiene una mezcla más densa y duradera. Resultados los porcentajes de caucho triturado que emplearon para la investigación fueron de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% en lo concerniente se obtuvo estabilidades (lb) de 3009.86, 2563.35 lb, 2218.09, 1849.82, 1709.59 y 1582.39 y flujos (0.01”) de 13, 14, 18, 20 y 22 respectivamente. En cual concluye que 0.5% y 1% son los porcentajes que brindaron un mayor desempeño en la mezcla.

En la figura 73, 72 y 74 se observan los resultados de las características mecánicas para la escoria de acero y la influencia que produjo a las características mecánicas con respecto al diseño convencional (0%).

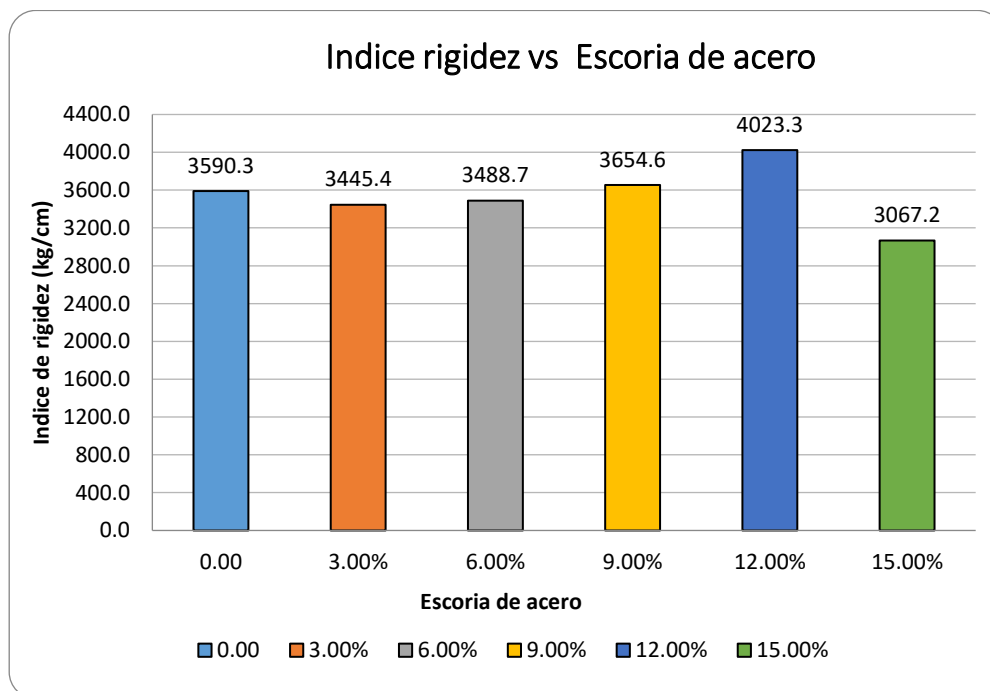


Figura 73. indice rigidez por cada dosificación de escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.

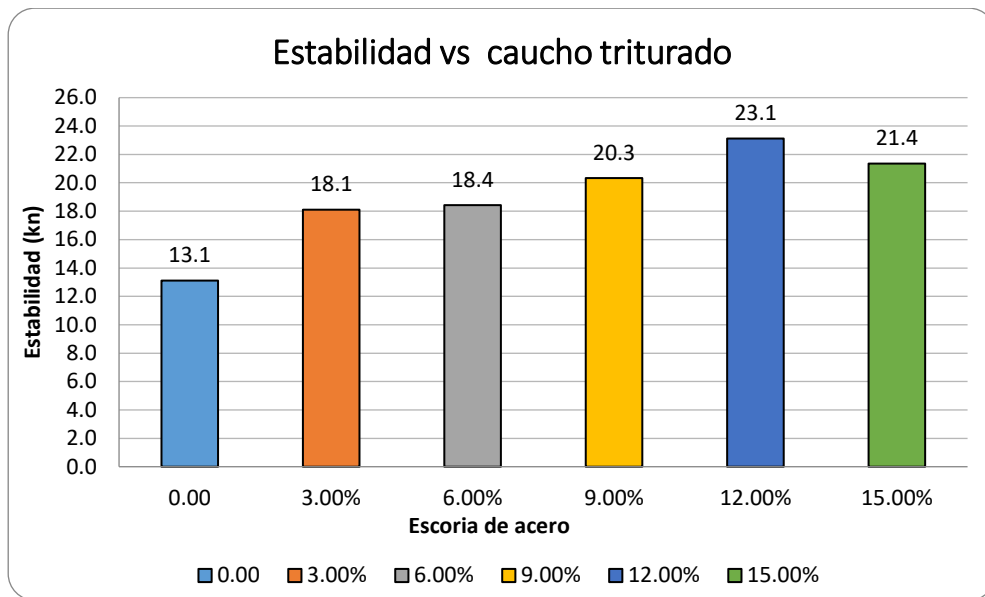


Figura 74. Estabilidad por cada dosificación de escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.

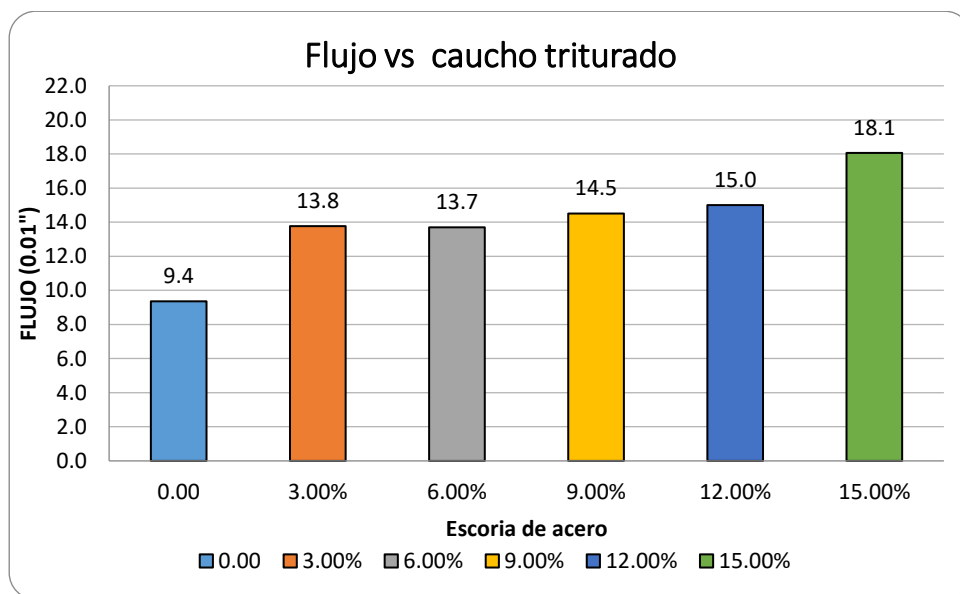


Figura 75. Flujo por cada dosificación de escoria de acero.

Fuente: Elaborado por los autores.

Con respecto a Pérez (2018), en su investigación adición de escoria metalúrgica al 0%, 10%, 12%, 15% en el diseño asfáltico convencional en el cual tuvo como resultado estabilidades de (13,538, 15,44, 12,536, 14,892) kn respectivamente y índice de rigidez Marshall de (3859.6, 3497, 3581 y 4153.2) kg/cm, se usó un C.A 60/70 y un diseño granulométrico MAC-2, Concluyó: que las mezclas asfálticas modificadas mejoran las características mecánicas.

## Discusión 2.

En la figura 75, 76 77 y 78 se observan los resultados de las características físicas para el caucho triturado y la influencia que produjo a las características físicas con respecto al diseño convencional (0%).

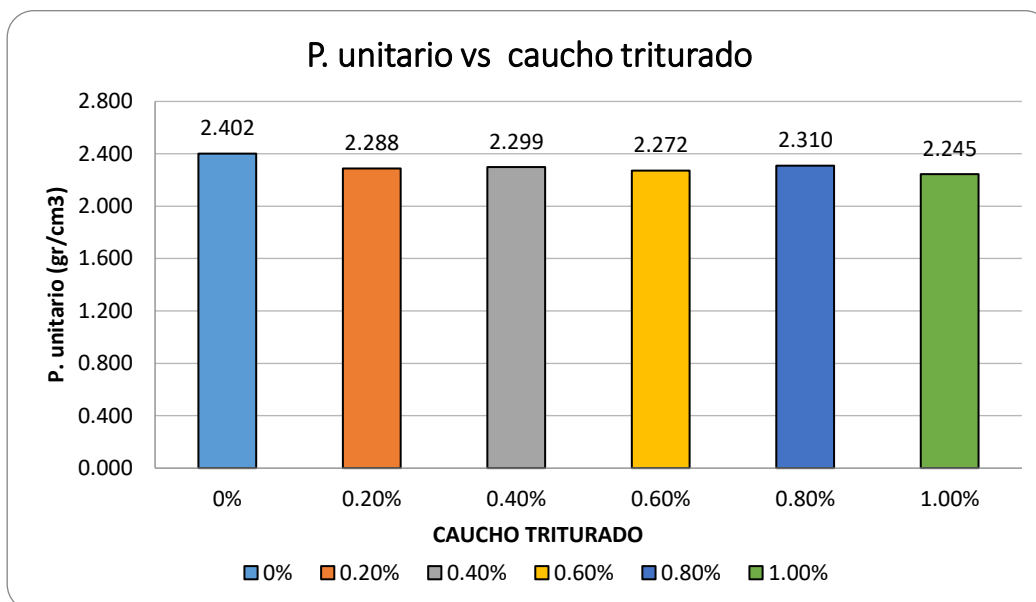


Figura 76. Peso unitario por cada dosificación de caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

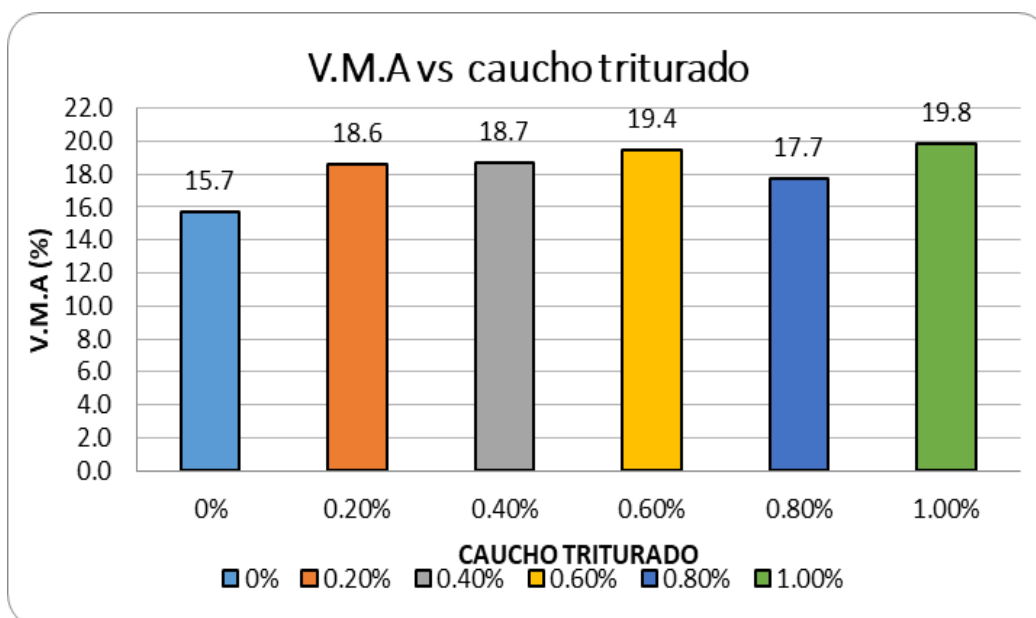


Figura 77. V.M.A por cada dosificación de caucho triturado.

Fuente: Elaborado por los autores.

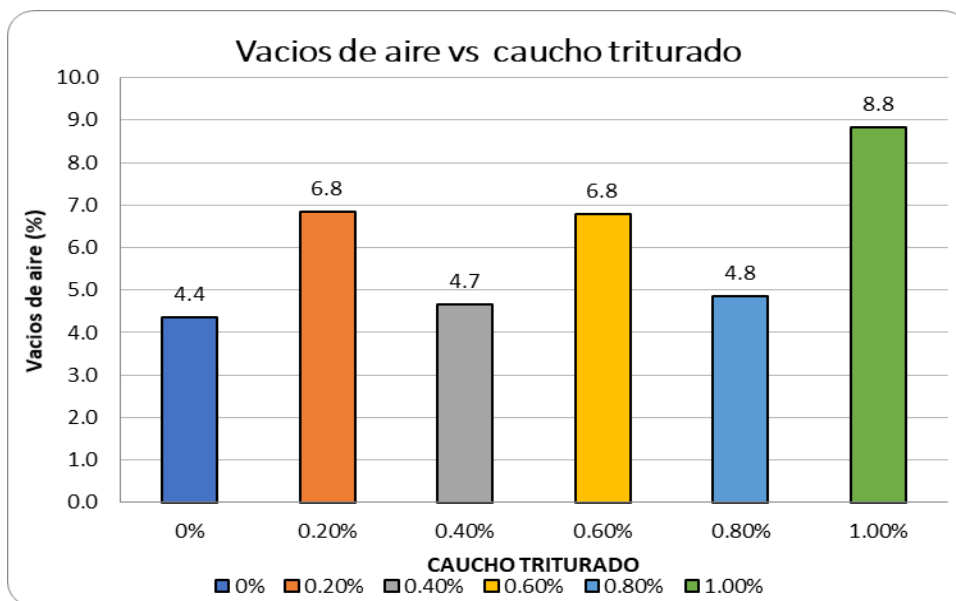


Figura 78. Vacíos de aire por cada dosificación de caucho triturado

Fuente: Elaborado por los autores.

Con respecto a Segura (2016), para llevar a cabo los ensayos utilizó un PEN 60-70, se usaron porcentajes de escoria de 6%, 12.5%, 19.5%, 37% y 51%, se obtuvieron los vacíos de 3.2%, 2.4%, 4.0%, 5.5%, 7.5% y 8.2% respectivamente, se demostró que las briquetas elaboradas con escoria de acero son más pesadas, se demostró que al aumentar la escoria de acero disminuye el uso del cemento asfáltico optimo, en cuanto a la resistencia de la capacidad de carga aumenta de una manera significativa comparada a una mezcla convencional, mejora la resistencia por ahueamiento y deslizamiento.

### Discusión 3.

En presente proyecto se realizó un diseño asfáltico con las dosificaciones optimas de escoria de acero (6%) y caucho triturado (0.80%) en cual determinamos sus características mecánicas: índice rigidez, estabilidad y flujo 3929.70 (kg/cm), 18.7 kn y 12.4 (0.01") respectivamente, se puede observar que los resultados cumplen con las especificaciones de la norma MTC EG 2013. La gradación que se utilizó el tipo MAC-2, con tipo de cemento asfáltico PEN 60-70.

Con respecto a Ibérico (2019), tuvo como resultados realizar una combinación del aglomerante se usó un cemento asfáltico PEN 60/70 las modificaciones se llevaron a cabo con la incorporación de fibra de acero a 0%, 5%, 10% y 12%, teniendo

estabilidades Marshall (kg) 1192, 1199, 1259, 1257, flujos Marshall (mm) de 3.5, 3.4, 3.6, 3.6, estabilidad/flujo (kg/cm) de 3407, 3526, 3727 y 3594, respectivamente a los porcentajes de la fibra de acero. Concluyo que la dosificación optima de fibra de acero es el 5%.

#### Discusión 4.

El procedimiento que se siguió para determinar las características físicas de la mezcla asfáltica fue de la norma ASTM D 6927, llevando a cabo un diseño modificado con dosificaciones optimas de escoria de acero (6%) y caucho triturado (0.80%) resulto un peso unitario de 2.306 gr/cm<sup>3</sup>, un % V.M.A de 18.6, % vacíos de 3.9 y %C. A 6.

Quipusco y Villegas (2019), en su proyecto de investigación concluye que la dosificación optima de escoria siderúrgica es 12.50% teniendo una estabilidad (kn) de 2.84, flujo (1/100 in) 11.05, % de vacíos 4 y un porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 5.19%.

Capcha (2018), los resultados que se obtuvieron para las mezclas modificadas con caucho en 10% y 15% teniendo estabilidades (kn) de 1392.35 y 1341.64, índices rigidez (kg/cm) 3966.81 y 3829.97 y obteniendo dosificaciones optimas de C.A 5.26% y 5.22%, respectivamente. Se concluyo que la dosificación optima es del 10% de caucho reciclado mejoro la resistencia de deformación y las propiedades físicas.



## V. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos se determina la influencia de la incorporación de caucho triturado en porcentajes 0%, 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80% y 1% como agregado fino se tiene valores de índice de rigidez (kg/cm) 35903, 2384.8, 2547.2, 2285.3, 3645.1 y 2801.8 respectivamente; valores de estabilidad (kn) 13.1, 15.2, 18.2, 14.1, 17.5 y 16.6, cumplen con los parámetros establecidos en la norma y se tiene valores flujos (0.01") 9.4, 16.5, 18.7, 16.5, 12.5 y 15.4 respectivamente, se verifica que 9.4 y 12.5 cumplen con los parámetros de la norma provenientes del diseño convencional y el diseño modificada con 0.80% y los otros valores superan el máximo permitido en la norma. De acuerdo a los resultados obtenidos se determina la influencia de la incorporación de escoria de acero en porcentajes 0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% como agregado grueso se tiene valores de índice de rigidez (kg/cm) 3590.3, 3445.4, 3488.7, 3654.6, 4023.3 y 3067.2, en el cual valor de 4023.3 no cumple con los valores establecidos por la norma; valores de estabilidad (kn) 13.1, 18.1, 18.4, 20.3, 23.1 y 21.4, cumplen con los parámetros establecidos en la norma y se tiene valores flujos (0.01") 9.4, 13.8, 13.7, 14.5, 15.0 y 18.1 respectivamente, se verifica que 14.5, 15 y 18.1 no cumplen con los parámetros de la norma debido a que produce una mezcla asfáltica deformable y poco estable.
2. De acuerdo a los resultados se determina que la incorporación de caucho triturado en porcentajes 0%, 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80% y 1% tiende a reducir los valores de manera insignificante los pesos unitarios (gr/cm<sup>3</sup>) 2.402, 2.288, 2.299, 2.272, 2.30 y 2.245 respectivamente, los V.M.A todos los valores cumplen con los parámetros de la norma, vacíos de aire (%) se tiene 4.4, 6.8, 4.7, 6.8, 4.8 y 8.8 respectivamente, indica que 6.8 y 8.8 no cumple con la normativa debido a que estos valores hacen referencia que la mezcla asfáltica tiene un excesivo porcentaje de aire y para culminar se tiene 5.80% de cemento asfáltico óptimo para el diseño convencional, y para la dosificación óptima de caucho triturado (0.80%) se tiene 5.90%, por lo tanto la incorporar caucho triturado influye para obtener resultados requeridos en la normativa.
3. Según los resultados del diseño asfáltico de la combinación (0.80% C.T + 6% E.A) presentan una mejora en el índice de rigidez un 9.45%, en la estabilidad

un 42.63% por lo tanto este tipo de mezcla contiene una mayor resistencia a la carga axial y a las deformaciones y en el flujo se tuvo un valor de 12.4 (0.01") cumpliendo con la normativa.

4. Según los resultados del diseño asfáltico de la combinación (0.80% C.T + 6% E.A), se tiene un peso unitario de 2.306 gr/cm<sup>3</sup>, V.M.A 18.6%, vacíos de aire 3.9% y el cemento asfáltico tuvo un aumento del 3.45% con respecto al óptimo del diseño convencional, todos los valores indican que cumplen con la normativa.

## VI. RECOMENDACIONES

Este tipo de diseño que se llevó a cabo en la presente investigación tuvo una gran importancia ya que permitió ampliar los conocimientos de la ingeniería asfáltica y tuvo resultados positivos por lo cual se recomienda que las entidades públicas / privadas dedicadas al rubro apliquen este tipo de diseños para reducir la sobreexplotación de las canteras y proporcionar una mayor vida útil en los pavimentos.

Se recomienda aplicar este tipo de diseño (0.80% C.T + 6% E.A) para el tipo de tráfico liviano y medio.

Se recomienda usar la escoria de acero en remplazo del agregado grueso en porcentajes de 6% para el diseño de mezclas asfálticas.

Se recomienda usar el caucho triturado en remplazo del agregado fino en porcentajes de 0.80% para el diseño de mezclas asfálticas.

Se recomienda a futuras investigaciones utilizar porcentajes mayores del 15% en escoria de acero como remplazo del agregado grueso debido que se obtuvieron resultados favorables al incrementar dicho producto.

## REFERENCIAS

*Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura.* Peláez, G; Velásquez, S; Giraldo, D. 2017. 2, s.l. : Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2017, Vol. 27.

Asphalt Institute. 2015. *MS-2 Asphalt Design Methods.* Seventh. s.l. : Asphalt Intitute, 2015. pág. 188.

Behar Rivero, Daniel S. 2008. *Metodología de la investigación.* s.l. : Shalom 2008, 2008.

