



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho
por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Flores Perez, Jhon Richard

DOCENTE

MSc. Cecilia Arriola Moscoso

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura vial

Lima – Perú

2018

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

Flores Pérez, Jhon Richard


cuyo título es:


" *Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica*
incorporando caucho por vía húmeda, avenida
Perú, Callao, 2018
"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

15 (número) *QUINCE* (letras).

Lugar y fecha... *Lo Olivos, 15-DIC-18*


.....
PRESIDENTE
Dr. Ing. Abel D. Muñoz P.
Grado y nombre


.....
SECRETARIO
ING LAS VEGAS CAOCOTANA
Grado y nombre


.....
VOCAL
Ms. Cecilia Arriola Morcoso
Grado y nombre

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA:

A Dios y a mi madre por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos por ser mis motivadores y a mis sobrinos por ser mis inspiradores; a todos ellos gracias por acompañarme en esta pequeña etapa de aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por mostrarme el camino y que nunca debo desistir, a mi madre porque siempre confío en mí y a mi hermano por el diseño y ensamblaje del equipo mezclador de asfalto con granos de caucho.

A la Dirección de Estudios Especiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones por permitirme hacer uso de sus instalaciones, en especial al equipo del área de Suelos y al de asfalto.

A la cantera SEOING por la proporción de los agregados finos y gruesos que se empleó en toda la investigación.


A la Ing. Cecilia Moscoso y a todo el equipo del área de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil de esta casa de estudios.

DECLARATORIA DE AUTENCIDAD

Yo, Flores Perez Jhon Richard, con DNI N° 45654352, con el objetivo de cumplir con lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, expreso bajo juramento que toda la documentación en la presente investigación es veraz y auténtica.

De la misma forma, mediante juramento, que todos los datos e información de la investigación es auténtica.

En tal sentido, asumo toda responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en los documentos o información aportada por lo que me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



Flores Perez Jhon Richard

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento mi tesis titulada "Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018; la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título de Ingeniero Civil.

Autor: Flores Perez, Jhon Richard

ÍNDICE

	Pág.
GENERALIDADES.....	ii
I. INTRODUCCIÓN	
1.1. Realidad problemática.....	15
1.2. Trabajos previos.....	17
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	17
1.2.2 Antecedentes nacionales.....	21
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	24
1.4. Formulación del problema.....	34
1.4.1 Problema general.....	34
1..2. Problemas específicos.....	34
1.5. Justificación del estudio.....	34
1.6. Hipótesis.....	35
1.6.1. Hipótesis general.....	35
1.6.2 Hipótesis específico.....	35
1.7. Objetivos.....	36
1.7.1. Objetivo general.....	36
1.7.2. Objetivos específicos.....	36
II. METODOLOGÍA	
2.1. Diseño de investigación.....	38
2.2. Variables, operacionalización	39
2.3. Población y muestra.....	40
2.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	43
2.5. Método de análisis de datos.....	45
2.6. Aspectos éticos.....	45