Borja, M. 2012. *Metodología de la investigación científica para ingenieros .* Chiclayo : Universidad Pedro Ruiz Gallo , 2012.

Castillo, A; Chávarri, A. 2020. *Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado en Lima, 2020 .* Lima : Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Universidad César Vallejo, 2020.

Cerrón, E; Valdivia, H. 2019. *Influencia del caucho reciclado en la mejora de la resistencia y durabilidad de una mezcla asfáltica en caliente, Lima 2019. .* Lima : Facultad de Ingeniería- UCV, 2019.

Chamba, F; Benavides, J. 2019. *Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando Caucho Triturado de neumático reciclado.* Ecuador : Facultad de Ciencia de la Ingeniería -Universidad Estatal Península de Santa Elena , 2019.

*Compressive Strength and Modulus of Elasticity of.* Haryanto, Y; Hermanto, nis; Pamudji, G; Wardana, Kp. 2017. 2017, IOP Conference Series, Vol. 267.

Condori, E y Lonazco, E. 2019. *Diseño de mezcla asfáltica incorporando grano de caucho para mejorar propiedades mecánicas, método vía seca en la avenida Polonia 2019.* Lima : Facultad de Ingeniería y Arquitectura - UCV, 2019.

*Engineering properties and performance of asphalt mixtures incorporating steel slag.* Chen, J y Wei, S. 2016. 2016, Construction and Building Materials, págs. 148-153.

*Estudio de mezclas asfálticas templadas con emulsión super-estabilizada.* López, C; Thenoux, Sandoval, G; Armijos, V; Ramírez, A; Guisado, F; Moreno, E. 2017. 1, Santiago : Revista ingeniería de construcción, 2017, Vol. 32.

Granados, J. 2017. *Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional*. Lima : Universidad Ricardo Palma , 2017.

Hernández, S; Fernández, C; Baptista, P. 2014. *Metodología de la investigación*. Mexico : McGRAW-HILL, 2014. 978-1-4562-2396-0.

*Investigation of using steel slag in hot mix asphalt for the surface course of flexible pavements*. Nguyen, H; Lu, D; Le, D. 2018. 2018, IOP Conference Series.

Minaya, Gonzales, S; Ordoñez, Huaman, A. 2001. *Manual de Laboratorio Ensayos para Pavimentos*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2001. Vol. I.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013. *Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG 2013*. Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013.

Morlote, Norma y Celiseo, Rodrigo. 2004. *Metodología de la Investigación: Cuaderno de Trabajo*. Mexico D.F : Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana,, 2004.

Muñoz Rocha, Carlos I. 2016. *Metodología de la Investigación*. Mexico : Editorial Progreso S.A de C.V, 2016.

Núñez, M. 2007. *Las Variables: Estructura y función en la hipótesis*. Lima : Especialidad en Lengua y Literatura, 2007. 17285852.

Ortiz, K. 2016. *Diseño de mezclas asfálticas con caucho SBR usando metodo marshall*. Samborondón : Universidad de Especialidades Espiritu Santo, 2016.

Pérez, H. 2018. *Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la adición de escoria metalúrgica–Lima, 2018*. Lima : Facultad de Ingeniería - UCV, 2018.

*Población Muestra y muestreo*. López, P. 2004. 8, Cochabamba : Punto Cero, 2004, Vol. 9. 1815-0276.

*Rutting resistance of asphalt mixture with cup lumps modified binder*. Shaffie, E; Wan W; Arhald, A; Hashim, W. 2017. 2017, IOP Conference Series.

Segura, A. 2016. *Estudio del comportamiento Físico y mecánico de mezclas asfálticas, con materiales reutilizables en la construcción con escoria de acero*. Bogotá : U Católica, 2016.

*Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas*. Rondón, H; Muniz, M; Reyes, F. 2018. 2018, Revista Ingenierías Universidad de Medellín, págs. 71-97.

*Uso de las escorias de horno de arco eléctrico (EHAE) en la construcción – estado del arte*. Rojas, M; Otálvaro, I; Pérez, J; Benavides, H; Ambriz, C. 2021. 2, s.l. : Revista UIS Ingenierías, 2021, Vol. 20. 1657 - 4583.

Valderrama, S. 2015. *Pasos para elaborar proyectos de Investigación científica*. Lima : San Marcos de Anibal Jesús Paredes Galván , 2015. 978-612-302-878-7.

## ANEXO

### Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	INDEPENDIENTE	Escoria de acero	Granulometría	Distribución de partículas	Tamices
¿Dé que manera influye la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en el diseño de una mezcla asfáltica aplicando el método Marshall?	Analizar la influencia de escoria de acero y caucho triturado en el diseño de una mezcla asfáltica aplicando el método Marshall.	Incorporando escoria de acero y caucho triturado influye el diseño de una mezcla asfáltica aplicando el método Marshall.			Dosificación	3% en remplazo del A.G	Balanza electrónica.
						6% en remplazo del A.G	
						9% en remplazo del A.G	
						12% en remplazo del A.G	
15% en remplazo del A.G							
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicas:		Escoria de acero	Ensayo químico	Ensayo de eflorescencia	Horno eléctrico Balanza 0.01 gr
¿De qué manera influirá la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología marshall?	Determinar la influencia de la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología marshall.	La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología marshall.			Peso Específico	Seco y Saturado Sup. Seca	
				Caucho triturado	Dosificación	Absorción de agua	Balanza electrónica.
0.2% en remplazo del A.F							
0.4% en remplazo del A.F							
0.6% en remplazo del A.F							
0.8% en remplazo del A.F							
1% en remplazo del A.F							
¿De qué manera influirá la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología marshall?	Determinar la influencia de la incorporación de escoria de acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología marshall.	La incorporación de escoria de acero y caucho triturado influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función a los parámetros de la metodología Marshall.	DEPENDIENTE	Mezcla asfáltica en caliente aplicando el Método Marshall	Características físicas	Contenido de C.A (%)	Balanza electrónica. Maquina Marshall.
¿De qué manera influirá combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología marshall?	Determinar la influencia de la combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología marshall.	La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en las características mecánicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.				Vacios de aire (%)	
						Vacios del agregado mineral (%)	
						P. unitario (gr/cm3)	
					¿De qué manera influirá combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología marshall?	Determinar la influencia de la combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología marshall.	La combinación del porcentaje óptimo de escoria acero y caucho triturado influye significativamente en las características físicas de una mezcla asfáltica en función de los parámetros a la metodología Marshall.
Estabilidad (kn)							
				Indice de Rigidez (kg/cm)			

Fuente: Elaborado por los autores

## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE : ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITUADO	La escoria de acero o desechos es un material que sobra al fundir el material conocido como mera para purificar el metal y separarlo de las pequeñas impurezas, se trabaja a temperaturas de 1600 °C a 1700°C y están compuestos por CaO, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, Fe(total), So <sub>3</sub> , MnO (Rojas et al. 2021).	Escoria de acero se va incorporación en dosificaciones de 3%, 6%, 9%, 12% y 15% con finalidad de mejorar el comportamiento de una mezcla asfáltica en caliente.	Granulometría	Distribución de partículas	RAZÓN	Tamices
			Dosificación	3% en remplazo del A.G		
				6% en remplazo del A.G		
				9% en remplazo del A.G		
				12% en remplazo del A.G		
			15% en remplazo del A.G			
	Ensayo quimico	Ensayo de eflorescencia	Horno eléctrico Balanza 0.01 gr			
	Peso Unitario	Suelto y Compactado				
	Peso Específico	Seco y Saturado Sup. Seca	Balanza electronica.			
		Absorción de agua				
0.2% en remplazo del A.F						
0.4% en remplazo del A.F						
Dosificación	0.6% en remplazo del A.F	Balanza electronica.				
	0.8% en remplazo del A.F					
	1% en remplazo del A.F					
	0.2% en remplazo del A.F					
VARIABLE DEPENDIENTE: Mezcla asfáltica en caliente aplicando el Método Marshall	El método Marshall es el más utilizado en todos los países, es empleado para dosificar muestras con diferentes porcentajes de cemento asfálticos, el agregado no debe superar el tamaño máximo 2.54 cm y determina las propiedades mecánicas y físicas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).	Mezclas asfáltica que va a ser manipulada por la variables independientes para verificar los efectos en el comportamiento mecanico y fisico.	Características físicas	Contenido de C.A (%)	Balanza electronica, Maquina Marshall	
				Vacíos (%)		
				Vacíos del agregado mineral (%)		
				P. unitario (gr/cm <sup>3</sup> )		
			Características mecánicas	Flujo (mm)		Maquina Marshall
				Estabilidad (kg)		
				Indice de Rigidez (kg/cm)		

Fuente: Elaboración Propia



### Anexo 3. Validación de instrumentos de investigación

#### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

##### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ingo Romero Jaramillo David Enrique  
 Institución donde labora: Municipalidad Distrital de Lagunas  
 Especialidad: Ingeniero Civil.  
 Instrumento de evaluación: instrumentos de calidad de agregados, peso específico, ensayo químico, diseño Marshall, graficas Marshall. Análisis granulométrico.  
 Autor(s) del instrumento (s): Castillo Calle Edgard David y Moreno Chiroque Nexar Arquimedes  
 Tesis: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

##### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>49</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

##### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

\_\_\_\_\_

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

49

Piura, 09 de Setiembre de 2021

  
 David E. Romero Jaramillo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 119139

Activar Wind  
 Ve a Configuración

## INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: VALLESOS DAVILA NEISSER WANDER

Institución donde labora: NEVADA EIAL

Especialidad: INGENIERIA CIVIL

Instrumento de evaluación: instrumentos de calidad de agregados, peso específico, ensayo químico, diseño Marshall, graficas Marshall. Análisis granulométrico.

Autor(s) del instrumento (s): Castillo Calle Edgard David y Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

Tesis: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Activar Win  
e a Configura

  
 Ing. Messer H. Vallesos Davila  
 REG. CIP N° 84976

Piura, 09 de SETIEMBRE de 2021



## INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: COLQUICON DOR GUERRERO MARCO ANTONIO

Institución donde labora: CONSULTOR INDEPENDIENTE

Especialidad: INGENIERIA CIVIL

Instrumento de evaluación: instrumentos de calidad de agregados, peso específico, ensayo químico, diseño Marshall, graficas Marshall. Análisis granulométrico.

Autor(s) del instrumento (s): Castillo Calle Edgard David y Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

Tesis: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	PUNTAJE				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>"Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado"</b>					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado"</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Piura, 10 de SETIEMBRE de 2021

Ve a Configu

ACTIVO



Alfonso A. Colquicon Dor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433

Anexo 4. Formatos de recolección de datos (Fichas técnicas).



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto

Norma: NORMA N.T.P. 400.019

Muestra: Agregado grueso.

Cantera:

## I.- Granulometría global

Mallas Pasa	Retiene	Peso retenido	% retenido	Método B
1 1/2"	1"			
1"	3/4"			
3/4"	1/2"			
1/2"	3/8"			
3/8"	Nº4			
<b>Total</b>				

## II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	
- Peso final después de las 200 revoluciones	
- Peso final después de las 500 revoluciones	

## III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	
- % de uniformidad	

## OBSERVACIONES :

  
 David E. Romero Jaramilla  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 119139

  
 Marco A. Culquicondor Guerrero  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 70433

  
 Ing. Meisser W. Vallejos Barba  
 REG. CIP N° 84976

NOTA :

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: Angularidad del agregado fino

Norma: MTC E222

Muestra: Agregado Fino

Cantera:



ENSAYO ANGULARIDAD DE AGREGADO FINO				
N°	ENSAYO	M-1	M-2	PROMEDIO
1	Peso material + Molde (grs)			
2	Peso del Molde (grs)			
3	Peso Neto del Material (grs)			
4	Volumen del molde (cc)			
5	Peso unitario (gr/cc)			

N°	ENSAYO	M-3	M-4	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)			
B	Peso Frasco + agua			
C	Peso Frasco + agua + A			
D	Peso del Mat. + agua en el frasco			
E	Vol de masa + Vol de vacío = C-D			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105° C)			
G	Vol de masa = E- (A-F)			
	Pe bulk (base seca) = F/E			
	Pe bulk (base saturada)= A/E			
	Pe aparente ( base seca)= F/G			
	Absorción = ((A-F)/F)*100			

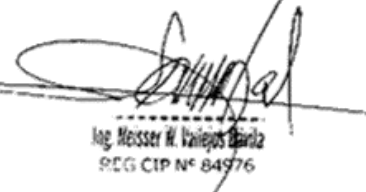
N°	ENSAYO	1	2	PROMEDIO
1	Peso específico seco (Gsb)			
2	Volumen de molde (V)			
3	Peso de material en el molde (w)			
4	Angularidad de agregado fino %			

NORMA MTC E 222 30 ----->

### OBSERVACIONES :

  
  
**David C. Romero Jaramilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 119139

  
**Marco A. Culquicondor Guerrero**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 70433

  
**Ing. Messer H. Vallejos Barria**  
 REG CIP N° 84976





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

Norma: N.T.P. 400.040

Muestra: Agregado grueso

Cantera:

A. Partículas con una cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"		3000			
1"	3/4"		1500			
3/4"	1/2"		500			
1/2"	3/8"		200			

UNA CARA FRACTURADA (%)  $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$  =

B. Partículas con una Aa más cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"		3000			
1"	3/4"		1500			
3/4"	1/2"		500			
1/2"	3/8"		200			

DOS A MÁS CARA FRACTURADA (%)  $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$  =

OBSER  
- Mue:

Ing. Meisser W. Vallejos Barria  
 REG CIP N° 84976  
 o realizado por el solicitante.



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

Norma: N.T.P. 400.040

Muestra: Agregado grueso

Cantera:

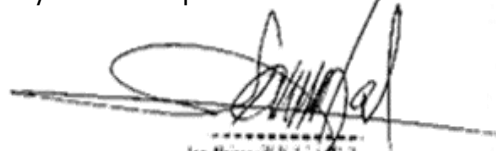
TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS	PESO DE PARTICULAS ALARGADAS	PESO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700					
3/8"	9.500					
N° 4	4.750					

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)

## OBSERVACIONES :

- Relación usada: 1/3 (Espesor /Longitud).
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante

  
David E. Romero Jaramilla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 119130

  
Ing. Messer W. Valeros Barria  
REG. CIP N° 84976

  
Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO

Norma: MTC E 209

Muestra: Agregado grueso

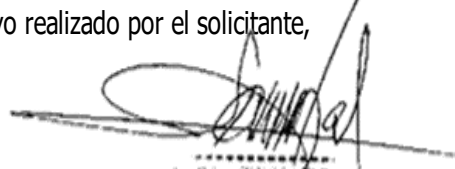
Cantera:

TAMAÑO DE MALLA		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA CORREGIDAS
PASANTE	RETENIDO	%	gr	gr	gr	%	%
3/8"	N° 4						
N° 4	N° 8						
N° 8	N° 16						
N° 16	N° 30						
N° 30	N° 50						
N° 50	N° 100						
N° 100	---						
TOTALES							

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  
  
David E. Romero Jaramilla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118138

  
Ing. Meisser H. Vallejos Barria  
REG. CIP N° 84976

  
Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433  




# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO

Norma: MTC E 209

Muestra: Agregado fino

Cantera:

TAMAÑO DE MALLA		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA CORREGIDAS
PASANTE	RETENIDO	%	gr	gr	gr	%	%
3/8"	N° 4						
N° 4	N° 8						
N° 8	N° 16						
N° 16	N° 30						
N° 30	N° 50						
N° 50	N° 100						
N° 100	---						
TOTALES							

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  
David C. Romero Jaramilla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 119139

  
Ing. Messer H. Vallejos Barria  
CIP N° 119139

  
Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

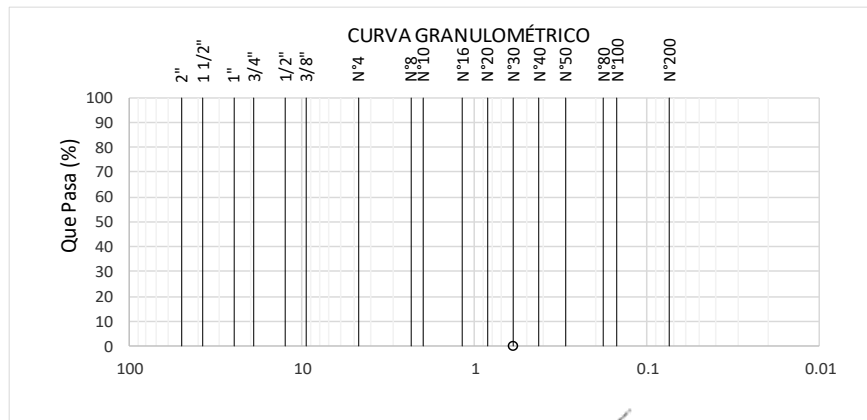
Ensayo: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

Norma: N.T.P. 400.012

Muestra: Agregado fino

Cantera:

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000			
3/4"	19.000			
1/2"	12.500			
3/8"	9.500			
Nº 4	4.750			
Nº 8	2.360			
Nº 10	2.000			
Nº 16	1.180			
Nº 20	0.850			
Nº 30	0.600			
Nº 40	0.425			
Nº 50	0.300			
Nº 80	0.180			
Nº100	0.150			
Nº200	0.075			



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

David C. Romero Armentillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 118139

Ing. Messer W. Vallejos Barza  
REG CIP Nº 84976

Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

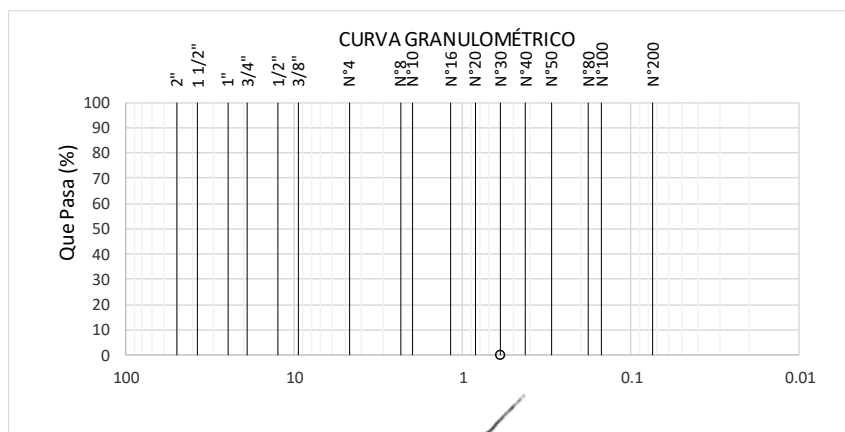
Ensayo: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

Norma: N.T.P. 400.012

Muestra: Agregado grueso

Cantera:

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000			
3/4"	19.000			
1/2"	12.500			
3/8"	9.500			
Nº 4	4.750			
Nº 8	2.360			
Nº 10	2.000			
Nº 16	1.180			
Nº 20	0.850			
Nº 30	0.600			
Nº 40	0.425			
Nº 50	0.300			
Nº 80	0.180			
Nº100	0.150			
Nº200	0.075			



## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación v ensayo realizado por el solicitante,

David E. Romero Jaramilla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 119139

Ing. Messer H. Vallejos Barria  
REG. CIP N° 84976

Marco A. Cuiquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

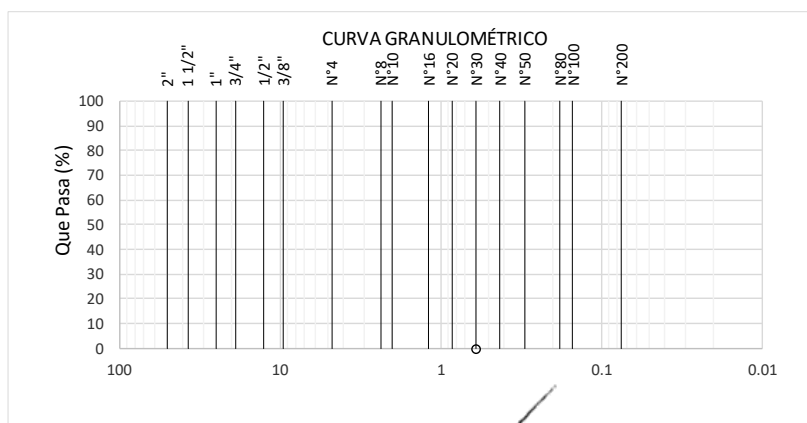
Ensayo: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

Norma: N.T.P. 400.012

Muestra: Dosificación de agregados para diseño de mezcla de asfalto.

Cantera:

Malla		% Que Pasa				GRADACIÓN
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	MAC - 2
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000					100
1/2"	12.500					80-100
3/8"	9.500					70-88
Nº 4	4.750					51-68
Nº 8	2.360					
Nº 10	2.000					38-52
Nº 16	1.180					
Nº 20	0.850					
Nº 30	0.600					
Nº 40	0.425					17-28
Nº 50	0.300					
Nº 80	0.180					8-17
Nº100	0.150					
Nº200	0.075					4-8



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

David C. Romero Jaramilla  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 119139

Ing. Messer H. Vainijos Barria  
 REG. CIP N° 84976

Marco A. Culquicondor Guerrero  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 70433



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.