III. RESULTADOS	
3.1. Generalidades.....	47
3.2 Trabajos previos.....	50
3.3. Análisis.....	66
3.3.1 Deformabilidad plástica.....	66
3.3.2 Resistencia a la inmersión - compresión.....	72
3.3.3 Resistencia al daño inducido por humedad.....	78
3.4. Contrastación de hipótesis.....	86
IV. DISCUSIÓN	91
V. CONCLUSIONES	96
VI. RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS	100
ANEXOS:	105
Anexo 1: Matriz de consistencia	106
Anexo 2: Matriz operacional	107
Anexo 3: Validación para ficha de recolección de datos	108
Anexo 4: Ficha de recolección de datos	112
Anexo 5: Reporte de laboratorio para calidad de materiales	116
Anexo 6: Reporte de laboratorios para mezcla asfáltica	133
Anexo 7: Certificados de calibración de equipos de laboratorio	146
Anexo 8: Plano de ubicación	163
Anexo 9: Panel fotográfico	165
Anexo 10: Otros	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificación técnica del cemento asfáltico por penetración	27
Tabla 2. Especificación técnica del cemento asfáltico por viscosidad	28
Tabla 3. Requerimientos para los agregados gruesos	29
Tabla 4. Requerimientos para los agregados finos	29
Tabla 5. Requisitos para la mezcla de concreto bituminoso	30
Tabla 6. Granulometría de los granos de caucho reciclado	32
Tabla 7. Característica de los granos de caucho reciclado	32
Tabla 8. Detallado de muestras ensayadas para la deformación	41
Tabla 9. Detallado de muestras ensayadas para la resistencia a la inmersión-compresión	42
Tabla 10. Detallado de muestras ensayadas para la resistencia a la inducción por humedad	42
Tabla 11. Resumen total de muestras ensayadas por dimensión.	42
Tabla 12. Detallado de validación por experto	44
Tabla 13. Rango de validez	44
Tabla 14. Rango de confiabilidad	44
Tabla 15: Granulometría para diseño de mezcla asfáltica.	52
Tabla 16. Granulometría de granos de caucho incorporados al asfalto en 20%	53
Tabla 17. Granulometría de granos de caucho incorporados al asfalto en 10%	53
Tabla 18. Granulometría de granos de caucho incorporados al asfalto en 5%	54
Tabla 19. Peso específico del caucho en granos	54
Tabla 20. Porcentaje de impurezas obtenidas en el tamizado	54
Tabla 21. Temperatura de producción para diferentes porcentajes de caucho en asfalto	56
Tabla 22. Peso de granos de caucho adicionados al asfalto, según porcentaje requerido	56
Tabla 23. Resumen de valores de parámetros de diseño Marshall para la producción de	56
Tabla 24. Resumen de valores de parámetros de diseño Marshall para la producción de mezcla asfáltica convencional y modificada con 5% de granos de caucho	66
Tabla 25. Resumen de valores de resistencia a la inmersión – compresión de mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho)	72
Tabla 26. Resumen de indicadores de la resistencia a la inmersión - compresión de mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho)	72
Tabla 27. Número de golpes (10, 20, 30, 40 y 50) y porcentajes de vacíos obtenidos con la mezcla asfáltica convencional	78
Tabla 28. Número de golpes (10, 20, 30, 40 y 50) y porcentajes de vacíos obtenidos con la mezcla asfáltica modificada (5% de caucho)	78
Tabla 29. Resistencia a la tensión de briquetas con mezcla asfáltica convencional acondicionadas y no acondicionadas con $7 \pm 0.5\%$ de vacíos.	78
Tabla 30. Resistencia a la tensión de briquetas con mezcla asfáltica modificada (5% de granos de caucho) acondicionadas y no acondicionadas con $7 \pm 0.5\%$ de vacíos.	79

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Esquema de variable independiente (incorporación de dependiente (comportamiento mecánico)</i>	caucho) y 39
<i>Figura 2: Fachada del laboratorio de Estudios Especiales del MTC.</i>	40
<i>Figura 3: Briquetas de mezcla asfáltica en caliente</i>	43
<i>Figura 4: Ubicación de tramo de aplicación</i>	48
<i>Figura 5: Inicio de tramo, cruce de avenida Perú con Tomas Valle</i>	48
<i>Figura 6: Se evidencia piel de cocodrilo en una de las calzadas.</i>	49
<i>Figura 7: Desprendimiento de la carpeta de rodadura</i>	49
<i>Figura 8: Se evidencia vehículos de carga pesa.</i>	49
<i>Figura 9: Cantera SEOING.</i>	50
<i>Figura 10: Tamizado de agregado fino (300 kg) y grueso (300 kg).</i>	50
<i>Figura 11: Cuarteo, inspección visual y tamizado de agregado grueso</i>	51
<i>Figura 12: Secado superficial de agregado grueso, peso específico de agregado grueso y fino.</i>	51
<i>Figura 13: Tamizado y granulometría de agregado fino.</i>	51
<i>Figura 14: Ensayo de equivalente de arena, límites de Atterberg y abrasión Los Ángeles</i>	52
<i>Figura 15: Proveedor de granos de caucho.</i>	53
<i>Figura 16: Granulometría e impurezas en granos de caucho.</i>	55
<i>Figura 17: Producción de asfalto-caucho (5%, 10% y 20%).</i>	55
<i>Figura 18: Bitumen final modificado con granos de caucho.</i>	56
<i>Figura 19: Barras comparativas del peso específico de la mezcla convencional (0%) y las mezclas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – PESO ESPECÍFICO.</i>	57
<i>Figura 20: Barras comparativas del porcentaje de vacíos llenos con asfalto en la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – VACÍOS LLENOS DE C.A. (%).</i>	58
<i>Figura 21: Barras comparativas de porcentaje de volumen de agregados minerales en la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas convencionales de 5%, 10% y 20% granos de caucho – VMA (%).</i>	59
<i>Figura 22: Barras comparativas de porcentaje de absorción de asfalto entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – ABSORCIÓN DE ASFALTO (0%).</i>	de 60
<i>Figura 23: Barras comparativas de estabilidad entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – ESTABILIDAD (kg).</i>	61
<i>Figura 24: Barras comparativas de flujo entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – FLUJO (mm).</i>	62
<i>Figura 25: Barras comparativas de estabilidad/flujo entre la mezcla asfáltica convencional y las mezclas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm).</i>	63
<i>Figura 26: Barras comparativas de contenido óptimo de asfalto entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas convencionales de 5%, 10% y 20% granos de caucho – CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO.</i>	64
<i>Figura 27: Barras comparativas de porcentaje de vacíos entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – PORCENTAJE DE VACÍOS (%).</i>	y 20% granos 65
<i>Figura 28: Peso específico (mezcla convencional).</i>	67
<i>Figura 29: Vacíos (%) (mezcla convencional).</i>	67
<i>Figura 30: VMA (%) (mezcla convencional).</i>	67
<i>Figura 31: Estabilidad (mezcla convencional).</i>	67
<i>Figura 32: Vacíos con C.A. (mezcla convencional).</i>	67
<i>Figura 33: Flujo (mezcla convencional).</i>	67
<i>Figura 34: Peso específico (mezcla modificada).</i>	68