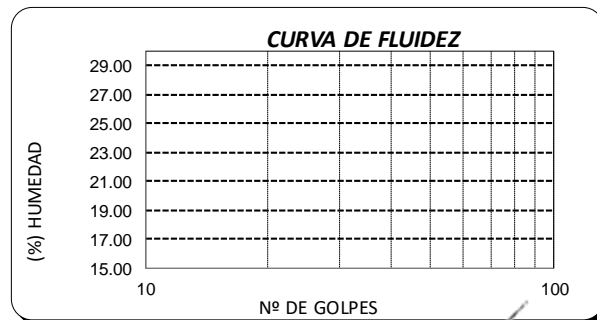
Norma: N.T.P. 399.131

Muestra: Agregado fino

Cantera:

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro				
N° de golpes				
Tarro + suelo húmedo				
Tarro + suelo seco				
Agua				
Peso del tarro				
Peso del suelo seco				
Porcentaje de humedad				

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA					Colocar "X", a suelo no Plastico	
Límite Líquido						
Límite Plástico						
Índice de Plasticidad						



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  
**David C. Romero Jaramilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 119139

  
**Ing. Messer H. Valjeos Barria**  
 REG. CIP N° 84976

  
**Marco A. Culquicondor Guerrero**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 70433



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.

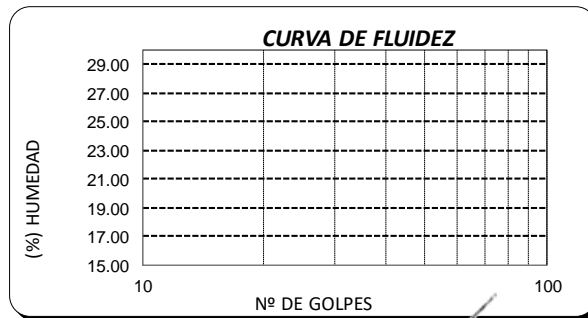
Norma: N.T.P. 399.131

Muestra: Agregado fino

Cantera:

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro				
N° de golpes				
Tarro + suelo húmedo				
Tarro + suelo seco				
Agua				
Peso del tarro				
Peso del suelo seco				
Porcentaje de humedad				

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA				Colocar "X", a suelo no Plastico	
Límite Líquido					
Límite Plástico					
Índice de Plasticidad					



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  
**David E. Romero Jaramilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 119139

  
 Ing. Meisser H. Vallejos Barria

  
**Marco A. Culquicondor Guerrero**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 70433





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y

Norma: N.T.P. 400.021

Muestra: Agregado grueso

Cantera:

## I. DATOS

1.- Masa de la muestra secada al horno	(gr)		
2.- Masa de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)		
3.- Masa de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)		
4.- Masa de la canastilla	(gr)		
5.- Masa de la muestra saturada dentro del agua	(gr)		

## II.- RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )		
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE	(gr/cm <sup>3</sup> )		
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm <sup>3</sup> )		
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%		

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  
David C. Romero  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 119139

  
Ing. Messer H. Vallejos Barza  
REG CIP N° 84976

  
Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y

Norma: N.T.P. 400.021

Muestra: Agregado fino

Cantera:

## I. DATOS

		F-2	F-3
1.- Masa de la arena superficialmente seca + masa del frasco + masa del agua	(gr)		
2.- Masa de la arena superficialmente masa + masa del frasco	(gr)		
3.- Masa del agua	(gr)		
4.- Masa de la arena secada al horno + masa del frasco	(gr)		
5.- Masa del frasco	(gr)		
6.- Masa de la arena secada al horno	(gr)		
7.- Volumen del frasco	(cm <sup>3</sup> )		


## II .- RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )		
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm <sup>3</sup> )		
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm <sup>3</sup> )		
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%		

## OBSERVACIONES :

- Muestreo. identificación v ensayo realizado por el solicitante,

  
  
**David E. Romero Jaramilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 119139

  
 Ing. Meisser W. Vallejos David  
 REG CIP N° 84976

  
 Marco A. Culquicondor Guerrero  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 70433



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

Norma: NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

Muestra: Agregado fino y grueso

Cantera:

	Muestra		Agregado Fino	Agregado Grueso
A	Muestra usada	g.		
B	Agua destilada	ml		
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada			
02	Número de beaker			
03	Peso de beaker	g.		
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.		
05	Peso de residuo de sales	g.		
06	Volumen de la solución tomada	ml		
07	Constituyentes de sales solubles total	ppm		
08	Constituyentes de sales solubles total	(%)		
PROMEDIO (ppm) =				
PROMEDIO (%) =				

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



David E. Romero Jaramilla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 119139



Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433



Ing. Meisser W. Vallejos Barba  
REG. CIP N° 84976



TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: INFORME DE ENSAYO MARSHALL

Norma: ASTM D1559

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)																		
AGREGADOS	Piedra	Producto	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
%						% pasa Material			100	100	93.2	84.6	65.5	47.1	19	11.9	6.1	
BRIQUETA Nº						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla						5.00			5.5			6				6.5	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla																	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla																	
4	% de escoria de acero																	
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla																	
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc																	
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc																	
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc																	
9	peso especifico de la escoria - bulk																	
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc																	
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																	
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																	
13	Altura promedio de la briqueta cm																	
14	Masa de la briqueta al aire (gr)																	
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)																	
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)																	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)																	
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)																	
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)																	
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)																	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total																	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total																	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado																	
24	% de Asfalto Efectivo																	
25	Relación Polvo/Asfalto																	
26	V.M.A.																	
27	% Vacios llenos con C.A.																	
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)																	
29	Estabilidad sin corregir (Kg)																	
30	Factor de estabilidad																	
31	Estabilidad Corregida 27 * 28																	
32	Estabilidad / Flujo																	

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

David E. Roman Jimenez  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 11919

Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433

Mag. Messer H. Vallejos Barza  
REG. CIP Nº 84976



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica  
incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA

Norma: ASTM D2041

MUESTRA Nº	01	01	02	03
1.- PESO DEL FRASCO				
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO (25°C)				
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )				
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (25°C)				
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA				
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )				
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )				
CONTENIDO % C.A.				

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  
Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433

  
David E. Romero Jaramilla  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 119139

  
Ing. Meisser W. Vallejos Barba  
REG CIP Nº 84976



TESISTAS: Castillo Calle Edgard David  
Moreno Chiroque Nexar Arquimedes

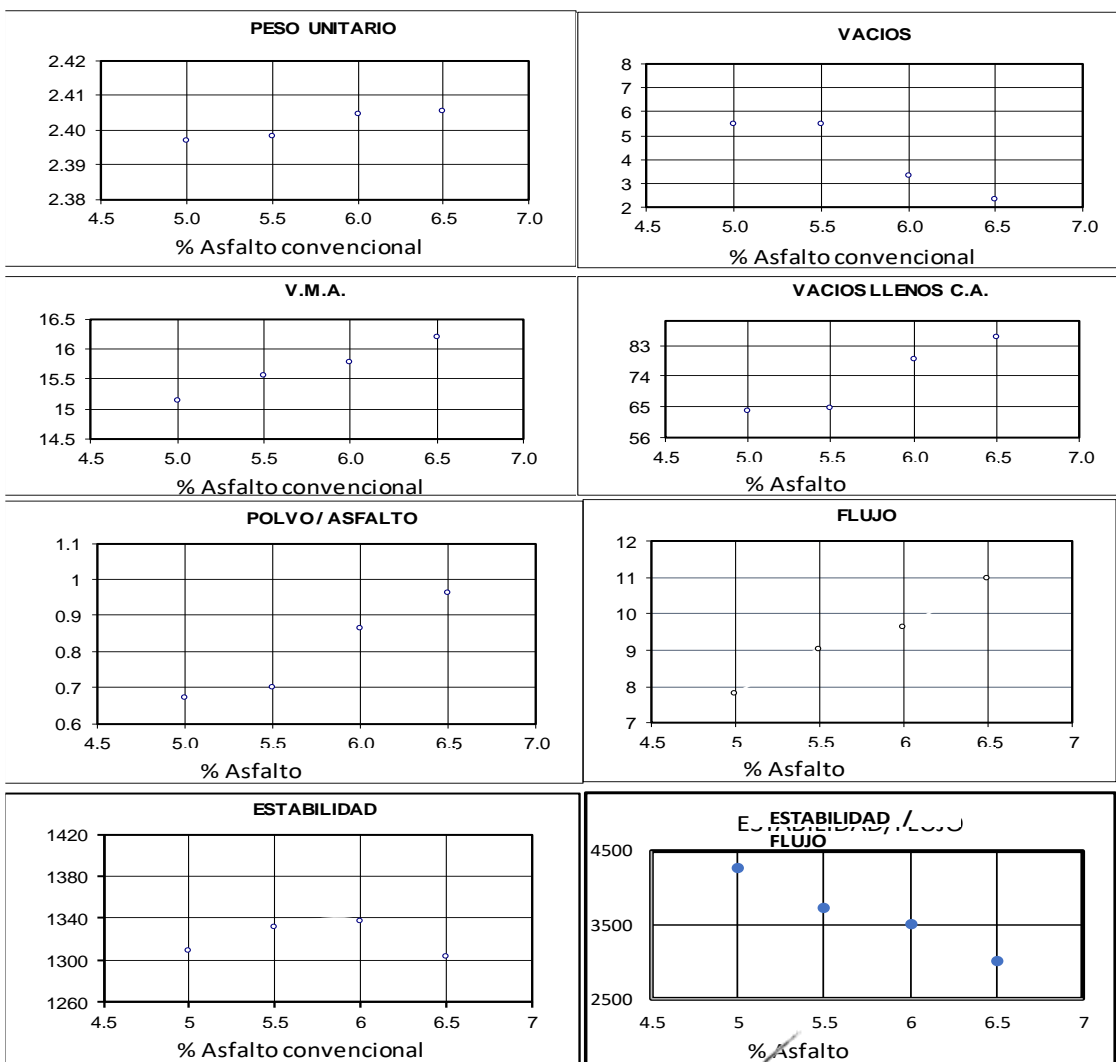
TESIS: Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado

Fecha de ensayo:

Ensayo: ENSAYO MARSHALL

Norma: ASTM D1559

Graficos del metodo marshall



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

David E. Romero Jaramilla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 119139

Ing. Meisser R. Vallejos Barba  
REG CIP N° 84976

Marco A. Culquicondor Guerrero  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 70433

## Anexo 5. Ensayos en laboratorio

Ensayos calidad.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

### **INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Viernes, 10 de septiembre del 2021

**ENSAYO** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

**REFERENCIA** : NORMA N.T.P. 400.019

**Muestra** : Agregado Grueso

**Cantera** : Planta de Asfalto - Batangrande

<b>% de desgaste por abrasión</b>	<b>%</b>	<b>14.44</b>
-----------------------------------	----------	--------------

### **OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obras : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Viernes, 03 de septiembre del 2021

ENSAYO : ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO  
REFERENCIA : MTC E 222

Identificación:

Muestra : Agregado Fino

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO %	<b>40.0</b>
---------------------------------	-------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
 Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA  
 INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Viernes, 03 de septiembre del 2021  
 ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.  
 REFERENCIA : N.T.P. 400.040

Muestra : Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

A. Partículas con una cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	3000				
1"	3/4"	1500				
3/4"	1/2"	500	430.6	86.12	15.1	1301.3
1/2"	3/8"	200	179.5	89.75	19.2	1725.0

$$\text{UNA CARA FRACTURADA (\%)} = \frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{3026.3}{34.3} = 88.2 \%$$

B. Partículas con una Aa más cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	3000				
1"	3/4"	1500				
3/4"	1/2"	500	432.5	86.50	15.1	1307.0
1/2"	3/8"	200	129	64.50	19.2	1239.7

$$\text{DOS A MÁS CARA FRACTURADA (\%)} = \frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{2546.7}{34.3} = 74.2 \%$$

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



WILSON CLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
 Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA  
 INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Viernes, 03 de septiembre del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.040

**Muestra** : Agregado Grueso

Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

TAMIZ (Pulp.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTICULAS CHATAS	PESO DE PARTICULAS ALARGADAS	PESO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700	11.8	10.5	0.0	1.84	0.81
3/8"	9.500	120.7	0.0	0.0	7.83	4.38
N° 4	4.750					

**PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)**

**5.2**

**OBSERVACIONES :**

- Relación usada: 1/3 (Espesor /Longitud).
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obras : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA  
MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO  
TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Viernes, 10 de septiembre del 2021

ENSAYO : DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE  
MAGNESIO  
REFERENCIA : MTC E 209

Identificación:


Muestra : Agregado Fino

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

DURABILIDAD (AL SULFATO DE MAGNESIO) %	<b>4.8</b>
--	------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obras : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA  
MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO  
TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Viernes, 10 de septiembre del 2021

ENSAYO : DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE  
MAGNESIO  
REFERENCIA : MTC E 209

Identificación:


Muestra : Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

DURABILIDAD (AL SULFATO DE MAGNESIO) %	<b>6.2</b>
--	------------

OBSERVACIONES :

- Solución de ensayo SULFATO DE MAGNESIO.
- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obras : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Sabado, 04 de septiembre del 2021

ENSAYO SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.

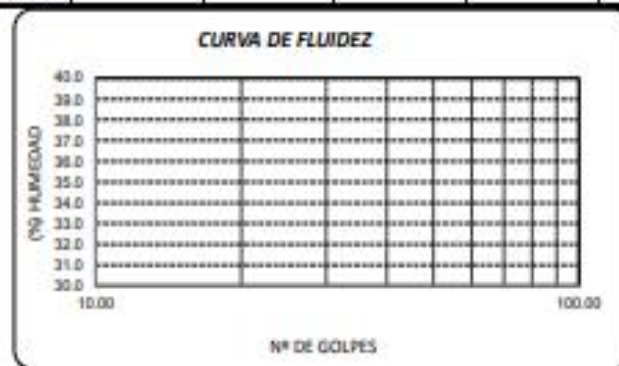
REFERENCIA N.T.P. 399.131

Identificación:

Muestra : Agregado Fino

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
Nº Tara	0	0	0	-	-
Nº Golpe	0	0	0	-	-
% Humedad					



Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice de Plasticidad	N.P.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla Nº40

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obras : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Sabado, 04 de septiembre del 2021

ENSAYO SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.  
REFERENCIA N.T.P. 399.131

Identificación:

Muestra : Agregado Fino

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
Nº Tara					
Nº Golpe	30	25	20	-	-
% Humedad	28.26	32.18	35.72	28.23	28.07



Límite Líquido	31.8%
Límite Plástico	28.1%
Índice de Plasticidad	3.6%

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla Nº200

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA  
ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Jueves, 02 de septiembre del 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.670
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.9

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA  
ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Viernes, 03 de septiembre del 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Agregado Fino

Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.635
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



 **LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

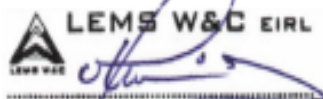
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

<u>Muestra</u>	: Agregado Fino	
<u>Cantera</u>	: Planta de Asfalto - Batangrande	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2940
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.29

<u>Muestra</u>	: Agregado Grueso	
<u>Cantera</u>	: Planta de Asfalto - Batangrande	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2700
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.27

Observaciones:

- Identificación, muestreo y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

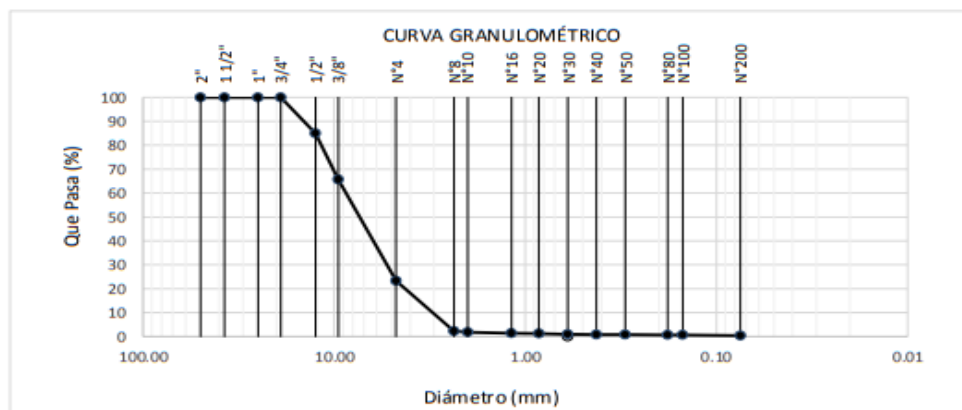



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : Miércoles, 01 de septiembre del 2021  
**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
**NORMA** : N.T.P. 400.012  
**Muestra** : Agregado Grueso                      Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	15.1	15.1	84.9
3/8"	9.500	19.2	34.3	65.7
Nº 4	4.750	42.4	76.7	23.3
Nº 8	2.360	21.1	97.8	2.2
Nº 10	2.000	0.4	98.1	1.9
Nº 16	1.180	0.5	98.6	1.4
Nº 20	0.850	0.1	98.8	1.2
Nº 30	0.600	0.2	99.0	1.0
Nº 40	0.425	0.1	99.1	0.9
Nº 50	0.300	0.0	99.2	0.8
Nº 80	0.180	0.1	99.3	0.7
Nº100	0.150	0.1	99.4	0.6
Nº200	0.075	0.2	99.6	0.4



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

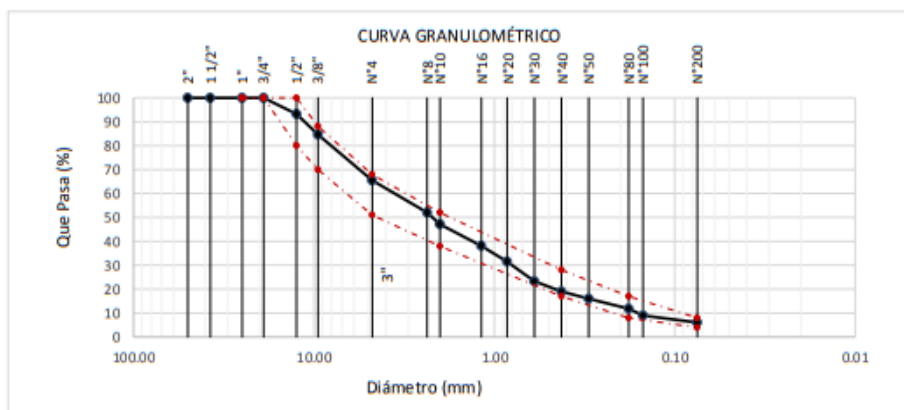
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Dosificación de agregados para diseño de mezcla de asfalto.

Malla		45	54	1	100	GRADACIÓN MAC - 2
		% Que Pasa				
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	93.2	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	84.6	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	100.0	100.0	65.5	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	83.8	100.0	47.1	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	32.6	100.0	19.0	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	19.6	100.0	11.9	8 - 17
Nº 100	0.150	0.6	14.1	100.0	8.9	
Nº 200	0.075	0.4	9.0	100.0	6.1	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Lunes, 06 de septiembre del 2021

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltico Convencional.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
%	45.00	54.00	1.00	100.00	% pasa Material			100	100	93.20	84.55	65.48	47.08	18.97	11.88	6.06	
N°	BRIQUETA				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.00			5.5			6				6.5	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					42.75			42.53			42.30				42.08	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.30			51.03			50.76				50.49	
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94				0.94	
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018				1.018	
6	Peso Especifico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc					2.67			2.67			2.67				2.67	
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.635			2.635			2.635				2.635	
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					1.32			1.32			1.32				1.32	
9	Altura promedio de la briketa cm					3.15			3.15			3.15				3.15	
10	Masa de la briketa al aire (gr)				1194.00	1195.00	1192.00	1193.00	1200.00	1197.00	1192.00	1197.00	1196.00	1197.00	1198.00	1199.00	1199.00
11	Masa de la briketa al agua por 60' (gr)				1200.00	1199.00	1202.00	1200.00	1201.00	1199.00	1198.00	1197.00	1196.00	1197.00	1198.00	1199.00	1199.00
12	Masa de la briketa desplazada (gr)				703.00	701.00	703.00	703.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
13	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc) = (13-14)				497	498	499	497	501	499	498	497	496	497	498	499	499
14	Peso especifico Bulk de la Briketa = (12/15)				2.402	2.400	2.389	2.400	2.395	2.399	2.394	2.408	2.411	2.408	2.406	2.403	
15	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.535			2.536			2.487				2.463	
16	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				5.2	5.3	5.8	5.3	5.5	5.4	3.8	3.2	3.1	2.2	2.3	2.4	
17	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)					2.624			2.655		0.0	2.655				2.655	
18	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)					2.751			2.777			2.740				2.732	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.78			1.68			1.19				1.09	
20	% de Asfalto Efectivo					3.31			3.91			4.88				5.48	
21	Relación Polvo/Asfalto					0.5			0.6			0.8				0.9	
22	V.M.A.				13.0	13.1	13.5	14.6	14.7	14.6	15.3	14.7	14.6	15.2	15.3	15.4	
23	% Vacios llenos con C.A.				59.9	59.3	57.4	63.3	62.4	63.0	75.3	78.4	79.1	85.5	84.8	84.2	
24	Flujo 0.01"(0,25 mm)				7.5	8.0	7.9	9.0	8.9	9.2	9.4	10.0	9.6	10.5	11.2	11.3	
25	Estabilidad sin corregir (Kg)				1298	1278	1201	1299	1275	1268	1288	1279	1291	1254	1260	1247	
26	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	
27	Estabilidad Corregida 27 * 28				1350	1329	1249	1351	1326	1319	1340	1330	1343	1304	1310	1297	
28	Estabilidad / Flujo				4572	4220	4016	3813	3784	3641	3620	3379	3552	3155	2972	2915	

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Ensayos de calidad y diseños asfálticos con caucho triturado.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA  
ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de apertura : Miércoles, 01 de septiembre del 2021  
ENSAYO : CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento  
Pórtland  
NORMA : NTP 334.005  
Muestra : **Caucho Triturado - Recauchadora CUMBER.**

Masa del Caucho Triturado (g)	25
Volomen inicial kerosene (Cm <sup>3</sup> )	0
Vololumen final desplazado kerosene (Cm <sup>3</sup> )	18.9
Densidad del Caucho Triturado (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.32</b>

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

<i>Muestra</i>	: Agregado Fino	
<i>Cantera</i>	: Planta de Asfalto - Batangrande	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	0
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.00

Observaciones:

- Identificación, muestreo y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Sabado, 04 de septiembre del 2021

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Caucho Triturado - Recauchadora CUMBER.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	390
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	389
Contenido de Humedad	(%)	0.02

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	539
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	539
Contenido de Humedad	(%)	0.02

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

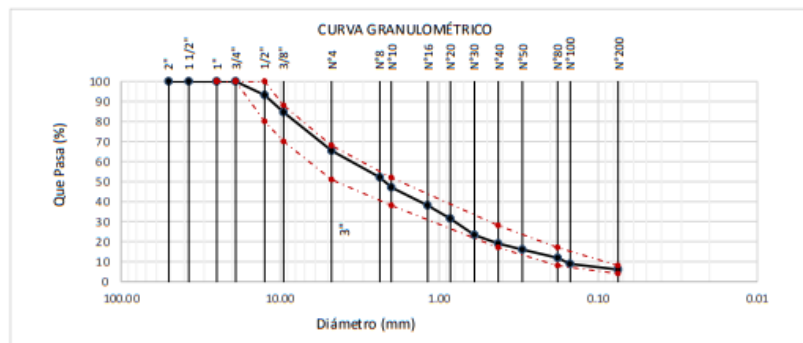



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012  
Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 0.2% de Agregado Fino por Caucho Triturado.

Malla		45.00	0.11	53.89	1.00	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.2	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.6	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.5	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.1	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	19.0	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.9	8 - 17
Nº 100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.9	
Nº 200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.1	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Lunes, 18 de octubre del 2021  
Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.2% de arena por caucho triturado.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
%	45.00	0.108	53.89	1.00	100.00	1	2	3	100	100	93.20	84.55	65.48	47.09	18.97	11.86	6.05
N°	BRIQUETA																
1	% C.A. en masa de la Mezcla																
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla																
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla																
4	% de Caucho																
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla																
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc																
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc																
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc																
9	Peso Especifico del Caucho gr/cc																
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc																
11	Altura promedio de la briqueta cm																
12	Masa de la briqueta al aire (gr)																
13	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)																
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)																
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)																
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta																
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)																
18	% de Vacios (ASTM D 3203)																
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)																
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)																
21	Asfalto Absorbido por el Agregado																
22	% de Asfalto Efectivo																
23	Relación Polvo/Asfalto																
24	V.M.A.																
25	% Vacios llenos con C.A.																
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)																
27	Estabilidad sin corregir (Kg)																
28	Factor de estabilidad																
29	Estabilidad Corregida																
30	Estabilidad / Flujo																

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Lunes, 18 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.2% de arena por caucho triturado.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	2	3	1	2
1.- PESO DEL FRASCO	601.0	690.0	739.0	601.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2888.0	2940.6	2976.7	2890.6
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2411.5	2464.0	2492.0	2272.9
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3591.5</b>	<b>3644.0</b>	<b>3672.0</b>	<b>3772.9</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.8</b>	<b>25.1</b>	<b>25.1</b>	<b>23.0</b>
6.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx)	0.99731	0.99724	0.99724	0.99774
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0286	0.0180	0.0180	0.0957
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1500.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	476.5	476.6	484.7	617.7
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.477</b>	<b>2.476</b>	<b>2.435</b>	<b>2.428</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.478</b>	<b>2.477</b>	<b>2.435</b>	<b>2.430</b>
CONTENIDO % C.A.	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

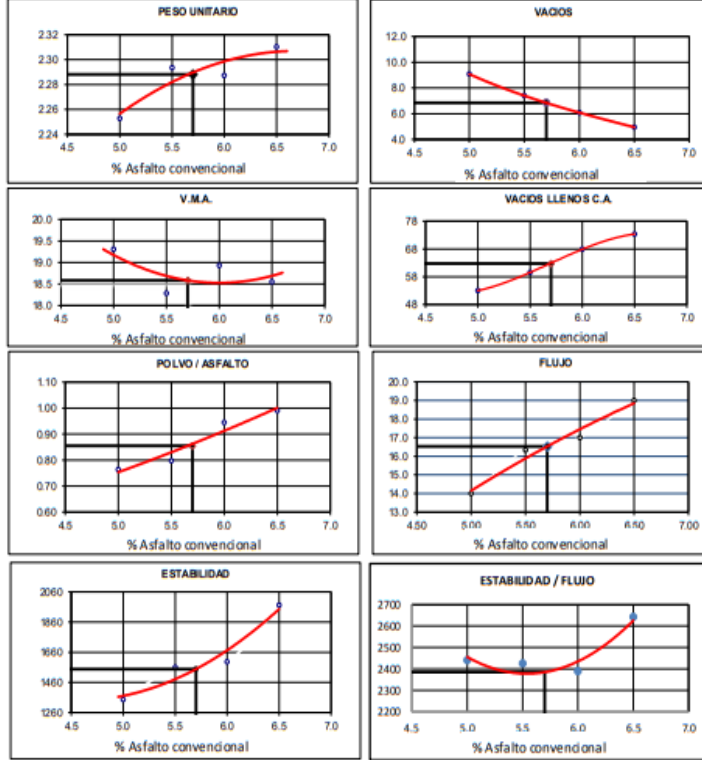


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Lunes, 18 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.2% de arena por caucho triturado.



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GRUPOS	75	75
% C.A.	5.70	
P. UNITARIO	2.288	
VACIOS	6.8	3 - 5
V.M.A.	18.6	14.0
V.LL.C.A.	62.7	
POLVO / ASFALTO	0.85	0.6 - 1.3
FLUJO	16.5	8-14
ESTABILIDAD	15.2	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	2384.8	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C** EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

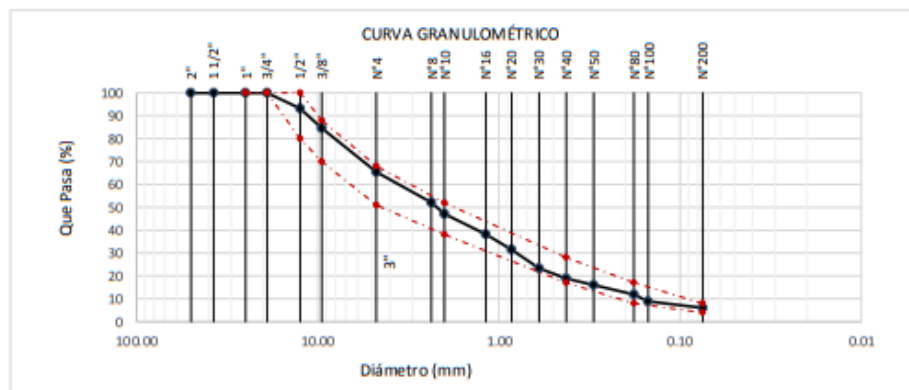
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 0.4% de Agregado Fino por Caucho Triturado.

Malla		45.00	0.22	53.78	1.00	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.2	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.6	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.5	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.1	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	19.0	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.9	8 - 17
Nº 100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.9	
Nº 200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.0	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : Martes, 19 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.4% de arena por caucho triturado.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM																								
						% pasa Material			1"			3/4"			1/2"			3/8"			No 4			No 10			No 40			No 80
%	45.00	0.216	53.78	1.00	100.00	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
N°	BRIQUETA					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.00			5.8			6			6.5															
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					42.75			42.53			42.30			42.08															
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.09			50.83			50.58			50.29															
4	% de Caucho					0.21			0.20			0.20			0.20															
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94			0.94															
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018			1.018															
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.67			2.67			2.67			2.67															
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.635			2.635			2.635			2.635															
9	Peso Especifico del Caucho gr/cc					1.32			1.32			1.32			1.32															
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15			3.15			3.15			3.15															
11	Allura promedio de la briketa cm																													
12	Masa de la briketa al aire (gr)					1200.14	1197.54	1189.40	1189.75	1194.49	1201.15	1199.19	1195.47	1186.70	1185.47	1194.30	1201.03													
13	Masa de la briketa al agua por 60' (gr)					1203.47	1200.15	1191.85	1190.14	1196.36	1204.59	1202.29	1196.53	1188.25	1189.57	1195.97	1204.28													
14	Masa de la briketa desplazada (gr)					675.11	669.81	665.81	668.10	672.78	679.17	682.91	677.71	672.90	673.80	676.44	681.60													
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc)					528	530	526	522	524	525	519	519	515	516	520	523													
16	Peso especifico Bulk de la Briketa					2.271	2.258	2.261	2.279	2.281	2.286	2.309	2.304	2.303	2.298	2.299	2.298													
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.461			2.447			2.431			2.408															
18	% de Vacios (ASTM D 3203)					7.7	8.3	8.1	6.8	6.8	6.6	5.0	5.2	5.3	4.6	4.6	4.6													
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)					2.649			2.649			0.0			2.649															
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)					2.660			2.664			2.668			2.661															
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.15			0.22			0.26			0.17															
22	% de Asfalto Efectivo					4.86			5.30			5.75			6.34															
23	Relación Polvo/Asfalto					0.8			0.9			1.0			1.0															
24	V.M.A.					18.5	19.0	18.9	18.7	18.6	18.5	18.1	18.2	18.3	18.9	18.9	18.9													
25	% Vacios llenos con C.A.					58.4	58.6	57.0	63.4	63.7	64.4	72.2	71.4	71.1	75.8	75.9	75.7													
26	Flujo 0.075(0.25 mm)					15.0	13.3	13.3	13.3	18.0	14.0	17.0	20.0	15.0	19.0	20.0	18.0													
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1603	1507	1754	1796	1548	1633	1896	1598	1952	1952	1780	1851													
28	Factor de estabilidad					0.96	0.96	0.96	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													
29	Estabilidad Corregida					1538	1447	1684	1796	1486	1567	1896	1598	1952	1952	1780	1851													
30	Estabilidad / Flujo					2605	2763	3216	3429	2096	2843	2833	2029	3305	2610	2261	2611													

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

 Activar Wi  
 Ve a Configurar

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Martes, 19 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.4% de arena por caucho triturado.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	1	3	3	1
1.- PESO DEL FRASCO	739.0	690.0	690.0	739.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2976.6	2940.4	2940.5	2978.6
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2497.0	2458.0	2455.0	2488.2
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	3677.0	3638.0	3635.0	3668.2
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	25.2	25.4	25.3	23.0
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx )	0.99721	0.99716	0.99719	0.99774
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0144	0.0074	0.0109	0.0957
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1180.0	1180.0	1180.0	1180.0
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	479.6	482.4	485.5	490.4
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	2.461	2.446	2.431	2.406
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	2.461	2.447	2.431	2.408
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

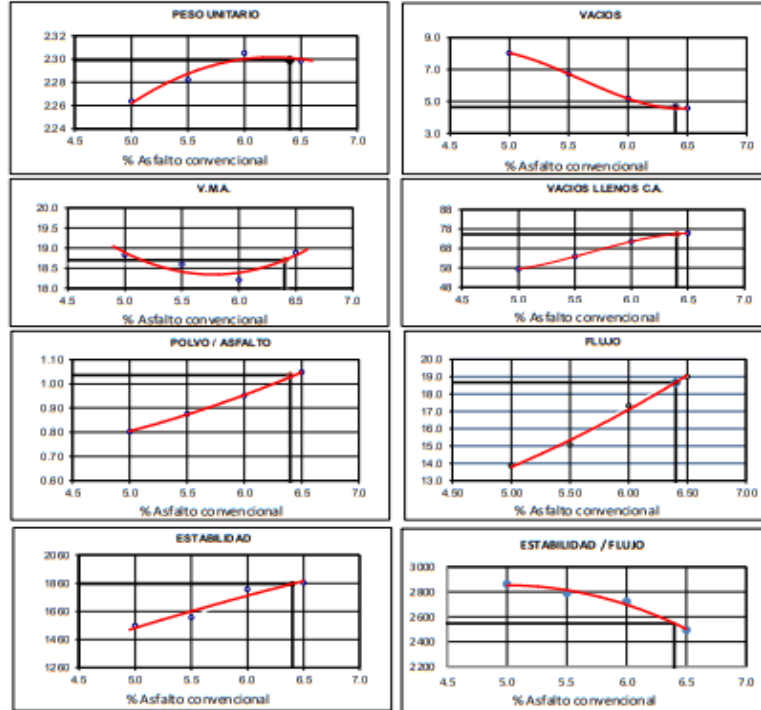


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**INFORME**

**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : Mañes, 19 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.4% de arena por caucho triturado.



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

	75	75
GOLPES	75	75
% C.A.	6.40	
P. UNITARIO	2.299	
VACIOS	4.7	3 - 6
V.M.A.	18.7	14.0
V.L.L.C.A.	75.3	
POLVO / ASFALTO	1.04	0.5 - 1.3
FLUJO	18.7	8 - 14
ESTABILIDAD	18.2	8.15 kN
ESTABILIDAD FLUJO	2547.2	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

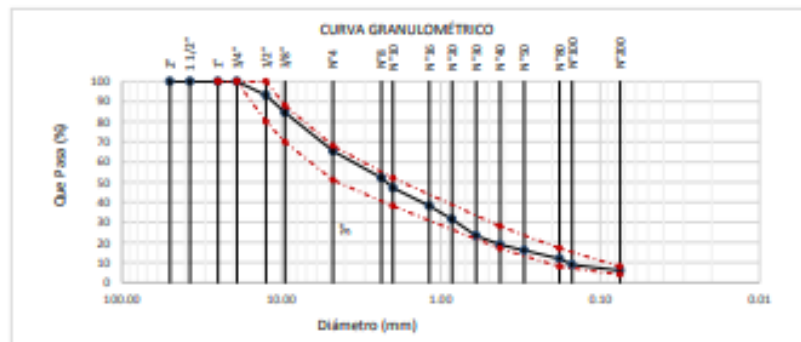
  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ESPECIALISTA EN MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012  
Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 0.6% de Agregado Fino por Caucho Triturado.

Malla		45.00	0.32	53.68	1.00	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
Pulp.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	Caucho	A. Fino	Fiber	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.2	80 - 100
3/8"	9.500	85.7	100.0	100.0	100.0	84.6	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.5	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.1	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.2	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	46.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	19.0	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.8	8 - 17
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.0	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. EN CIENCIAS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 2446904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
 Proyecto / Obra : TESIS APLICACIÓN DE METODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO.  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 20 de octubre del 2021  
 Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.6% de arena por caucho triturado.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM					No 4	No 10	No 40	No 80	No 200								
%	45.00	0.32	53.68	1.00	100.00	% pesa Material					100.0	100.0	93.2	84.6	65.5	47.1	19.0	11.8	6.0				
N°	BRIOQUETA	1		2		3		1"		3/4"		1/2"		3/8"		1		2		3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla	5.00						5.5						6				6.5					
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla	42.75						42.53						42.30				42.08					
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla	50.99						50.72						50.48				50.19					
4	% de Caucho	0.31						0.31						0.30				0.30					
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla	0.95						0.95						0.94				0.94					
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc	1.018						1.018						1.018				1.018					
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc	2.67						2.67						2.67				2.67					
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc	2.635						2.635						2.635				2.635					
9	Peso Especifico del Caucho gr/cc	1.32						1.32						1.32				1.32					
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc	3.15						3.15						3.15				3.15					
11	Altura promedio de la briqueta cm	1200.21		1195.14		1195.70		1195.40		1195.94		1201.12		1198.61		1198.61		1198.61		1194.71		1194.71	
13	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)	1203.74		1197.25		1198.70		1198.74		1197.32		1204.35		1200.05		1200.05		1195.68		1195.68		1195.68	
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)	667.88		663.88		664.88		677.55		670.84		665.84		673.26		673.26		664.80		664.80		664.80	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)	536		533		534		521		526		539		527		527		531		531		531	
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta	2.240		2.241		2.240		2.294		2.272		2.230		2.275		2.275		2.275		2.250		2.250	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)	2.496						2.451						2.445				2.430					
18	% de Vacios (ASTM D 3203)	10.3		10.2		10.3		8.4		7.3		8.0		6.9		6.9		7.4		7.4		7.4	
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)	2.646						2.646				0.0		2.646				2.646					
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)	2.702						2.669						2.685				2.690					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado	0.80						0.33						0.55				0.62					
22	% de Asfalto Efectivo	4.25						5.19						5.48				5.92					
23	Relación Polvo/Asfalto	0.7						0.9						0.9				1.0					
24	V.M.A.	19.6		19.6		19.6		18.1		18.9		20.4		19.2		19.2		20.5		20.5		20.5	
25	% Vacios llenos con C.A.	47.5		47.7		47.7		64.6		61.3		55.9		63.9		63.9		63.9		63.9		63.9	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)	16.0		17.0		15.0		18.0		19.0		17.0		17.0		18.0		16.0		13.5		13.0	
27	Estabilidad sin correrir (Kg)	1299		1320		1189		1302		1281		1311		1425		1479		1522		1694		1704	
28	Factor de estabilidad	0.96		0.96		0.96		1.00		0.96		0.93		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96	
29	Estabilidad Correjida	1247		1267		1141		1302		1230		1219		1368		1420		1461		1626		1635	
30	Estabilidad / Flujo	1980		1893		1933		1837		1644		1822		2044		2004		2320		3060		3195	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 20 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.6% de arena por caucho triturado.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	2	2	1	2
1.- PESO DEL FRASCO	601.0	601.0	739.0	601.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2888.0	2887.7	2978.0	2889.6
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2415.0	2406.0	2495.0	2403.7
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	3595.0	3586.0	3675.0	3583.7
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	24.8	25.0	23.6	23.7
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx)	0.99731	0.99726	0.99760	0.99758
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0286	0.0215	0.0728	0.0690
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1180.0	1180.0	1180.0	1180.0
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	473.0	481.7	483.0	485.9
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	2.495	2.450	2.443	2.429
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	2.496	2.451	2.445	2.430
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



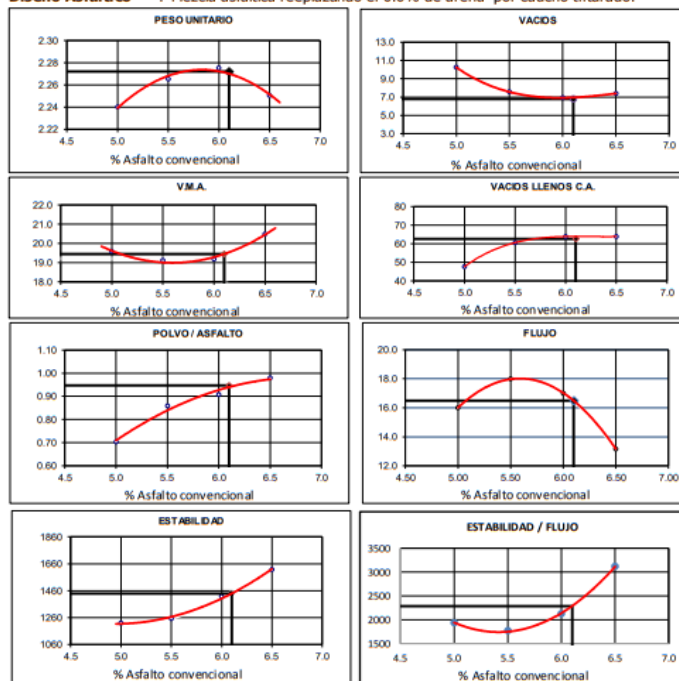
**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
 Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : Miércoles, 20 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.6% de arena por caucho triturado.