Figura 35: Vacíos (%) (mezcla modificada).	68
Figura 36: VMA (%) (mezcla modificada).	68
Figura 37: Estabilidad - mezcla modificada.	68
Figura 38: Vacíos con C.A. (mezcla modificada).	68
Figura 39: Flujo (mezcla modificada).	68
Figura 40: Barras comparativas de estabilidad entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y la mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – ESTABILIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA.	69
Figura 41: Barras comparativas de estabilidad/flujo entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y la mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho - FLUJO EN MEZCLA ASFÁLTICA.	70
Figura 42: Barras comparativas de estabilidad/flujo entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – ESTABILIDAD/FLUJO DE MEZCLA ASFÁLTICA.	71
Figura 43: Barras comparativas de máxima carga aplicada entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas sin acondicionamientos - MÁXIMA CARGA APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA NO ACONDICIONADA.	73
Figura 44: Barras comparativas de máxima carga aplicada entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas con acondicionamientos - MÁXIMA CARGA APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA ACONDICIONADA.	74
Figura 45: Barras comparativas de esfuerzo máximo aplicado entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas sin acondicionamientos - ESFUERZO MÁXIMO APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA NO ACONDICIONADA.	75
Figura 46: Barras comparativas de esfuerzo máximo aplicado entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas sin acondicionamientos - ESFUERZO MÁXIMO APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA ACONDICIONADA.	76
Figura 47: Barras comparativas de índice retenido entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – ÍNDICE RETENIDO (%).	77
Figura 48: Gráfica de porcentaje de vacíos generados por 50, 40, 30, 20 y 10 golpes en mezcla asfáltica convencional – PORCENTAJE DE VACÍOS Y NÚMERO DE GOLPES.	79
Figura 49: Gráfica de porcentaje de vacíos generados por 50, 40, 30, 20 y 10 golpes en mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – PORCENTAJE DE VACÍOS Y NÚMERO DE GOLPES.	80
Figura 50: Barras comparativas del promedio de porcentaje de vacíos entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas no acondicionadas – PORCENTAJE DE VACÍO EN BRIQUETAS SIN ACONDICIONAMIENTOS.	81
Figura 51: Barras comparativas del promedio de porcentaje de vacíos entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas acondicionadas – PORCENTAJE DE VACÍO EN BRIQUETAS ACONDICIONADAS.	82
Figura 52: Barras comparativas del promedio de resistencia a la tensión entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas no acondicionadas – RESISTENCIA EN BRIQUETAS A TENSIÓN SIN ACONDICIONAR.	83
Figura 53: Barras comparativas del promedio de resistencia a la tensión entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas acondicionadas – RESISTENCIA A TENSIÓN EN BRIQUETAS ACONDICIONADAS.	84
Figura 54: Barras comparativas de razón de esfuerzo a tensión entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – RAZÓN DE ESFUERZO A TENSIÓN.	85

RESUMEN

La presente investigación se titula Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018. Por muchos años la carpeta de rodadura en un pavimento flexible presenta fallas prematuras que acortan el tiempo de servicio generando costos adicionales de mantenimientos, por otro lado, el incremento anual de residuos sólidos como los neumáticos en desuso y su inadecuado manejo producen contaminación al medio ambiente; el objetivo que pretende esta investigación es incorporar los neumáticos, molidos a granos, en la producción de mezcla asfáltica y determinar ¿cuál es el comportamiento mecánico de una mezcla modificada en comparación con una convencional?, en ese contexto, su aplicación se realizó en un tramo de la avenida Perú, en el Callao, porque presenta una carpeta de rodadura deteriorada por el tráfico y por el empozamiento de agua generada por el negocio de lavado de auto.