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	75	75
% C. A.	6.10	
P. UNITARIO	2.272	
VACIOS	6.8	3 - 6
V.M.A.	19.4	14.0
V. L.L.C.A.	62.6	
POLVO / ASFALTO	0.95	0.6 - 1.3
FLUJO	16.5	8-14
ESTABILIDAD	14.1	8.15 kN
ESTABILIDAD FLUJO	2285.3	1700 - 4000

**Observaciones:**

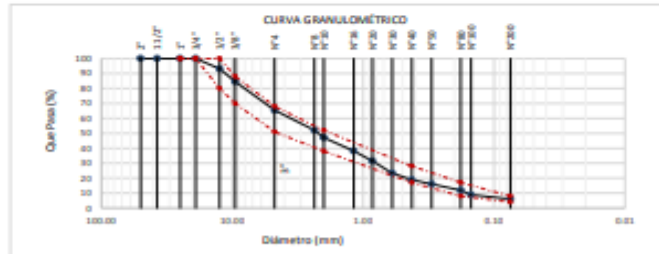
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
**Ubicación** : Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
**NORMA** : N.T.P. 430.012

**Muestra** : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 0.8% de Agregado Fino por Caucho Triturado.

Malla	Pulg.	(mm.)	45.00	0.42	53.57	1.00	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
			% Que Pasa					
			A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.800	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	100
1/2"	12.500	94.9	100.0	100.0	100.0	100.0	93.28	90 - 100
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	100.0	84.55	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	100.0	65.47	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	100.0	52.04	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	100.0	47.11	38 - 53
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	100.0	36.17	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	100.0	31.55	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	100.0	23.33	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	100.0	18.95	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	100.0	16.06	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	100.0	11.82	8 - 17
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	100.0	8.85	
Nº200	0.075	0.4	2.6	8.8	100.0	100.0	6.83	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestras, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 ITC. INGENIERO DE MINERALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

RNP Servicios S0608589

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS \*APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO\*.

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Jueves, 21 de octubre del 2021

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.8% de arena por caucho triturado.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
%	45.00	0.43	53.57	1.00	100.00	100.0	100.0	93.2	84.6	65.5	47.1	19.0	11.8	6.0			
N°	BRIQUETA					1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.00			5.5			6		6.5			
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					42.75			42.53			42.30		42.08			
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					50.89			50.62			50.35		50.09			
4	% de Caucho					0.41			0.41			0.41		0.40			
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94		0.94			
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018		1.018			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.67			2.67			2.67		2.67			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.635			2.635			2.635		2.635			
9	Peso Especifico del Caucho gr/cc					1.32			1.32			1.32		1.32			
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15			3.15			3.15		3.15			
11	Altura promedio de la briqueta cm																
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1189.45	1195.76	1200.25	1194.70	1200.39	1186.70	1194.22	1199.60	1201.10	1195.54	1188.86	1201.10
13	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)					1191.48	1202.78	1204.63	1197.27	1202.63	1189.50	1197.38	1200.91	1204.38	1197.11	1189.47	1204.24
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)					665.22	673.26	672.39	676.05	679.13	672.22	682.04	682.43	685.57	676.81	674.81	684.81
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					528	530	532	521	524	517	515	518	519	520	515	519
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.260	2.258	2.255	2.292	2.293	2.294	2.317	2.314	2.315	2.298	2.310	2.312
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.459			2.439			2.430			2.404	
18	% de Vacios (ASTM D 3203)					8.1	8.2	8.3	6.0	6.0	5.9	4.6	4.8	4.7	4.4	3.9	3.8
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)						2.644			2.644		0.0	2.644			2.644	
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)						2.657			2.654			2.666			2.655	
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.20			0.16			0.33			0.17	
22	% de Asfalto Efectivo						4.81			5.35			5.69			6.34	
23	Relación Polvo/Asfalto						0.8			0.9			0.9			1.1	
24	V.M.A.					18.8	18.8	19.0	18.1	18.0	18.0	17.6	17.7	17.7	18.7	18.3	18.2
25	% Vacios llenos con C.A.					56.9	56.6	56.2	66.7	66.9	67.0	73.6	73.0	73.2	76.4	78.6	79.1
26	Flujo 0.075(0.25 mm)					11.5	11.0	11.0	11.5	11.0	11.0	13.5	13.0	13.0	14.0	15.0	14.5
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1397	1397	1397	1637	1637	1637	1799	1769	1799	2288	2288	2288
28	Factor de estabilidad					0.96	0.96	0.96	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
29	Estabilidad Corregida					1341	1341	1341	1637	1572	1637	1799	1769	1799	2288	2288	2288
30	Estabilidad / Flujo					2961	3096	3096	3616	3629	3780	3384	3455	3515	4150	3874	4007

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Activ



**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Jueves, 21 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.8% de arena por caucho triturado.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	1	2	3	1
1.- PESO DEL FRASCO	739.0	601.0	690.0	739.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2976.6	2886.9	2940.7	2976.9
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2496.6	2403.0	2455.0	2485.9
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	3676.6	3583.0	3635.0	3666.9
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	25.2	25.5	24.9	24.8
6.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx )	0.99721	0.99714	0.99729	0.99731
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0144	0.0040	0.0251	0.0286
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1180.0	1180.0	1180.0	1180.0
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	480.0	483.9	485.7	491.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	2.459	2.438	2.429	2.403
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	2.459	2.439	2.430	2.404
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



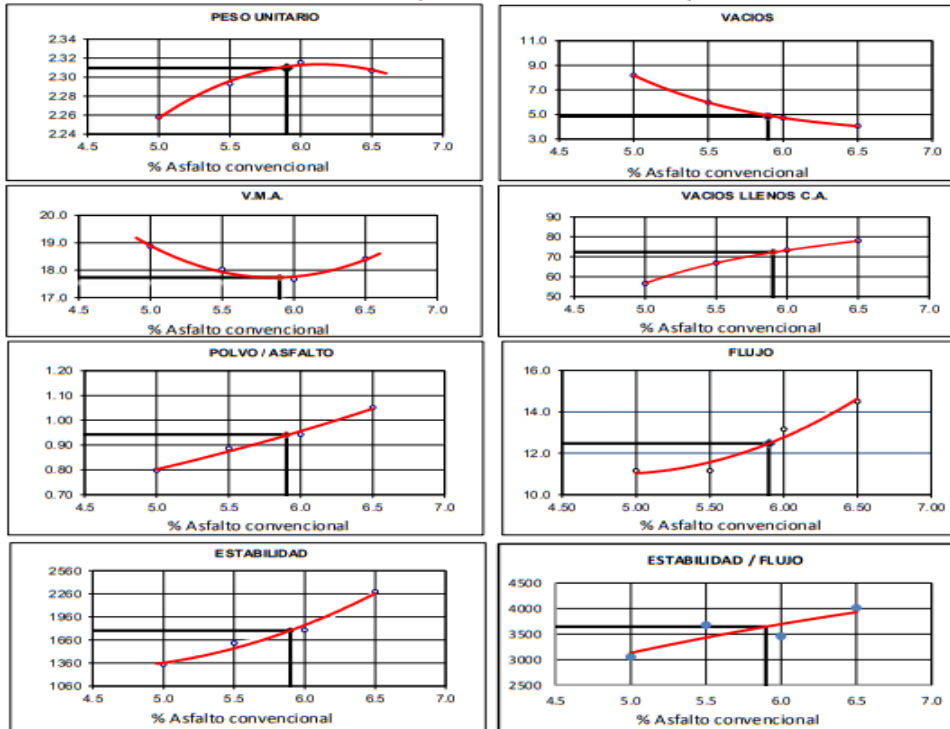
**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : Jueves, 21 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 0.8% de arena por caucho triturado.



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	75	75
% C. A.	5.90	
P. UNITARIO	2.310	
VACIOS	4.8	3 - 5
V.M.A.	17.7	14.0
V. L.L.C.A.	72.4	
POLVO / ASFALTO	0.94	0.6 - 1.3
FLUJO	12.5	8-14
ESTABILIDAD	17.5	8,15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3645.1	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

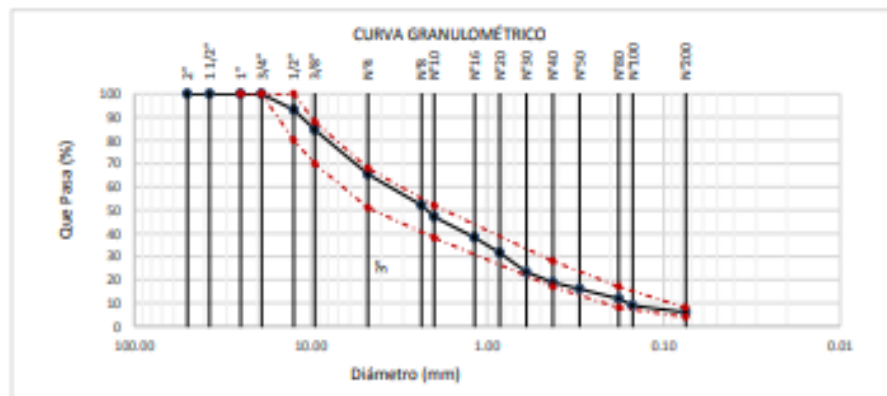
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 1.0% de Agregado Fino por Caucho Triturado.

Malla	45.00	0.54	53.46	1.00	100.00	GRADACIÓN	
						% Que Pasa	
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	93.20	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	100.0	100.0	100.0	84.55	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	98.3	100.0	100.0	65.47	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	94.4	92.7	100.0	52.04	
Nº 10	2.000	1.9	89.6	83.8	100.0	47.11	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	76.7	67.6	100.0	38.18	
Nº 20	0.850	1.2	64.9	55.5	100.0	31.56	
Nº 30	0.600	1.0	53.6	40.4	100.0	23.34	
Nº 40	0.425	0.9	28.9	32.6	100.0	18.95	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	18.3	27.2	100.0	16.00	
Nº 80	0.180	0.7	7.7	19.6	100.0	11.81	8 - 17
Nº100	0.150	0.6	5.0	14.1	100.0	8.84	
Nº200	0.075	0.4	2.6	9.0	100.0	6.03	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Ensayos de calidad y diseños asfálticos con escoria de acero.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

### **INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA  
ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Viernes, 10 de septiembre del 2021

**ENSAYO** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

**REFERENCIA** : NORMA N.T.P. 400.019

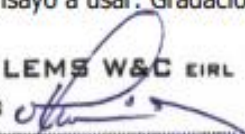
**Muestra** : Escoria de Acero

**Cantera** : SIDERPERÚ

<b>% de desgaste por abrasión</b>	<b>%</b>	<b>23.98</b>
-----------------------------------	----------	--------------

### **OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
 Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA  
 INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Viernes, 03 de septiembre del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.  
 REFERENCIA : N.T.P. 400.040

**Muestra** : Escoria de Acero

Canreta : SIDERPERÚ

TAMIZ (Plg.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS	PESO DE PARTÍCULAS ALARGADAS	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	-	-
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	-	-
N° 4	4.750					

**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)**

**0.0**

**OBSERVACIONES :**

- Relación usada: 1/3 (Espesor /Longitud).
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Escoria de Acero - SIDERPERÚ

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.112
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	3.9

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



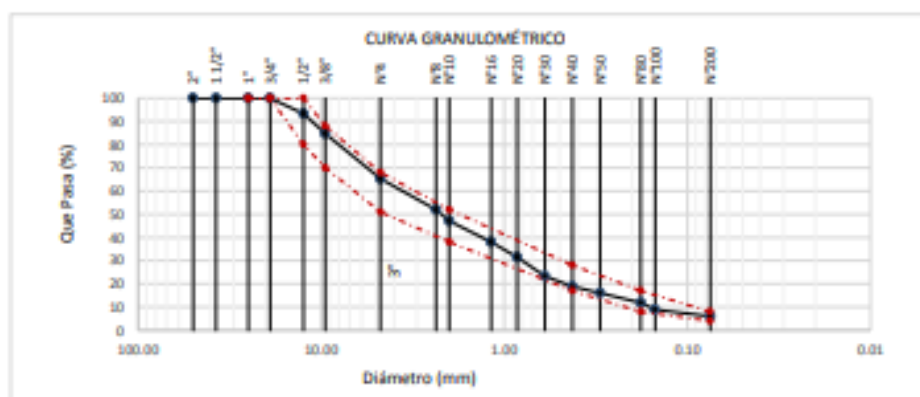
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
 Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012  
 Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 3.0% de Piedra por Escoria de Acero.

Malla		43.7	1.4	54.0	1.0	100.0	GRADACIÓN  MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.4	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	84.8	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	65.2	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.1	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.3	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	19.0	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.9	8 - 17
Nº100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.1	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 ITC. ESPECIALISTA EN MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021  
Diseño Asphaltico : Mezcla asphaltica reemplazando el 3% de piedra por Escoria de Acero.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Escoria acero	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM					1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
%	43.65	1.350	54.00	1.00	100.00	% pasa Material					100	100	93.35	84.80	65.22	47.06	18.96	11.87	6.06		
N°	BRIQUETA					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla						5.00			5.5					6					6.5	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						41.47			41.25					41.03					40.81	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						51.30			51.03					50.76					50.49	
4	% de Escoria de Acero						1.28			1.28					1.27					1.26	
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.95			0.95					0.94					0.94	
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.018			1.018					1.018					1.018	
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.67			2.67					2.67					2.67	
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.635			2.635					2.635					2.635	
9	Peso Especifico de la Escoria de Acero gr/cc						3.112			3.112					3.112					3.112	
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.15			3.15					3.15					3.15	
11	Altura promedio de la briketa cm																				
12	Masa de la briketa al aire (gr)					1187.45	1186.47	1194.52	1198.44	1186.45	1191.22	1194.84	1193.52	1189.42	1187.91	1182.75	1193.62				
13	Masa de la briketa al agua por 60' (gr)					1190.55	1189.53	1197.15	1201.24	1188.96	1193.81	1198.01	1195.08	1192.18	1190.51	1184.59	1197.42				
14	Masa de la briketa desplazada (gr)					670.10	669.15	675.08	674.18	670.11	670.04	681.09	677.40	679.40	677.94	675.97	682.55				
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc)					520	520	522	527	519	524	517	518	513	513	509	515				
16	Peso especifico Bulk de la Briketa					2.262	2.280	2.288	2.274	2.287	2.274	2.311	2.306	2.320	2.318	2.325	2.318				
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.486	2.283		2.464	2.278		2.429	2.312		2.410	2.320				
18	% de Vacios (ASTM D 3203)					8.2	8.3	8.0	7.7	7.2	7.7	4.8	5.1	4.5	3.8	3.5	3.8				
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)						2.660			2.660		0.0	2.660			2.660					
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)						2.690			2.686			2.664			2.663					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.43			0.37			0.06			0.04					
22	% de Asfalto Efectivo						4.59			5.15			5.94			6.47					
23	Relación Polvo/Asfalto						0.8			0.9			1.0			1.1					
24	V.M.A.					18.5	18.6	18.3	19.2	18.8	19.2	18.3	18.5	18.0	18.5	18.3	18.5				
25	% Vacios llenos con C.A.					55.6	55.4	56.5	59.9	61.7	59.9	73.7	72.6	75.1	79.4	80.9	79.5				
26	Flujo 0.01*(0.25 mm)					11.9	11.4	11.7	12.0	11.8	12.0	13.5	13.7	13.4	14.9	15.3	15.1				
27	Estabilidad sin correjir (Kg)					1501	1533	1511	1627	1639	1657	1879	1879	1859	1987	1957	1855				
28	Factor de estabilidad					1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00				
29	Estabilidad Correjida					1501	1533	1511	1562	1639	1591	1879	1879	1859	1987	2035	1855				
30	Estabilidad / Flujo					3204	3416	3280	3306	3528	3367	3535	3484	3524	3387	3379	3120				

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Activar Win  
Ve a Configurar

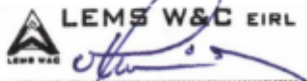
### INFORME

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA  
MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y  
CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 3% de piedra por Esoria de Acero.

<b>INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)</b>				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	1	2	2	1
1.- PESO DEL FRASCO	739.0	601.0	601.0	739.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2976.8	2888.1	2888.0	2977.1
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2502.0	2409.0	2401.9	2487.2
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3682.0</b>	<b>3589.0</b>	<b>3581.9</b>	<b>3667.2</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.9</b>	<b>24.7</b>	<b>24.8</b>	<b>24.6</b>
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx )	0.99729	0.99734	0.99731	0.99736
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0251	0.0322	0.0286	0.0358
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	474.8	479.1	486.1	489.9
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.485</b>	<b>2.463</b>	<b>2.428</b>	<b>2.409</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.486</b>	<b>2.464</b>	<b>2.429</b>	<b>2.410</b>
<b>CONTENIDO % C.A.</b>	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

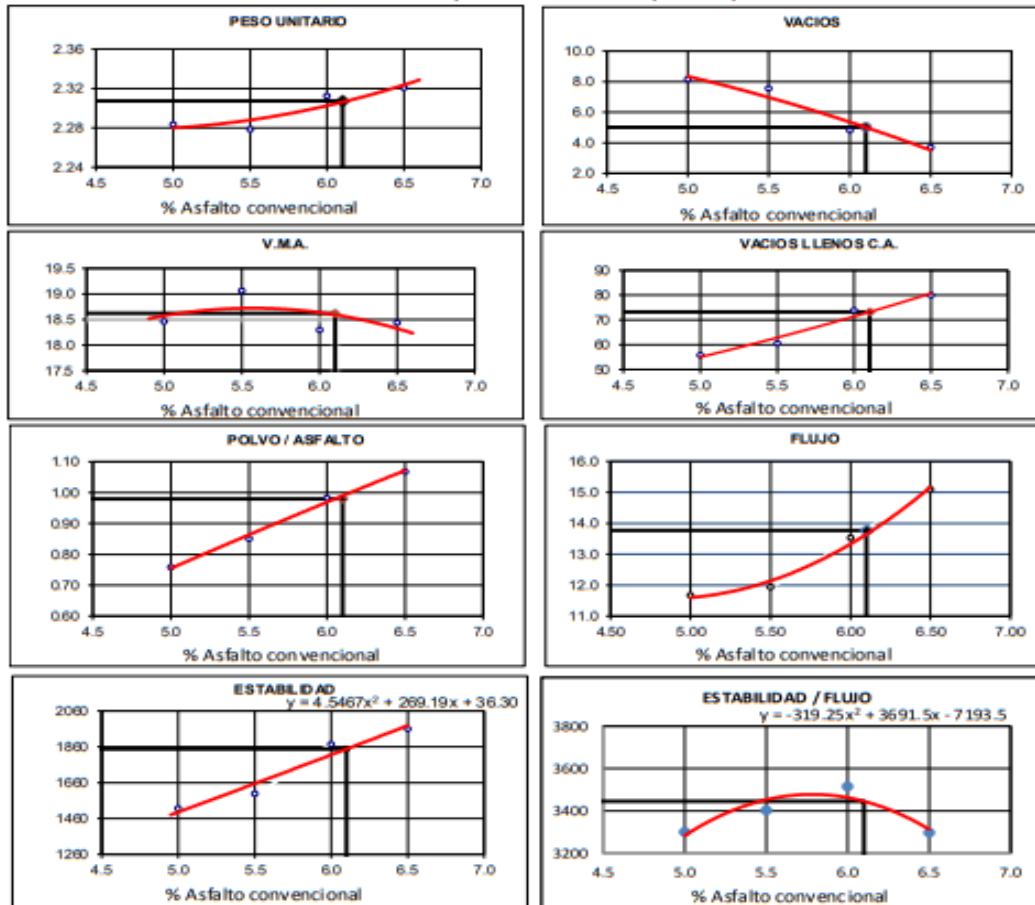


 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Lunes, 11 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 3% de piedra por Esoria de Acero.



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

	75	75
GOLPES	75	75
% C. A.	6.10	
P. UNITARIO	2.307	
VACIOS	5.0	3 - 5
V.M.A.	18.6	14.0
V. LL.C.A.	73.2	
POLVO / ASFALTO	0.98	0.6 - 1.3
FLUJO	13.8	8-14
ESTABILIDAD	18.1	8.15 kN.
ESTABILIDAD FLUJO	3445.4	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

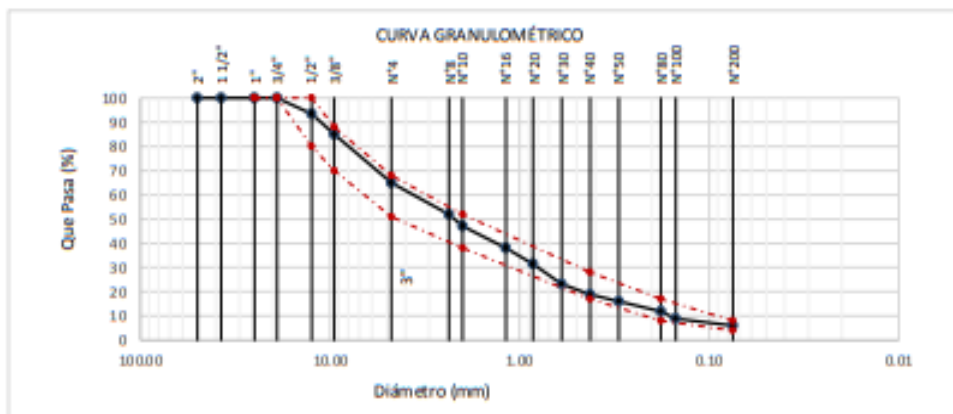
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 6.0% de Piedra por Escoria de Acero.

Malla		42.3	2.7	54.0	1.0	100.0	GRADACIÓN  MAC - 2
		% Que Pasa					
Pulg.	(mm.)	Piedra	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.5	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	85.0	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	65.0	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	52.0	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.0	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.9	8 - 17
Nº 100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº 200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.1	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

RNP Servicios S0608589

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 6% de piedra por Esoria de Acero.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Escoria acero	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
%	42.30	2.700	54.00	1.00	100.00	100	100	93.51	85.04	64.96	47.03	18.95	11.86	6.05			
N°	BRIQUETA					1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.00			5.5			6		6.5			
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					40.19			39.97			39.76		39.55			
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.30			51.03			50.76		50.49			
4	% de Escoria de Acero					2.57			2.55			2.54		2.52			
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94		0.94			
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018		1.018			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.67			2.67			2.67		2.67			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.635			2.635			2.635		2.635			
9	Peso Especifico de la Escoria de Acero gr/cc					3.112			3.112			3.112		3.112			
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15			3.15			3.15		3.15			
11	Altura promedio de la briqueta cm																
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1198.54	1178.71	1188.12	1185.35	1177.85	1181.91	1195.35	1191.12	1198.22	1192.55	1183.41	1191.85
13	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1200.05	1182.81	1189.81	1192.02	1179.99	1183.09	1197.39	1193.33	1196.53	1194.63	1184.30	1194.93
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)					679.91	668.41	669.41	672.69	663.69	669.69	679.87	678.50	678.50	683.66	674.66	684.66
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					520	514	520	519	516	513	518	517	518	511	510	510
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.304	2.291	2.283	2.282	2.281	2.302	2.310	2.305	2.313	2.334	2.322	2.336
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.496			2.477			2.433			2.430	
18	% de Vacios (ASTM D 3203)					7.7	8.2	8.5	7.8	7.9	7.1	5.1	5.3	4.9	4.0	4.5	3.9
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)						2.665			2.665		0.0	2.665			2.665	
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)						2.702			2.702			2.669			2.690	
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.53			0.52			0.06			0.35	
22	% de Asfalto Efectivo						4.50			5.00			5.94			6.17	
23	Relación Polvo/Asfalto						0.7			0.8			1.0			1.0	
24	V.M.A.					17.9	18.3	18.6	19.1	19.1	18.4	18.5	18.7	18.4	18.1	18.5	18.1
25	% Vacios llenos con C.A.					57.0	55.3	54.2	58.8	58.7	61.6	72.7	71.9	73.3	78.1	75.9	78.4
26	Flujo 0.01"(0.25 mm)					11.1	11.8	11.3	12.0	12.8	12.4	13.2	13.0	12.8	14.5	13.9	14.0
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1524	1549	1497	1643	1643	1643	1622	1843	1856	2015	1902	1820
28	Factor de estabilidad					1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
29	Estabilidad Corregida					1524	1549	1497	1643	1643	1643	1622	1843	1856	2015	1902	1820
30	Estabilidad / Flujo					3487	3334	3364	3478	3260	3366	3506	3600	3683	3530	3476	3302

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**INFORME**

**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha de ensayo** : Lunes, 11 de octubre del 2021

**Diseño Asphaltico** : Mezcla asphaltica reemplazando el 6% de piedra por Esoria de Acero.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA Nº	01	02	03	04
No Matraz	2	3	1	2
1.- PESO DEL FRASCO	601.0	690.0	739.0	601.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2888.0	2940.5	2977.3	2890.6
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (08)	2415.0	2464.0	2492.0	2272.9
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	3595.0	3644.0	3672.0	3772.9
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	24.8	25.2	24.4	23.0
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx)	0.99731	0.99721	0.99741	0.99774
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0286	0.0144	0.0431	0.0267
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1188.0	1189.0	1189.0	1588.0
9.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	473.0	476.5	485.3	617.7
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	2.496	2.476	2.431	2.428
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	2.496	2.477	2.433	2.430
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.00	6.00	6.00

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



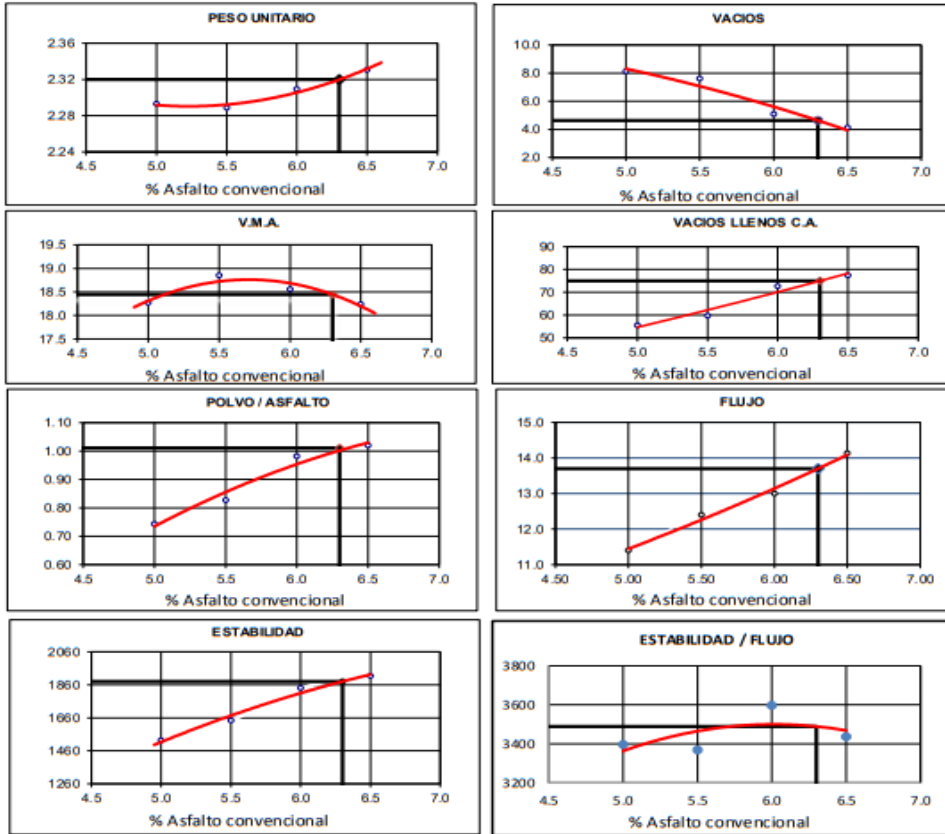
**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Lunes, 11 de octubre del 2021  
Diseño Asphaltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 6% de piedra por Esoria de Acero.



**CARACTERISTICAS MARSHALL**

	75	75
GOLPES	75	75
% C. A.	<b>6.30</b>	
P. UNITARIO	<b>2.320</b>	
VACIOS	<b>4.6</b>	3 - 5
V.M.A.	<b>18.4</b>	14.0
V. L.L.C.A.	<b>75.0</b>	
POLVO / ASFALTO	<b>1.01</b>	0.6 - 1.3
FLUJO	<b>13.7</b>	8-14
ESTABILIDAD	<b>18.4</b>	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	<b>3488.7</b>	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

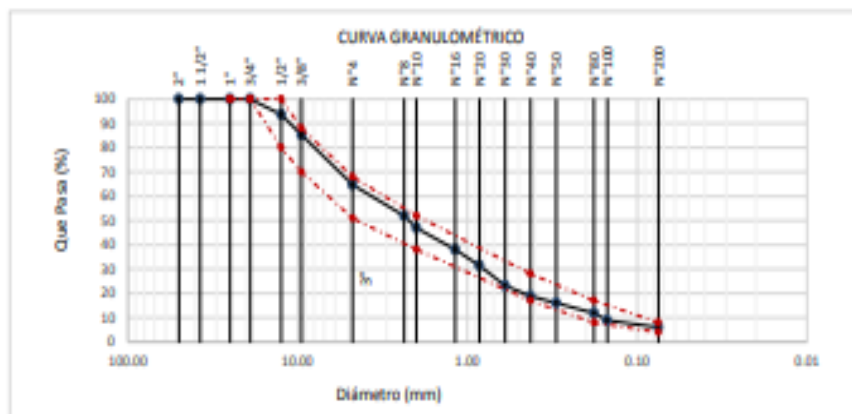
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 9.0% de Piedra por Escoria de Acero.

Malla		40.00	4.00	54.00	1.00	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
Polig.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.7	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	85.3	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	64.7	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	51.9	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.0	38 - 52
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 60	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.8	8 - 17
Nº 100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº 200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.0	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
ING. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

RNP Servicios S0608589

**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : Lunes, 11 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 9% de piedra por Esoria de Acero.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Escoria acero	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
%	40.95	4.050	54.00	1.00	100.00	100	100	93.66	85.29	64.69	47.01	18.93	11.85	6.05			
N°	BRIQUETA					1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					6.00			5.5			6		6.5			
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					39.90			38.70			38.49		38.29			
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.30			51.03			50.76		50.49			
4	% de Escoria de Acero					3.85			3.83			3.81		3.79			
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94		0.94			
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018		1.018			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.67			2.67			2.67		2.67			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.635			2.635			2.635		2.635			
9	Peso Especifico de la Escoria de Acero gr/cc					3.112			3.112			3.112		3.112			
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15			3.15			3.15		3.15			
11	Altura promedio de la briketa cm																
12	Masa de la briketa al aire (gr)					1200.02	1199.87	1200.25	1172.54	1163.74	1185.14	1200.03	1199.64	1189.45	1184.70	1169.75	1198.54
13	Masa de la briketa al agua por 60' (gr)					1204.11	1201.05	1203.92	1174.36	1165.45	1187.27	1203.82	1201.90	1191.76	1187.85	1170.42	1201.03
14	Masa de la briketa desplazada (gr)					686.10	683.07	685.07	665.05	661.55	675.01	689.91	684.11	672.88	689.70	673.03	689.22
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc)					518	518	519	509	504	512	514	518	519	498	497	512
16	Peso especifico Bulk de la Briketa					2.317	2.316	2.313	2.302	2.309	2.314	2.335	2.317	2.292	2.378	2.352	2.342
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.480			2.472	2.483		2.462		2.473		2.473	
18	% de Vacios (ASTM D 3203)					6.6	6.6	6.7	6.9	6.6	6.4	5.1	5.9	6.9	3.8	4.9	5.3
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)					2.670			2.670		0.0	2.670		2.670		2.670	
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gae)					2.682			2.696			2.706		2.745		2.745	
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.17			0.36			0.51		1.04		1.04	
22	% de Asfalto Efectivo					4.84			5.16			5.52		5.53		5.53	
23	Relación Polvo/Asfalto					0.8			0.9			0.9		0.9		0.9	
24	V.M.A.					17.6	17.6	17.7	18.5	18.3	18.1	17.8	18.4	19.3	16.7	17.7	18.0
25	% Vacios llenos con C.A.					62.6	62.6	62.1	63.0	64.0	64.7	71.1	68.1	64.4	77.2	72.3	70.6
26	Flujo 0.075 (0.25 mm)					10.0	14.0	13.0	15.0	13.0	16.0	15.0	17.0	14.0	14.0	15.5	13.5
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					2015	1981	1998	1785	1668	1822	1876	1601	1988	2215	2008	1955
28	Factor de estabilidad					1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.04	1.00
29	Estabilidad Corregida					2015	1981	1998	1785	1734	1822	1876	1601	1988	2304	2088	1955
30	Estabilidad / Flujo					5118	3594	3904	3023	3388	2892	3177	2391	3607	4179	3422	3678

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

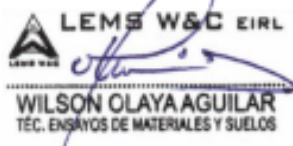
### INFORME

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 9% de piedra por Esoria de Acero.

<b>INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)</b>				
MUESTRA N°	01	02	03	04
<b>No Matraz</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
1.- PESO DEL FRASCO	601.0	739.0	601.0	739.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2888.0	2977.7	2887.5	2976.6
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2412.1	2500.0	2408.0	2499.2
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3592.1</b>	<b>3680.0</b>	<b>3588.0</b>	<b>3679.2</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.8</b>	<b>24.0</b>	<b>25.1</b>	<b>25.2</b>
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx )	0.99731	0.99751	0.99724	0.99721
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0286	0.0578	0.0180	0.0144
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	475.9	477.7	479.5	477.4
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.480</b>	<b>2.470</b>	<b>2.461</b>	<b>2.472</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.481</b>	<b>2.472</b>	<b>2.462</b>	<b>2.473</b>
<b>CONTENIDO % C.A.</b>	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

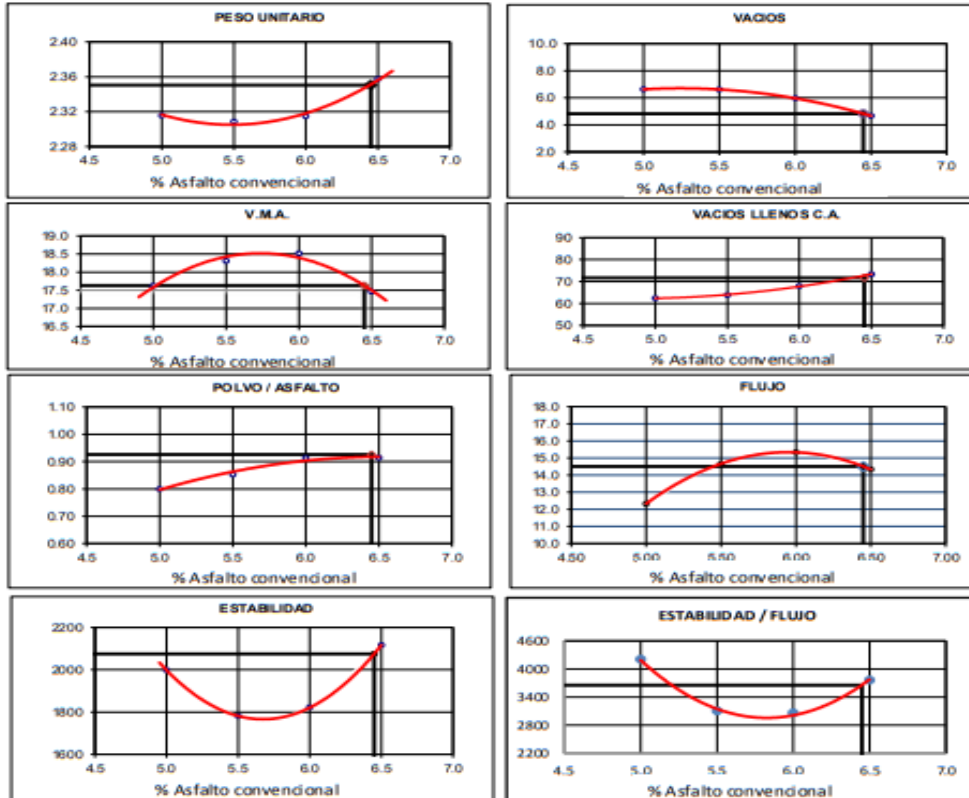


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Lunes, 11 de octubre del 2021  
Diseño Asphaltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 9% de piedra por Esoria de Acero.



**CARACTERISTICAS MARSHALL**

GOLPES	75	75
% C.A.	6.45	
P. UNITARIO	2.350	
VACIOS	4.8	3 - 5
V.M.A.	17.6	14.0
V.L.L.C.A.	71.7	
POLVO / ASFALTO	0.93	0.8 - 1.3
FLUJO	14.5	8-14
ESTABILIDAD	20.3	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3654.6	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARDA DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

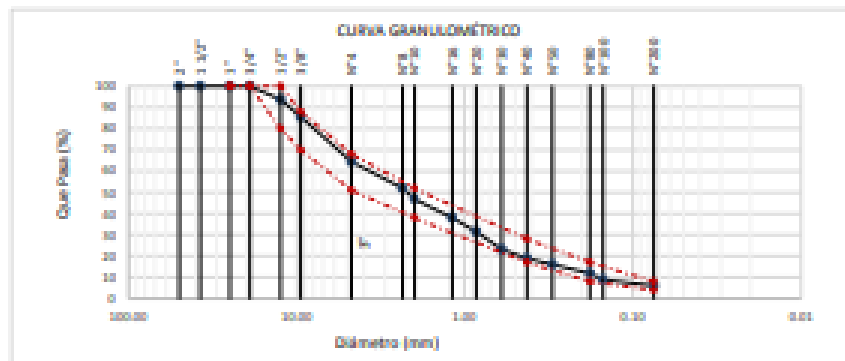
**Fecha de ensayo** : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

**ENSAYO** : SACRIFICADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

**NORMA** : S.N.T.P. 400.012

**Muestra** : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 12.0% de Piedra por Escoria de Acero.

Malla	30.0	5.0	54.0	1.0	100.0	GRABACIÓN	
							% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	MAC - 3
3"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	93.8	88 - 100
3/8"	9.500	65.7	85.9	100.0	100.0	85.5	78 - 88
Nº 4	4.750	33.3	3.9	100.0	100.0	64.4	55 - 68
Nº 6	2.500	2.2	0.0	82.7	100.0	51.9	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.8	38 - 52
Nº 15	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.4	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	27 - 38
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.8	
Nº 60	0.250	0.7	0.0	19.6	100.0	11.8	8 - 27
Nº 100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.8	
Nº 200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.8	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
 Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021  
 Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 12% de piedra por Esoria de Acero.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Escoria acero	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
%	39.6	5.4	54.0	1.0	100.0	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
N°	BRIQUETA					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.00			5.5			6			6.5		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					37.62			37.42			37.22			37.03		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.30			51.03			50.76			50.49		
4	% de Escoria de Acero					5.13			5.10			5.08			5.05		
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94			0.94		
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018			1.018		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.67			2.67			2.67			2.67		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.635			2.635			2.635			2.635		
9	Peso Especifico de la Escoria de Acero gr/cc					3.112			3.112			3.112			3.112		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15			3.15			3.15			3.15		
11	Altura promedio de la briketa cm																
12	Masa de la briketa al aire (gr)					1189.45	1174.82	1195.22	1178.66	1175.12	1182.70	1175.47	1160.85	1190.04	1189.25	1184.81	1193.27
13	Masa de la briketa al agua por 60' (gr)					1192.48	1177.01	1197.31	1181.21	1176.84	1184.50	1179.39	1162.83	1194.11	1195.11	1186.50	1195.24
14	Masa de la briketa desplazada (gr)					684.67	675.70	687.70	673.55	669.32	676.02	675.29	666.29	684.29	689.03	675.03	689.59
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc)					508	501	510	508	508	508	504	497	510	506	511	506
16	Peso especifico Bulk de la Briketa					2.342	2.344	2.345	2.322	2.315	2.326	2.332	2.338	2.334	2.350	2.316	2.360
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.487			2.490			2.468			2.448		
18	% de Vacios (ASTM D 3203)					5.8	5.8	5.7	6.8	7.0	6.6	5.4	5.2	5.3	4.0	5.4	3.6
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gab)					2.675			2.675			0.0			2.675		
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)					2.892			2.719			2.712			2.713		
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.23			0.61			0.51			0.53		
22	% de Asfalto Efectivo					4.78			4.92			5.52			6.00		
23	Relación Polvo/Asfalto					0.8			0.8			0.9			1.0		
24	V.M.A.					16.8	16.8	16.7	18.0	18.2	17.8	18.1	17.9	18.0	17.9	19.0	17.5
25	% Vacios llenos con C.A.					65.4	65.6	65.9	62.4	61.4	63.0	69.9	70.9	70.3	77.5	71.7	79.4
26	Flujo 0.01*(0.25 mm)					13.0	12.0	14.0	14.0	13.0	16.0	16.0	13.0	16.0	14.0	14.0	17.0
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1933	1995	1714	2100	1900	2250	2100	2113	2142	2379	2181	2375
28	Factor de estabilidad					1.04	1.04	1.00	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.00	1.04	1.00	1.04
29	Estabilidad Corregida					2010	2075	1714	2184	1976	2340	2183	2197	2142	2474	2181	2470
30	Estabilidad / Flujo					3927	4391	3110	3962	3861	3715	3466	4293	3401	4489	3957	3690

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Activar  
 Ve a Config

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 12% de piedra por Esoria de Acero.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	1	3	1	2
1.- PESO DEL FRASCO	739.0	690.0	739.0	601.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2976.6	2941.1	2977.9	2888.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2502.0	2467.0	2499.0	2405.8
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3682.0</b>	<b>3647.0</b>	<b>3679.0</b>	<b>3585.8</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>25.2</b>	<b>24.4</b>	<b>23.8</b>	<b>24.8</b>
6.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx)	0.99721	0.99741	0.99755	0.99731
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0144	0.0431	0.0653	0.0286
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	474.6	474.1	478.9	482.2
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.487</b>	<b>2.489</b>	<b>2.464</b>	<b>2.44733</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.487</b>	<b>2.490</b>	<b>2.466</b>	<b>2.448</b>
CONTENIDO % C.A.	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



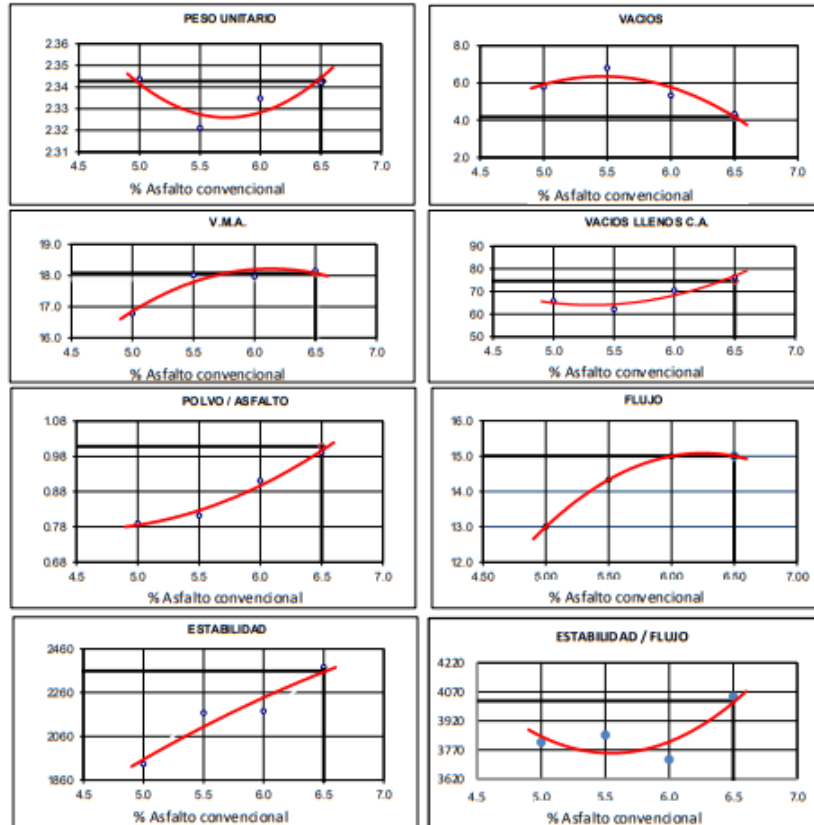
**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Lunes, 11 de octubre del 2021  
**Diseño Asphaltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 12% de piedra por Esoria de Acero.