En respuesta a la pregunta se desarrolló una investigación con un método científico, de enfoque cuantitativo porque siguió un proceso riguroso y secuencial para la recolección de datos, el tipo aplicada porque en base a teorías se ejecutó en beneficio del lugar de estudio, nivel explicativo y el diseño fue experimental porque se manipuló deliberadamente una de las variables; la población fueron las infinitas briquetas del laboratorio y la muestra es estratificada.

Los resultados de los valores del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada muestran mejoras con la incorporación de granos de caucho.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se recomienda aplicar el uso de granos de caucho en desuso en las mezclas asfáltica a fin de mejorar el desempeño de esta y el manejo de residuos sólidos. También se pueden realizar investigaciones adicionales que mejoren el comportamiento mecánico de la mezcla con porcentajes de caucho menores al 5%.

Palabras claves: Mezcla asfáltica modificada, granos de caucho, vía húmeda, comportamiento mecánico, susceptibilidad térmica y manejo de residuos sólidos.

ABSTRACT

This research is titled Mechanical behavior of asphalt mix incorporating rubber by wet route, Peru Avenue, Callao, 2018. On the other hand, the annual increase of solid residues such as disused tires and their inadequate handling produce contamination to the environment; the objective of this research is to incorporate the tires, ground to grains, in the production of asphalt mix and to determine what is the mechanical behavior of a modified mix in comparison with a conventional one? In this context, its application was made in a section of Peru Avenue, in Callao, because it has a rolling folder deteriorated by traffic and by the accumulation of water generated by the car wash business.

In response to the question, research was developed using a scientific method, with a quantitative approach because it followed a rigorous and sequential process for data collection, the type applied because based on theories it was executed in benefit of the place of study, explanatory level and the design was experimental because one of the variables was deliberately manipulated; the population was the laboratory's infinite briquettes and the sample is stratified.

The results of the values of the mechanical behaviour of the modified asphalt mix show improvements with the incorporation of rubber grains.

In view of the above, it is recommended that disused rubber grains be used in asphalt mixes to improve asphalt performance and solid waste management. Additional research can also be carried out to improve the mechanical behaviour of the mixture with percentages of rubber less than 5%.

Keywords: Modified asphalt mixture, rubber grains, wet route, mechanical behavior, thermal susceptibility and solid waste management.

I. Introducción

1.1. Realidad Problemática:

Las carreteras conforman gran parte del crecimiento socioeconómico de un país y del mundo, dicho vínculo ha crecido a lo largo de la historia. El tránsito de una carretera es soportado por estructura de capas llamado pavimento y en la mayoría son del tipo flexible; permanentemente los pavimentos flexibles presentan mecanismos de fallas universales en su carpeta de rodadura como el ahuellamiento y la fatiga que aún no han sido solucionadas del todo, pues producen accidentes vehiculares y pérdidas económicas, principalmente. Por otro lado, el exceso de llantas en desuso, producto del crecimiento exponencial del parque automotor, está generando un gran problema que atenta en contra del medioambiente debido al mal manejo de reciclado las llantas que son consideradas como residuos sólidos; sin embargo, se podría aprovechar dicha materia en beneficio de otros. Ante la necesidad de mejorar el desempeño de la carpeta de rodadura y el inadecuado uso de llantas en desuso se vienen investigando soluciones que mejoren el comportamiento de la carpeta de rodadura con la incorporación de caucho reciclado, producto de la trituración de las llantas desechadas.

En España, 200000 toneladas son reutilizadas y una de las beneficiadas son las carpetas asfálticas de las vías y eso debido a que el caucho reduce la susceptibilidad térmica de esta y la reducción de fatiga comparado con carpeta asfáltica convencional (Constantini, 2016).

En Ecuador, en la provincia de Pichincha, se viene experimentando el uso esta materia prima reciclada y la sustentabilidad de esta sin reducir las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica (Ministerio de ambiente de Ecuador, 2015).

La región Aysén, ubicada al sur de Chile, se caracteriza por tener climas extremos (-20°C y °25C) generando problemas en sus vías; el riesgo de fallas por agrietamiento y ahuellamiento en su carpeta de rodadura es muy elevado, por ello que se aplicó el caucho asfalto al diseño de la pavimentación con el objeto de perfeccionar el funcionamiento de la carpeta asfáltica (Delarze, 2008).

En el Perú, la red de vías está conformada por redes viales nacionales (16%), departamentales (15%), vecinales (69%) y solo 13.7% del total de vías está pavimentada representando una limitante de transitabilidad para los usuarios (MTC 2015). Gran parte de nuestras carreteras son pavimentadas con superficie asfáltica que suelen tener fallas de ahuellamiento y fatigas debido a que son sometidas a climas extremos, el exceso de cargas y a esto le sumamos el inadecuado mantenimiento estaríamos hablando de vías vulnerables

a la inhabilitación. En ese sentido, podemos decir que las mezclas convencionales con los que se diseñan las vías ya no son suficientes para enfrentar a todos los inconvenientes antes mencionado, es por ello que se viene adoptando tecnologías que puedan modificar las propiedades de la mezcla bituminosa para mejorar el funcionamiento de la carpeta de rodadura, conservar el medioambiente y reducir costos en mantenimiento.

La avenida Perú, cuadra 49 hasta 51, tramo perteneciente a la provincia constitucional del Callao, se caracteriza por el masivo negocio de lavado de autos y su inadecuada disposición final del agua que emplean para la realización de sus actividades diarias. La inundación de la calzada de la avenida producto del proceso de filtración de agua afecta significativamente a los usuarios; la impermeabilidad al agua que presenta la carpeta asfáltica convencional genera el paso del agua a las subcapas granulares de la estructura del pavimento flexible, en efecto, se visualizarán “baches” que son huecos profundos en la superficie de la vía.

También, la avenida Perú, cuadra 49 hasta la 51, se caracteriza por ser una vía auxiliar de acceso a Aduanas Perú, en efecto, siempre existirá una constante circulación de transporte de carga pesada que generan sobreesfuerzos sobre la carpeta de rodadura y deterioran en corto tiempo el pavimento de la vía: pérdidas económicas, poca fluidez del tránsito y aumento de posibles accidentes.

La avenida Perú, cuadra 49 hasta la 51, representa un tramo de vía de gran importancia para el Callao porque sirve de acceso al principal aeropuerto del Perú, aeropuerto Internacional Jorge Chávez; mercado Santa Rosa, mercado principal de la ciudad satélite del Callao; y la I.E. Ricardo Palma, institución que alberga a miles de estudiantes y futuros profesionales.

En ese sentido, se debería mejorar las propiedades mecánicas de la carpeta de rodadura que se caracterice por su resistencia a la impermeabilidad del agua, sea por inundaciones o precipitaciones y resista las elevadas cargas producidas por el tránsito pesado.

Finalmente, se busca obtener una solución técnica, viable y sostenible que mejore las características mecánicas de la mezcla bituminosa y se reflejen en el confort y seguridad de los habitantes más cercanos de la avenida Perú, cuadra 49 hasta la 51, perteneciente a la provincia constitucional del Callao.

Con todo lo anterior, el problema detectado puede ser solucionado con una carpeta asfáltica modificada con granos de caucho a fin de mejorar el desempeño de esta y reducir los residuos sólidos generados por los neumáticos fuera de uso.

1.2 Trabajos Previos:

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Las investigaciones internacionales se muestran a continuación:

Según Díaz y Castro (2017), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado “**Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá**” sustentado en la Universidad Santo Tomás, cuyo objetivo principal fue revisar el estado de arte sobre la implementación del grano de caucho reciclado en las mezclas bituminosas y se concluyó: a) Sin recurrir a análisis exhaustivos de costos, se puede estimar beneficios económicos, partiendo del hecho del aumento de vida útil de los pavimentos, la sustitución de materiales por materiales reciclables entre otros. Sin embargo, estos ahorros son reflejados a largo plazo y b) Los granos de caucho presentes en las mezclas bituminosas, reducen los ahuellamientos disminuyendo los contenidos de vacíos de aire en las mezclas bituminosas acompañados de un proceso más intensificado de compactación la mezcla.

Pudimos resaltar de la investigación las mejoras a través de la reducción de deformaciones y vacíos en la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho, pero con la necesidad de aumentar de energía en el proceso de compactación de la carpeta asfáltica; también determina la reducción de costo en la producción de mezcla asfáltica debido a la reutilización de caucho.

Según Estrada (2016), desarrollo una investigación para obtener el título de magister, titulado “**Estudio de propiedades físico mecánicas y de durabilidad del hormigón con caucho**” sustentado en la Universidad Politécnica de Catalunya, cuyo objetivo de esta investigación es el de conocer la influencia de la sustitución del árido fino por granos de caucho de neumático en desuso en las propiedades del hormigón, y se concluyó: a) La sustitución de granos de caucho de neumático en desuso por el 5%, 10% y 15% del volumen del agregado fino (arena) en el hormigón, provocan una reducción en sus propiedades mecánicas - físicas, por lo tanto, se concluye que la incorporación de granos de caucho de neumático en desuso en el hormigón debe limitarse a funciones no estructurales como:

(barreras de sonido, anti choque, andenes y demás obras menores y b) Los valores obtenidos en la fase experimental demuestran como el hormigón reduce su densidad al ser incorporado en diferentes porcentajes de granos de caucho de neumático en desuso, grueso y fino, debido a que el caucho es por naturaleza un material liviano, menos denso que la arena sustituida, y también porque actúan reteniendo aire por lo que la reducción en la densidad resulta ser obvia.