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	75	75
% C.A.	6.50	
P. UNITARIO	2.343	
VAGOS	4.2	3 - 5
V.M.A.	18.1	14.0
V. L.L.C.A.	74.6	
POLVO / ASFALTO	1.01	0.8 - 1.3
FLUJO	15.0	8-14
ESTABILIDAD	23.1	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	4023.3	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Solicitante** : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

**Proyecto / Obra** : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

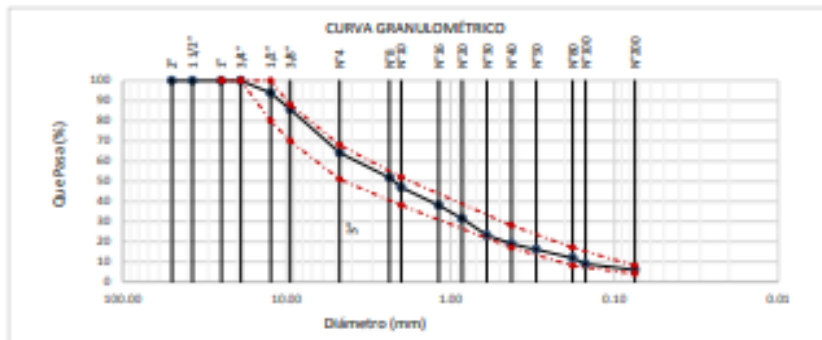
**Fecha de ensayo** : Miércoles, 01 de septiembre del 2021

**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

**NORMA** : N.T.P. 400.012

**Muestra** : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 15.0% de Piedra por Escoria de Acero.

Malla		38.25	6.75	54.00	1.00	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
		% Que Pasa					
Pulg.	(mm.)	Piedra	Escoria Acero	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.800	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	94.9	96.2	100.0	100.0	94.0	80 - 100
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	85.8	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	3.9	100.0	100.0	64.2	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	0.0	92.7	100.0	51.9	
Nº 10	2.000	1.9	0.0	83.8	100.0	47.0	38 - 53
Nº 16	1.180	1.4	0.0	67.6	100.0	38.0	
Nº 20	0.850	1.2	0.0	55.5	100.0	31.4	
Nº 30	0.600	1.0	0.0	40.4	100.0	23.2	
Nº 40	0.425	0.9	0.0	32.6	100.0	18.9	17 - 38
Nº 50	0.300	0.8	0.0	27.2	100.0	16.0	
Nº 80	0.180	0.7	0.0	19.6	100.0	11.8	8 - 17
Nº 100	0.150	0.6	0.0	14.1	100.0	8.9	
Nº 200	0.075	0.4	0.0	9.0	100.0	6.0	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

RNP Servicios S0608589

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
 MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica reemplazando el 15% de piedra por Escoria de Acero.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Escoria acero	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM														
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 20	No 40	No 80	No 200		
%	38.3	6.8	54.0	1.0	100.0	100	100	93.96	85.78	64.17	46.96	18.91	11.83	6.03						
N°	BRIQUETA					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.00			5.5			6			6.5					
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					36.34			36.15			35.96			35.76					
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.30			51.03			50.76			50.49					
4	% de Escoria de Acero					6.41			6.38			6.35			6.31					
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94			0.94					
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018			1.018					
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.67			2.67			2.67			2.67					
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.635			2.635			2.635			2.635					
9	Peso Especifico de la Escoria de Acero gr/cc					3.112			3.112			3.112			3.112					
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15			3.15			3.15			3.15					
11	Altura promedio de la briqueta cm																			
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1181.63	1200.14	1185.77	1200.03	1194.72	1187.65	1198.50	1193.55	1189.84	1192.74	1182.28	1200.12			
13	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)					1183.02	1203.15	1187.39	1202.84	1195.64	1190.02	1201.24	1196.35	1191.56	1194.55	1184.18	1203.54			
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)					665.95	682.25	673.88	679.75	674.45	672.55	679.14	676.23	672.96	682.14	676.20	688.87			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					517	521	514	523	521	517	522	520	519	512	508	515			
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.285	2.304	2.309	2.294	2.292	2.295	2.296	2.295	2.294	2.328	2.327	2.332			
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.514			2.497			2.480			2.466					
18	% de Vacios (ASTM D 3203)					9.1	8.4	8.1	8.1	8.2	8.1	7.4	7.5	7.5	5.6	5.6	5.4			
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)					2.681			2.681			0.0			2.681					
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)					2.725			2.728						2.730					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.61			0.66						0.69					
22	% de Asfalto Efectivo					4.42			4.88						5.35					
23	Relación Polvo/Asfalto					0.7			0.8						0.9					
24	V.M.A.					19.0	18.3	18.2	19.1	19.2	19.1	19.5	19.5	19.5	18.8	18.8	18.7			
25	% Vacios llenos con C.A.					52.1	54.5	55.2	57.5	57.2	57.6	61.8	61.7	61.7	70.3	70.2	70.9			
26	Flujo 0.075(0.25 mm)					15.0	16.0	13.0	14.0	16.0	17.0	17.0	19.0	17.0	18.0	20.0	19.0			
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1959	1915	1988	1990	2081	2075	2070	2113	2059	2286	2300	2285			
28	Factor de estabilidad					1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00			
29	Estabilidad Corregida					1959	1915	1988	1910	2081	2075	2070	2113	2059	2286	2392	2285			
30	Estabilidad / Flujo					3316	3039	3883	3465	3304	3100	3092	2824	3076	3225	3038	3054			

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

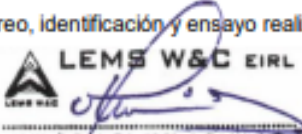
### **INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Lunes, 11 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 15% de piedra por Esoria de Acero.

<b>INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)</b>				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	2	1	2	3
1.- PESO DEL FRASCO	601.0	739.0	601.0	690.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2887.5	2976.7	2888.0	2940.5
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2418.0	2504.0	2412.0	2461.8
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3598.0</b>	<b>3684.0</b>	<b>3592.0</b>	<b>3641.8</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>25.1</b>	<b>25.1</b>	<b>24.8</b>	<b>25.2</b>
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx )	0.99724	0.99724	0.99731	0.99721
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0180	0.0180	0.0286	0.0144
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	469.5	472.7	476.0	478.7
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.513</b>	<b>2.497</b>	<b>2.479</b>	<b>2.465</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.514</b>	<b>2.497</b>	<b>2.480</b>	<b>2.466</b>
<b>CONTENIDO % C.A.</b>	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



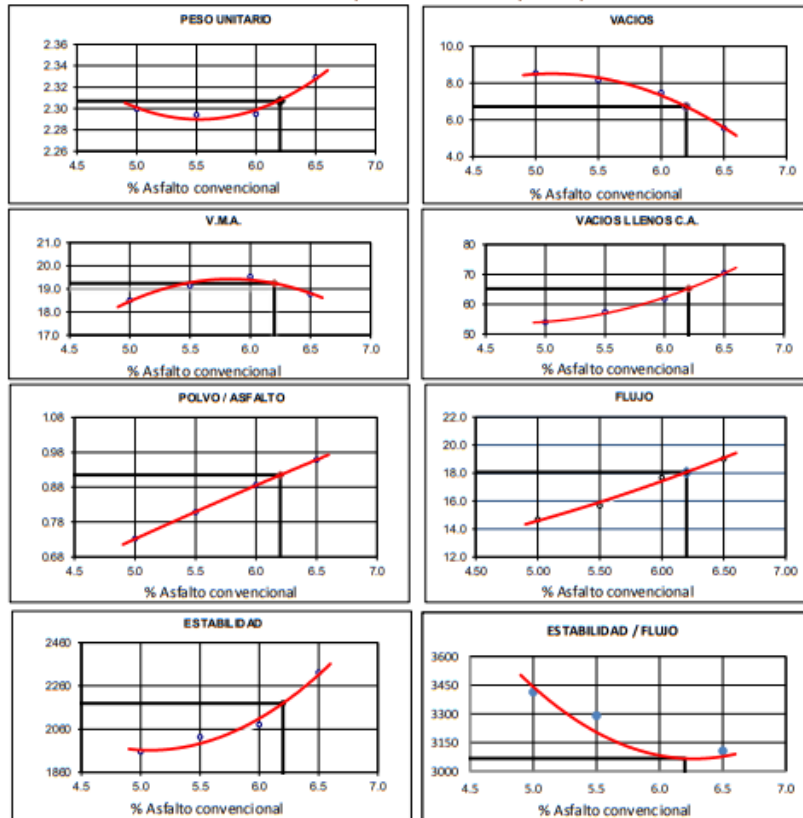
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL



**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Lunes, 11 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 15% de piedra por Esoria de Acero.



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GRUPES	75	75
% C. A.	<b>6.20</b>	
P. UNITARIO	<b>2.307</b>	
VACIOS	<b>6.7</b>	<b>3 - 5</b>
V.M.A.	<b>19.2</b>	14.0
V. LL.CA.	<b>65.2</b>	
POLVO / ASFALTO	<b>0.92</b>	<b>0.6 - 1.3</b>
FLUJO	<b>18.1</b>	8-14
ESTABILIDAD	<b>21.4</b>	8.15 kN.
ESTABILIDAD / FLUJO	<b>3067.2</b>	<b>1700 - 4000</b>

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



# Ensayos del diseño de la combinación de escoria de acero y caucho triturado.

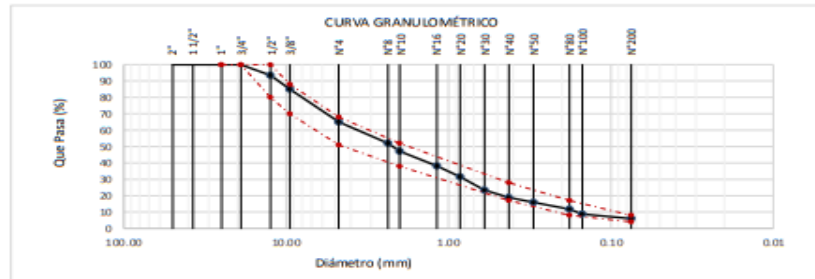


**LEMS W&C EIRL**  
RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycell.com

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012  
Muestra : Diseño de mezcla de agregados reemplazando el 6.0% de Piedra por Escoria de Acero + 0.8% Agregado Fino por Caucho Triturado.

Malla	Pulg.	(mm.)	42.3	2.7	0.4	53.6	1.0	100.00	GRADACIÓN MAC - 2
			% Que Pasa						
			A. Grueso	Escoria Acero	Caucho	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	84.9	96.2	100.0	100.0	100.0	100.0	93.5	89 - 100
3/8"	9.500	65.7	83.9	100.0	100.0	100.0	100.0	85.0	70 - 88
Nº 4	4.750	23.3	3.9	98.3	100.0	100.0	100.0	65.0	51 - 68
Nº 8	2.360	2.2	0.0	94.4	92.7	100.0	100.0	52.0	
Nº 16	1.180	1.9	0.0	89.6	83.8	100.0	100.0	47.1	38 - 52
Nº 30	0.600	1.4	0.0	76.7	67.6	100.0	100.0	38.1	
Nº 40	0.425	1.2	0.0	64.9	55.5	100.0	100.0	31.5	
Nº 60	0.300	1.0	0.0	53.6	40.4	100.0	100.0	23.3	
Nº 80	0.250	0.9	0.0	28.9	32.6	100.0	100.0	18.9	17 - 28
Nº 100	0.150	0.8	0.0	18.3	27.2	100.0	100.0	16.0	
Nº 200	0.075	0.7	0.0	7.7	19.6	100.0	100.0	11.8	8 - 17
		0.6	0.0	5.0	14.1	100.0	100.0	8.8	
		0.4	0.0	2.6	9.0	100.0	100.0	6.0	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Ángel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

RNP Servicios S0608589

**Solicitante :** CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
**Proyecto / Obra :** MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
**Ubicación :** TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
 Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo :** Lunes, 18 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico :** Mezcla asfáltica reemplazando el 6.0% de Piedra por Escoria de Acero + el 0.8% de Arena por caucho triturado.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	E. Acero	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM					No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
							% pasa Material											
%	42.30	2.70	0.432	53.57	1.00	100.00	100	100	93.20	84.55	65.48	47.09	18.97	11.86	6.05			
N°	BRIQUETA						1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla							5.00			5.5			6		6.5		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla							40.19			39.97			39.76		39.55		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla							50.89			50.62			50.35		50.09		
4	% de Caucho							0.41			0.41			0.41		0.40		
5	% de Escoria de acero							2.57			2.55			2.54		2.52		
6	% Cemento portland en masa de la Mezcla							0.95			0.95			0.94		0.935		
7	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc							1.018			1.018			1.018		1.018		
8	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc							2.67			2.67			2.67		2.67		
9	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc							2.635			2.635			2.635		2.635		
10	Peso Especifico del Caucho gr/cc							1.32			1.32			1.32		1.32		
11	Peso Especifico de la Escoria de Acero gr/cc							3.112			3.112			3.112		3.112		
12	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc							3.15			3.15			3.15		3.15		
13	Altura promedio de la briqueta cm																	
14	Masa de la briqueta al aire (gr)						1197.60	1194.75	1195.48	1197.49	1200.71	1181.91	1193.26	1196.55	1195.47	1203.05	1194.52	1197.84
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)						1199.54	1196.32	1197.24	1199.24	1201.54	1183.09	1195.35	1198.72	1197.38	1204.51	1196.38	1199.34
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)						673.76	672.00	672.41	675.28	676.51	665.69	678.00	679.90	679.00	679.11	669.24	678.00
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)						526	524	525	524	525	517	517	519	518	525	527	521
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta						2.278	2.279	2.278	2.285	2.287	2.284	2.306	2.306	2.290	2.266	2.298	
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)							2.353			2.367			2.399		2.390		
20	% de Vacios (ASTM D 3203)						3.2	3.2	3.2	3.4	3.4	3.5	3.9	3.9	4.2	5.2	3.8	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)							2.654			2.654		0.0	2.654		2.654		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)							2.661			2.714		2.794		2.820			
23	Asfalto Absorbido por el Agregado							0.11			0.86		1.93		2.26			
24	% de Asfalto Efectivo							4.90			4.69		4.18		4.39			
25	Relación Polvo/Asfalto							0.8			0.8		0.7		0.7			
26	V.M.A.						18.5	18.4	18.5	18.6	18.6	18.7	18.3	18.3	19.3	20.2	19.0	
27	% Vacios llenos con C.A.						82.6	82.8	82.6	81.5	81.8	81.3	78.9	78.8	78.8	78.4	74.4	79.8
28	Flujo 0.01*(0.25 mm)						10.5	9.0	9.8	13.0	10.5	11.8	13.0	11.0	12.0	14.5	13.3	
29	Estabilidad sin corregir (Kg)						1474	1451	1462	1888	1769	1828	1888	1800	1867	2066	2023	2044
30	Factor de estabilidad						0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00
31	Estabilidad Corregida						1415	1392	1404	1812	1698	1828	1888	1800	1867	1983	1942	2044
32	Estabilidad / Flujo						3423	3930	3657	3540	4108	3952	3689	4156	3951	4197	3402	3919

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. EXPERTOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246604

 Activar window  
 Ve a Configuración

**INFORME**

Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES

Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

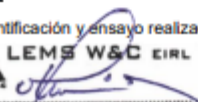
Fecha de ensayo : Lunes, 18 de octubre del 2021

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 6.0% de Piedra por Escoria de Acero + el 0.8% de Arena por caucho triturado.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	3	2	3	2
1.- PESO DEL FRASCO	690.0	601.0	690.0	601.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2940.7	2887.7	2940.7	2887.7
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2439.1	2389.0	2448.7	2393.7
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3619.1</b>	<b>3569.0</b>	<b>3628.7</b>	<b>3573.7</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>25.0</b>	<b>25.0</b>	<b>25.0</b>	<b>25.0</b>
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx )	0.99726	0.99726	0.99726	0.99726
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>	<b>1180.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	501.6	498.7	492.0	494.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.363</b>	<b>2.366</b>	<b>2.399</b>	<b>2.389</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.363</b>	<b>2.367</b>	<b>2.399</b>	<b>2.390</b>
CONTENIDO % C.A.	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



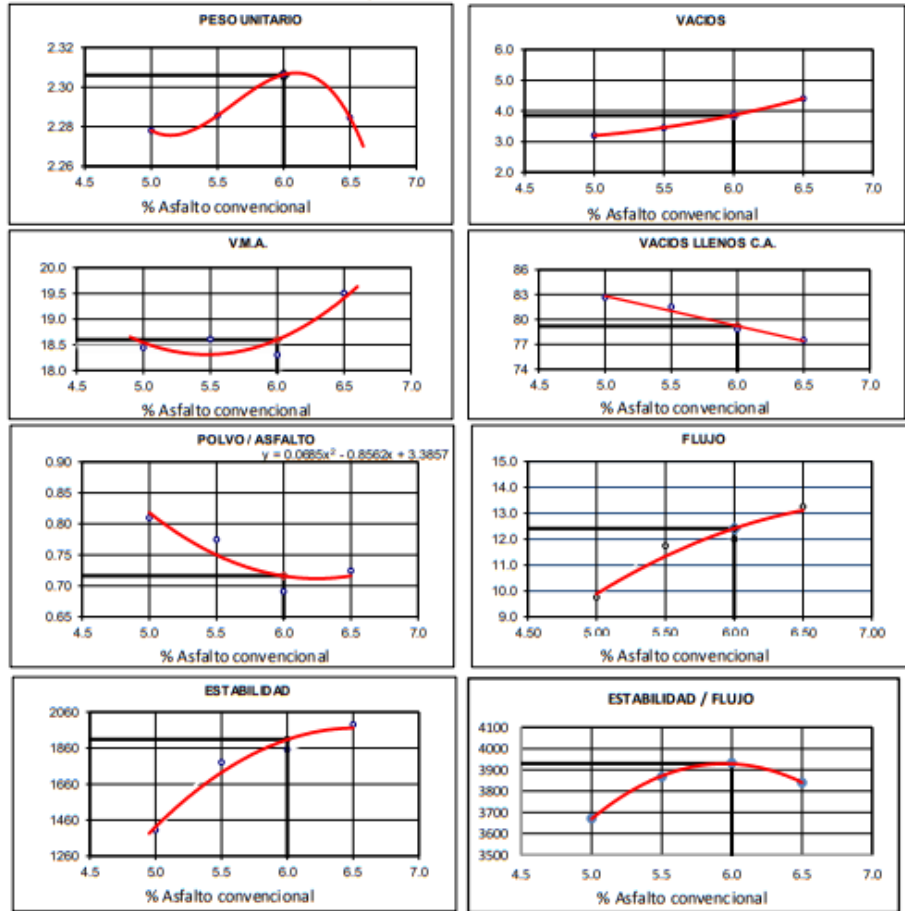
**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

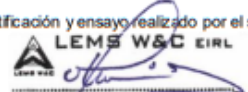
Solicitante : CASTILLO CALLE EDGARD DAVID  
MORENO CHIROQUE NEXAE ARQUIMEDES  
Proyecto / Obra : TESIS "APLICACIÓN DE MÉTODO MARSHALL EN EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO Y CAUCHO TRITURADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Lunes, 18 de octubre del 2021  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica reemplazando el 6.0% de Piedra por Escoria de Acero + el 0.8% de Arena por caucho triturado.