De la investigación se apreció una disminución de valores en las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla bituminosa al reemplazar el agregado fino por granos de caucho en proporciones de 5%, 10% y 15% y determinó que no es recomendable el uso de dicha técnica para funciones estructurales; el efecto causado en las propiedades de la mezcla asfáltica es sustentada en la reducción del porcentaje de vacíos y densidad de esta.

Vega (2016), desarrollo una investigación para obtener el título de magister, titulado **“Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico”** sustentado en la Universidad Técnica de Ambato, cuyo objetivo es realizar el análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico, el tipo de investigación fue experimental, cuyas muestras 60 briquetas de asfalto y pudo concluir lo siguiente: a) La incorporación del granos de caucho de llantas en desuso en las mezclas bituminosas, reduce significativamente la contaminación ambiental que éstas originan debido a su largo plazo de degradación o a sus distintos métodos de desecho y eliminación. b) El fabricar pavimentos ecológicos relaciona beneficio- costo, el reutilizar las llantas usadas contribuye significativamente al cuidado medioambiental, puesto que existen millones de éstas que no son destinadas correctamente. Este es el primordial beneficio, aunque para obtenerlo es necesario incrementar ligeramente recursos económicos. c) La mezcla asfáltica tradicional presentó un costo de \$ 105,16, el 1m³ en planta, mientras el costo de la mezcla modificada con caucho fue de \$ 108,79, es decir se incrementó, debido a la incorporación del polvo de caucho, considerándose tal vez como una desventaja por su costo. d) Se comprobó que no es necesario trabajar con granulometrías especiales en las mezclas bituminosas alteradas con granos de caucho de neumático en desuso. e) Al añadir granos de caucho de neumático en desuso a la mezcla

bituminosa, la estabilidad de la mezcla bituminosa disminuye y a la vez el flujo y contenidos de vacíos y ligante aumenta.

Los valores obtenidos con el diseño Marshall en la investigación son afectados considerablemente: el valor de la estabilidad se reduce mientras que el flujo, contenido de vacíos y contenido de bitumen aumentan, siendo de esta manera una alternativa deseada para la mejora de las propiedades de una carpeta asfáltica, tampoco se considera trabajar con una granulometría específica para los granos de caucho y finalmente resalta la los costos adicionales que genera aplicar esta nueva forma de producir mezcla asfáltica.

Mejía (2015), desarrollo una investigación para obtener el título de magister, titulado **“Influencia del polvo de neumático en la tensión indirecta y energía de fractura de las mezclas asfálticas tibias”** sustentado en la Universidad Autónoma de México, cuyo objetivo es determinar la factibilidad de fabricar una mezcla asfáltica tibia con la adición de polvo de neumático para un tránsito medio, el tipo de investigación fue correlacional – exploratorio, cuyas muestras se diseñaron seis mezclas de mezcla asfálticas con adición de polvo de neumático y se concluyó: a) El proceso de modificación por vía seca realizado con el asfalto tibio, no hubieron resultados que se esperaban porque el tiempo de digestión establecido para la expansión del polvo de neumático no fue suficiente, provocando que el caucho prolongara su expansión hasta la etapa de compactación e incrementara los vacíos en las probetas. b) Incorporar mayores porcentajes de polvo de neumático para la modificación provoca valores menores de la densidad absoluta de la mezcla. Esto genera el incremento de los volúmenes de aire en la mezcla. c) Una mezcla bituminosa con mayor porcentaje de volumen de aire presenta menor capacidad para disipar cargas de tránsito elevado, además de que será susceptible al daño inducido por humedad, generará mayor fisuración y estará expuesta a mayor envejecimiento. d) Al minimizar la expansión de la mezcla, se podría analizar el diseño para niveles más altos de tránsito, evaluando el diseño con las pruebas de modulo dinámico y fatiga; lo que permitiría analizar distintas temperaturas y obtener un panorama más amplio del comportamiento del asfalto tibio con la adición del polvo de neumático.

Para el autor de la investigación, incorporar granos de caucho por vía seca incrementa tiempo adicionales para su compactación y de no considerarlo generan mayores vacíos en la mezcla, es necesario se realice la digestión entre el bitumen y el caucho, en ese sentido, la incorporar

el caucho por vía seca no es recomendable. También, el incremento de vacíos en la mezcla reduce la capacidad de carga de la carpeta asfáltica e incrementa fallas más comunes como: por fatiga y fisuras.

Trujillo (2015), desarrollo una investigación para obtener el título de magister, titulado **“Evaluación de la energía de fractura en mezclas asfálticas con caucho”** sustentado en la Universidad Autónoma de México, cuyo objetivo fue diseñar una mezcla asfáltica modificada con la adición de polvo de neumático, que se ofrezca una mayor resistencia a la fisuración comparada con una mezcla convencional, para un nivel de tránsito medio, de acuerdo con la metodología Mexicana del Asfalto y pudo concluir que: a) Es importante resaltar que la metodología AMAAC se debe ejecutar de manera correcta, ya que ha demostrado tener significativos avances en la elección del ligante bituminoso y el agregado pétreo, pues en todo momento analiza la interacción de los mismos, con los distintos ensayos que propone de acuerdo con el nivel de diseño; b) El análisis de la susceptibilidad a la humedad y deformación permanente no se evaluaron en las mezclas fabricadas con asfaltos modificados, debido a que son alcances de otro tema de investigación; c) El uso del asfalto ahulado que fue modificado vía húmeda, requiere que la temperatura de mezclado sea 170 °C, debido a su grado de viscosidad, a temperaturas menores, el asfalto no presenta la fluidez necesaria, lo que impide que cubra por completo el agregado pétreo, dificultando el proceso de mezclado y compactación. Otra dificultad que presenta el asfalto ahulado es que después de la compactación de la mezcla, el espécimen se debe de feriar por completo antes de ser desmoldado, de lo contrario la probeta se disgrega, por el hinchamiento que presenta el caucho, debido a que dentro del procedimiento de mezclado con el caucho ahulado, no se presenta el proceso de digestión y d) Es importante mencionar que al realizar una comparativa de la mezcla modificada con 10% de caucho por vía seca y húmeda, se observa que presentan comportamientos completamente distintos; por vía seca, la mezcla presenta un comportamiento frágil, al contrario de la vía húmeda que presenta un comportamiento plástico, disipando mejor la energía.

La investigación estableció que incorporar caucho por vía húmeda se requiere una temperatura de incorporación de 170 °C, ya que, a temperaturas menores no se llega a digerir el caucho asfalto y presentará inconvenientes en el mezclado y compactación de la mezcla; se realizó una comparación dos mezclas asfálticas al incorporarle caucho una por vía húmeda

y otra por vía seca (ambas con 10% de caucho), reflejándose mejoras en la vía seca y desventajas en la vía seca.

El instituto de desarrollo urbano de la alcaldía Mayor de Bogotá D.C (2002), solicitó una investigación a la Universidad de los Andes titulado **“Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas”**, cuyo objetivo principal fue mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho por vía húmeda y concluyendo lo siguiente: a) El grano de caucho reciclado (GCR) obtenido de llantas usadas puede ser utilizado confiablemente para mejorar las propiedades mecánicas de la mezclas asfálticas usándolo como agregado (proceso seco) o como modificador del ligante (proceso húmedo), b) El GCR utilizado tanto por el proceso húmedo como por el proceso seco mejora la resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas, sin embargo hace que los módulos disminuyan y la deformación plástica aumente en relación a la mezcla convencional, pero permaneciendo los valores obtenidos dentro de los admisibles especificados para este tipo de material y c) Entre menor sea el tamaño del GCR que se utilice para mejorar las mezclas asfálticas o modificar el ligante serán mejores los resultados obtenidos.

La investigación determina que definitivamente incorporar caucho ya sea por vía húmeda o seca mejoran las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, a pesar de reducir los módulos de estos y también establece que a menor tamaño de granos de caucho mejor serán los resultados requeridos.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Las investigaciones nacionales, se muestran algunas tesis relevantes como:

Alvarez y Carrera (2017), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado **“Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica”**, sustentado en la Universidad Privada Antenor Orrego, cuyo objetivo principal fue determinar la influencia de la incorporación del triturado de los residuos de llantas, sobre las propiedades físicas de mezclas asfálticas, mediante la metodología Marshall, para establecer su uso en el diseño y la construcción de pavimentos flexibles; el tipo de investigación fue experimental y se concluyó: a) Fue

establecido un procedimiento de diseño con el uso de un 5% de asfalto 20% de agregado pasa 3/4", 35% triturado para 1/2", 20% de arena lavada zarandeada, otro 20% en arena triturada y un 1.5% de GCR, al cumplir con los valores de estabilidad y flujo establecidos por la norma MTC; b) Se identificó que solo las muestras (briquetas) con el 1.5% y 2% de caucho reciclado cumplieron con los valores de 900kg de estabilidad; c) El valor de la resistencia da la compresión de las muestras (briquetas) disminuyen con respecto al incrementarse el porcentaje de GCR; d) Solo los flujos de las muestras con % de GCR de 1.5% y de 2% fueron aceptadas al cumplir con los parámetros del MTC y e) Se observó que el valor de las densidades bulk obtenidas de las muestras (briquetas), fueron disminuyendo a medida que se incrementaba los porcentajes de grano de caucho reciclado.