**CARACTERISTICAS MARSHALL**

	75	75
GOLPES	75	75
% C. A.	6.00	
P. UNITARIO	2.306	
VACIOS	3.9	3 - 5
V.M.A.	18.6	14.0
V. LL.C.A.	79.2	
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3
FLUJO	12.4	8-14
ESTABILIDAD	18.7	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3929.7	1700 - 4000

Observaciones:  
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO N°1073-2021 RIVELAB**

Emitido en Trujillo, 19 de noviembre de 2021

Pág. 1 de 1

SOLICITUD DE SERVICIO	:	151122
NOMBRE DEL SOLICITANTE	:	Castillo Calle Edgard David y Moreno Chiroque Nexar Arquímides.
TÍTULO DE LA TESIS	:	Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	:	Muestra proporcionada por el cliente
PROPOSITO DEL SERVICIO	:	Análisis físico-químicos
PRODUCTO DECLARADO	:	Escoria siderúrgica
IDENTIFICACION MARCA	:	S/M
CANTIDAD DE MUESTRA	:	01 bolsa con 1kg
LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:	Laboratorio-Trujillo/2021-11-17
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS	:	2021-11-19
MUESTRA DIRIMIENTE	:	Muestra No Sujeta a Dirimencia por ser Muestra Perecedera y/o Muestra Única.
FECHA DE TÉRMINO DE LOS ENSAYOS	:	2021-11-19

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (FQ)**

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
pH	Valor pH	10.7
Humedad	%	0.29
SiO <sub>2</sub>	%	35.43
CaO	%	37.23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	10.90
MgO	%	6.14
FeO	%	0.85
Poder Calorífico Promedio	kJ/kg	15300

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA
Humedad	NTP-ISO 10251:2015 / NTP-ISO 12743:2017
pH	EPA Method 8052 / Revisión 4
SFOJ	IC-VH-123 Rev. 01 / Validação
Card. AGU; MgO; FeO	EPA Method 200.7 Rev. 4.4



 Dr. JOSE RIVERO CORCUERA  
 Ingeniero Químico  
 R. CIP. 130519



Anexo 6. Calibración de equipos



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Fuerza*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PTC - LF - 129 - 2020

Página 1 de 3

1. Expediente	312-2020	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE - CHICLAYO	
4. Equipo	<b>PRENSA MULTIUSO</b>	
Capacidad	5000 kgf	PERUTEST 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.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	<b>FORNEY</b>	
Modelo	7691F	
Número de Serie	2491	
Procedencia	USA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	OHAUS	
Modelo	T31P	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0.1 kgf	
5. Fecha de Calibración	2020-12-17	

---

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2020-12-18	 <b>MANUEL ALEJANDRO ALTAGA TORRES</b>	

---

913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624  
www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@perutest.com.pe  
PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LF - 129 - 2020

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28.0 °C	28.0 °C
Humedad Relativa	63 % HR	64 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE-092-19

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624  
www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@perutest.com.pe  
PERUTEST SAC



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LF - 129 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
%	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_4$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500	497.8	497.8	497.8	497.8
20	1000	998.2	997.7	997.7	997.8
30	1500	1499.5	1499.5	1499.5	1499.5
40	2000	1999.8	1999.8	1999.8	1999.8
50	2500	2499.1	2499.1	2499.1	2499.1
60	3000	2999.9	2999.9	2999.9	2999.9
70	3500	3500.7	3500.7	3500.7	3500.7
80	4000	4001.0	4001.0	4001.0	4001.0
90	4500	4501.2	4500.2	4500.2	4500.5
100	5000	5001.5	5001.5	5001.5	5001.5
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición			Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Resol. Relativa $\sigma$ (%)	
500	0.44	0.00	0.02	0.34
1000	0.22	0.05	0.01	0.34
1500	0.03	0.00	0.01	0.34
2000	0.01	0.00	0.01	0.34
2500	0.03	0.00	0.00	0.34
3000	0.00	0.00	0.00	0.34
3500	-0.02	0.00	0.00	0.34
4000	-0.02	0.00	0.00	0.34
4500	-0.01	0.02	0.00	0.34
5000	-0.03	0.00	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.00 %
---	--------



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC -LM - 130 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>029-2020</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE - CHICLAYO</b>	
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>	
<b>División de escala (d)</b>	<b>10 g</b>	PERUTEST 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.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>1 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>II</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>R31P30</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>8335260476</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2020-12-17</b>	

Fecha de Emisión

2020-09-02

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 130 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI, Tercera Edición.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE - CHICLAYO

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28	28
Humedad Relativa	65	65

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	PESAS DE 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	METROIL M-0882-2019
Patrones de referencia	PESAS DE 10 kg (Clase de Exactitud: M2)	METROIL M-0882-2019
Patrones de referencia	PESAS DE 20 kg (Clase de Exactitud: M2)	METROIL M-0882-2019
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	METROIL M-0884-2019

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC -LM - 130 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

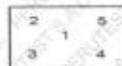
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	28.3 °C	28.3 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15,000	0.4	4.6	30,000	0.5	4.5	
2	14,999	0.3	3.7	30,000	0.5	4.5	
3	15,000	0.6	4.4	29,999	0.3	3.7	
4	15,000	0.6	4.4	30,000	0.4	4.6	
5	15,000	0.5	4.5	30,000	0.5	4.5	
6	15,000	0.3	4.7	30,000	0.5	4.5	
7	15,000	0.3	4.7	30,000	0.4	4.6	
8	14,999	0.3	3.7	30,000	0.5	4.5	
9	15,000	0.5	4.5	30,000	0.5	4.5	
10	15,000	0.5	4.5	29,999	0.3	3.7	
Diferencia Máxima			1.0	Diferencia Máxima			0.9
Error Máximo Permissible			± 3.0	Error Máximo Permissible			± 3.0

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.8 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10 g	10	0.5	4.5	10,000	10,000	0.8	4.2	-0.3
2		10	0.5	4.5		10,000	0.5	4.5	0.0
3		10	0.6	4.4		10,000	0.9	4.1	-0.3
4		10	0.5	4.5		10,000	0.2	4.8	0.3
5		10	0.5	4.5		10,000	0.3	4.7	0.2
Error máximo permisible									± 3.0

\* Valor entre 0 y 10e



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
 SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
 RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC -LM - 130 - 2020

Área de Metrología  
 Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21.8 °C	21.9 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± g )
	l (g)	ΔL ( g )	E ( g )	Ec ( g )	l (g)	ΔL ( g )	E ( g )	Ec ( g )	
10	10	0.8	4.2						
20	20	0.6	4.4	0.2	20	0.5	4.5	0.3	1.0
100	100	0.4	4.6	0.4	100	0.6	4.4	0.2	1.0
500	500	0.9	4.1	-0.1	500	0.4	4.6	0.4	2.0
1,000	1,000	0.5	4.5	0.3	1,000	0.8	4.2	0.0	2.0
5,000	5,001	0.6	5.4	1.2	5,000	0.9	4.1	-0.1	3.0
10,000	10,000	0.5	4.5	0.3	10,000	0.5	4.5	0.3	3.0
15,000	15,000	0.2	4.8	0.6	15,000	0.2	4.8	0.6	3.0
20,000	20,000	0.3	4.7	0.5	20,000	0.6	4.4	0.2	3.0
25,000	25,001	0.3	5.7	1.5	25,000	0.5	4.5	0.3	3.0
30,000	30,001	0.5	5.5	1.3	30,000	0.5	4.5	0.3	3.0

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
 l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
 E: Error encontrado

E<sub>g</sub>: Error en cero.  
 E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición  $U = 2 \times \sqrt{(\text{#####} \text{ g}^2 + 0.0000000051 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida  $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000428 \text{ R}$

### 12. Incertidumbre

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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



913 028 621 - 913 028 622  
 913 028 623 - 913 028 624  
 www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
 ventas@perutest.com.pe  
 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 129 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	2611-2020
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.
3. Dirección	CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE - CHICLAYO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	600 g
División de escala (d)	0.01 g
Div. de verificación (e)	1 g
Clase de exactitud	II
Marca	AMPUT
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Capacidad mínima	0.20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2020-12-17

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

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

PERUTEST 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.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-12-18

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALTAGA TORRES

Sello



913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624  
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@perutest.com.pe  
PERUTEST SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 129 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBWAYEQUE - CHICLAYO

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28.3 °C	28.3 °C
Humedad Relativa	56%	56%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: M1)	M - 0884 - 2019

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 129 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	28.3 °C	28.3 °C

Medición N°	Carga L1 = 300.00 g			Carga L2 = 600.00 g			
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	300.00	6	-1	600.00	5	0	
2	300.00	5	0	600.00	7	-2	
3	300.00	6	-1	600.00	6	-1	
4	300.00	5	0	600.00	5	0	
5	300.00	5	0	600.00	4	1	
6	300.00	4	1	600.00	7	-2	
7	300.00	6	-1	600.00	5	0	
8	300.00	5	0	600.00	6	-1	
9	300.00	6	-1	600.00	5	0	
10	300.00	5	0	600.00	8	-3	
Diferencia Máxima			2	Diferencia Máxima			4
Error Máximo Permisible			± 1,000	Error Máximo Permisible			± 1,000

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	28.3 °C	28.3 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>					
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
1	0,10 g	0.10	6	-1	200.00	200.00	5	0	1	
2		0.10	5	0		200.00	6	-1	-1	
3		0.10	6	-1		200.00	5	0	1	
4		0.10	5	0		200.00	5	0	0	
5		0.10	5	0		200.00	5	0	0	
* Valor entre 0 y 10e						Error máximo permisible				± 1,000

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 129 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	28.3 °C	28.3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.10	0.10	5	0						
0.20	0.20	5	0	0	0.20	5	0	0	1,000
1.00	1.00	4	1	1	1.00	5	0	0	1,000
10.00	10.00	5	0	0	10.00	5	0	0	1,000
50.00	50.00	4	1	1	50.00	4	1	1	1,000
100.00	100.00	5	0	0	100.00	5	0	0	1,000
200.00	200.00	5	0	0	200.00	6	-1	-1	1,000
300.00	300.00	5	0	0	300.00	5	0	0	1,000
400.00	400.01	8	7	7	400.00	5	0	0	1,000
600.00	600.00	6	-1	-1	600.00	6	-1	-1	1,000
		0				0			

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.0000223 \text{ g}^2 + 0.0000000001 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000025 R$$

### 12. Incertidumbre

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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento







# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

a  
Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 131 - 2020

Página 1 de 4

1. Expediente	2210-2020
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.
3. Dirección	CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE - CHICLAYO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	6000 g
División de escala (d)	0.1 g
Div. de verificación (e)	1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	SE6001F
Número de Serie	B8338140165
Capacidad mínima	1.0 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2020-12-17

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

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

PERUTEST 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.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión  
2020-12-18

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



Sello



913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624  
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@perutest.com.pe  
PERUTEST SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 131 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE - CHICLAYO

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23.1	23.1
Humedad Relativa	56%	56%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JGO DE PESAS DE 1 g a 1 Kg (Clase de Exactitud: F1)	METROIL - 0884 - 2019

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 131 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final  
23.4 °C 23.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 3,000 g			Carga L2 = 6,000 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	3000.00	5	45	6000.00	3	47	
2	3000.00	4	46	6000.00	5	45	
3	3000.00	6	44	6000.00	4	46	
4	3000.00	7	43	6000.00	6	44	
5	3000.00	6	44	6000.00	7	43	
6	3000.00	7	43	6000.00	3	47	
7	3000.00	7	43	6000.00	4	46	
8	3000.00	5	45	6000.00	6	44	
9	3000.00	6	44	6000.00	2	48	
10	3000.00	7	43	6000.00	6	44	
Diferencia Máxima			3	Diferencia Máxima			5
Error Máximo Permissible			3,000	Error Máximo Permissible			3,000

#### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

Temperatura Inicial Final  
26.3 °C 28.3 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0.10	0.10	5	45	100.00	100.00	7	43	-2
2		0.10	7	43		100.00	4	46	3
3		0.10	6	44		100.00	4	46	2
4		0.10	7	43		100.00	5	45	2
5		0.10	7	43		100.00	7	43	0
Error máximo permisible									1,000

\* Valor entre 0 y 10e

☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 131 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	26.3 °C	28.3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
1.00	1.00	6	44						
5.00	5.00	5	45	1	5.00	3	47	3	1,000
100.00	100.00	6	44	0	100.00	5	45	1	1,000
200.00	200.00	7	43	-1	200.00	4	46	2	1,000
500.00	500.00	6	44	0	500.00	5	45	1	2,000
1000.00	1000.00	5	45	1	1000.00	6	44	0	2,000
2000.00	2000.00	6	44	0	2000.00	7	43	-1	3,000
3000.00	3000.00	6	44	0	3000.00	3	47	3	3,000
4000.00	4000.00	4	46	2	4000.00	5	45	1	3,000
5000.00	5000.00	5	45	1	5000.00	4	46	2	3,000
6000.00	6000.00	5	45	1	6000.00	5	45	1	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.001670 \text{ g}^2 + 0.0000000021 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000002 \text{ R}$$

### 12. Incertidumbre

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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC-LM - 132 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente 029-2020

2. Solicitante LABORATORIO DE ENSAYO DE  
MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.

3. Dirección CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE  
LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE -  
CHICLAYO

4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA

Capacidad Máxima 30000 g

División de escala (d) 10 g

Div. de verificación (e) 1 g

Clase de exactitud II

Marca OHAUS

Modelo R31P30

Número de Serie 8336460679

Capacidad mínima 20 g

Procedencia CHINA

Identificación NO INDICA

5. Fecha de Calibración 2021-12-17

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

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

PERUTEST 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.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-12-18

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
 SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
 RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC -LM - 132 - 2021

Área de Metrología  
 Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI, Tercera Edición.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
 CAL. LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - LAMBAYEQUE - CHICLAYO

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28	28
Humedad Relativa	65	65

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	PESAS DE 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	METROIL M-0882-2019
Patrones de referencia	PESAS DE 10 kg (Clase de Exactitud: M2)	METROIL M-0882-2019
Patrones de referencia	PESAS DE 20 kg (Clase de Exactitud: M2)	METROIL M-0882-2019
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	METROIL M-0884-2019

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624  
 🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
 ✉ ventas@perutest.com.pe  
 🏢 PERUTEST SAC



### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	28.3 °C	28.3 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15,000	0.4	4.6	30,000	0.5	4.5	
2	14,999	0.3	3.7	30,000	0.5	4.5	
3	15,000	0.6	4.4	29,999	0.3	3.7	
4	15,000	0.6	4.4	30,000	0.4	4.6	
5	15,000	0.5	4.5	30,000	0.5	4.5	
6	15,000	0.3	4.7	30,000	0.5	4.5	
7	15,000	0.3	4.7	30,000	0.4	4.6	
8	14,999	0.3	3.7	30,000	0.5	4.5	
9	15,000	0.5	4.5	30,000	0.5	4.5	
10	15,000	0.5	4.5	29,999	0.3	3.7	
Diferencia Máxima			1.0	Diferencia Máxima			0.9
Error Máximo Permissible			± 3.0	Error Máximo Permissible			± 3.0

#### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.8 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10 g	10	0.5	4.5	10,000	10,000	0.8	4.2	-0.3
2		10	0.5	4.5		10,000	0.5	4.5	0.0
3		10	0.6	4.4		10,000	0.9	4.1	-0.3
4		10	0.5	4.5		10,000	0.2	4.8	0.3
5		10	0.5	4.5		10,000	0.3	4.7	0.2
Error máximo permisible								± 3.0	

\* Valor entre 0 y 10g



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC -LM - 132 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	21.8 °C	21.9 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (±g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.8	4.2						
20	20	0.6	4.4	0.2	20	0.5	4.5	0.3	1.0
100	100	0.4	4.6	0.4	100	0.6	4.4	0.2	1.0
500	500	0.9	4.1	-0.1	500	0.4	4.6	0.4	2.0
1,000	1,000	0.5	4.5	0.3	1,000	0.8	4.2	0.0	2.0
5,000	5,001	0.6	5.4	1.2	5,000	0.9	4.1	-0.1	3.0
10,000	10,000	0.5	4.5	0.3	10,000	0.5	4.5	0.3	3.0
15,000	15,000	0.2	4.8	0.6	15,000	0.2	4.8	0.6	3.0
20,000	20,000	0.3	4.7	0.5	20,000	0.6	4.4	0.2	3.0
25,000	25,001	0.3	5.7	1.5	25,000	0.5	4.5	0.3	3.0
30,000	30,001	0.5	5.5	1.3	30,000	0.5	4.5	0.3	3.0

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E<sub>0</sub>: Error en cero.  
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición  $U = 2 \times \sqrt{(\text{#####})^2 \text{ g}^2 + 0.00000000051 \text{ R}^2}$

Lectura corregida  $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000429 R$

### 12. Incertidumbre

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  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624  
www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@perutest.com.pe  
PERUTEST SAC

## Dosificaciones de los antecedentes.

TITULO	AUTOR	PRODUCTO	TIPO DE C.A.	ADICIÓN DE PRODUCTO							Estabilidad Marshall						Vacíos de aire (3%-5%)					
"DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE INCORPORANDO CAUCHO TRITURADO DE NEUMÁTICO RECICLADO	CHAMBA GONZAGA FÁTIMA GEOMAYRA BENAVIDES SUÁREZ JONATHAN FERNANDO	CAUCHO	20-30	0%	#####	1%	1.50%	2%	2.50%	3009.86 lb	2563.35 lb	2218.09 lb	1849.82 lb	1709.59 lb	1582.39 lb	3.796	3.912	4.152	7.44	9.905	11.6	
"DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON CAUCHO SBR USANDO METODO MARSHALL	Herly Ruby Ortiz Navarr	CAUCHO		0%	10%	15%	20%	x	x	2705.911	2493.518	2543.44	2722.17	x	x	4.8	24.1	23.75	25	X	X	
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON CAUCHO MEDIANTE PROCESO POR VÍA SECA RESPECTO A LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	José Luis Granados Noa	CAUCHO	60-70	0%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	x	1350 KG	1645	1776	1695	1280	x	4	4.7	5	5.9	3	2.5	
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO Y MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS; CON MATERIALES REUTILIZABLES EN LA CONSTRUCCIÓN	ANLLY TATIANA SEGURA ALMANZA	CORIA DE ACER	60-70	0%	5% (A.F)	4% (A.G)	1% (A.G)	9% (A.G)	8% (A.G)	13315 N	17699 N	20073 N	18785 N	17217 N	15246 N	3.5	6.2	6.2	7.8	10.5	11	
				0%	5% (A.F)	5% (A.G)	5% (A.F)	7% (A.F)	1% (A.F)	13315 N	16774 N	18021 N	17217 N	14441	12148	3,2	2,4	4,0	5,5	7,5	8,2	
Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la adición de escoria metalúrgica-Lima, 2018	Herles Pérez Silva	CORIA DE ACER	60-70	0%	10%	12%	15%	x	x	13,53.8	15,445	14,892	12,536	x	x	x	4.6	5.3	4.9	X	X	

Presupuesto por m3 de mezcla asfáltica.

<b>ANÁLISIS DE COSTO PARA PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA</b>					
Costo unitario directo(1):		M. convencional	m3	S/348.69	
Costo unitario directo(2):		Escoria de acero	m3	S/359.08	
Costo unitario directo(3):		Caucho triturado	m3	S/351.19	
Costo unitario directo(3):		E. acero + caucho t	m3	S/348.45	
<b>MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Sub total (1)</b>
Piedra	m3	0.424	59.32	25.15	348.69
Arena	m3	0.509	55.08	28.04	
Filler	bls	0.585	19.49	11.39	
C.A PEN 60/70	gl	15.833	8.47	134.11	
Flete	und	1.000	150.00	150.00	
<b>MEZCLA ASFÁLTICA CON ESCORIA DE ACERO</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Sub total (2)</b>
Piedra	m3	0.396	59.32	23.49	359.08
Arena	m3	0.506	55.08	27.87	
Filler	bls	0.611	19.49	11.9	
C.A PEN 60/70	gl	17.198	8.47	145.67	
Escoria de acero	m3	0.0253	5.93	0.15	
Flete	und	1.000	150.00	150.00	
<b>MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO TRITURADO</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Sub total (3)</b>
Piedra	m3	0.423	59.32	25.09	351.187
Arena	m3	0.504	55.08	27.76	
Filler	bls	0.611	19.49	11.9	
C.A PEN 60/70	gl	16.106	8.47	136.42	
Caucho triturado	m3	0.004	4.24	0.0170	
Flete	und	1.000	150.00	150.00	
<b>MEZCLA ASFÁLTICA CON ESCORIA DE ACERO + CAUCHO TRITURADO</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Sub total (4)</b>
Piedra	m3	0.398	59.32	23.61	348.445
Arena	m3	0.504	55.08	27.76	
Filler	bls	0.585	19.49	11.39	
C.A PEN 60/70	gl	16.000	8.47	135.52	
Caucho triturado	m3	0.004	4.24	0.0170	
Escoria de acero	m3	0.025	5.93	0.1480	
Flete	und	1.000	150.00	150.00	