De la investigación se estableció que el porcentaje de 1.5% y 2% caucho incorporada como agregado de la mezcla asfáltica mejora tanto el flujo como la estabilidad; Con lo que respecta a la resistencia a la compresión, se evidencia una disminución de la dicha resistencia al incrementar el porcentaje de caucho granulado y también la propiedad física de densidad bulk es inversamente proporcional al porcentaje de caucho incorporado.

Carrizales (2015), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado **“Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles”**, sustentado en la Universidad Nacional del Altiplano, cuyo objetivo principal fue el análisis de la mezcla bituminosa modificada con granos de caucho reciclado para su aplicación en pavimentos flexibles. Establecer una comparación técnica, económica y ecológica de la conservación vial de un tramo de la carretera mediante la tecnología del reciclado in-situ empleando asfalto, compara con la hipotética rehabilitación del mismo tramo mediante métodos convencionales, el tipo de investigación fue correlacional – exploratorio, cuyas muestras especímenes preparados para los ensayos de laboratorio y se concluyó: a) La mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado de llanta no presenta mejoras en el comportamiento físico - mecánicas en ninguno de los distintos diseños realizados con caucho reciclado de llanta que se hizo en el laboratorio, ya que los valores obtenidos por el ensayo Marshall están por debajo de la mezcla asfáltica convencional y las especificaciones normativas a la cual nos regimos y b) En la mezcla de los agregados, usando el caucho reciclado de llanta como un agregado más en dicha mezcla, nos cumple con los

rangos establecidos por el MTC, sin embargo al momento de los resultados del ensayo Marshall, los valores están por debajo de los parámetros establecidos.

El autor enfatiza las propiedades de las mezclas asfálticas con asfalto caucho afirmando que no existe ninguna mejora las propiedades de la carpeta asfáltica al incorporar caucho como material aportante, también al ser agregado las fibras de caucho como un agregado pétreo la mezcla bituminosa no cumple con los límites establecidos por el MTC, por último, asevera que el caucho asfalto no resuelve el problema de las fallas superficiales en pavimentos sometidos a climas extremos.

Pereda Y Cuba (2015), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado **“Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y de comparación técnico – económico con los asfaltos convencionales”**, sustentado en la Universidad Privada Antenor Orrego, cuyo objetivo principal fue indicar con ayuda de ensayos de laboratorio alterar el cemento asfálticos con el uso de granos de caucho reciclado tiene un mejor funcionamiento mecánico-físico y posee reducciones económicas frente a los asfaltos convencionales, el tipo de investigación fue correlacional – exploratorio y concluyen: a) Queda demostrado mediante los ensayos realizados que la adición del polvo de llantas mejora el comportamiento físico-mecánico del asfalto convencional RC-70, usado en esta tesis, b) La adición de polvo de llantas mejora la resistencia a la deformación plástica de una mezcla asfáltica. Esto se observa en el comportamiento del RC - 70 en la recuperación elástica por torsión, siendo el asfalto modificado 37 % más recuperable que el convencional. c) La disminución de la susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica modificada se refleja en las propiedades físico-mecánicas del RC - 70, específicamente el punto de ablandamiento aumenta hasta 19°C más y la penetración a 25° C disminuye en 19 mm menos.

La investigación determina que en relación con las mejoras de propiedades mecánicas y físicas del asfalto mejora con incorporación de caucho con 20% y el 1.5% de azufre: torsión a un 37% más recuperable, la penetración del bitumen a 25°C reduce en 19mm y acrecienta el ablandamiento; también existe un ahorro de dinero en cuanto a mantenimiento de vía se refiere, pues emplear este material modificado aporta en la durabilidad de la carpeta asfáltica.

Según Fajardo y Vergaray (2014), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado “**Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas**”, sustentado en la Universidad San Martín de Porres, cuyo objetivo principal fue establecer la metodología para analizar y perfeccionar el comportamiento mecánico de las mezclas bituminosas, a las cuales se les está incorporando el polvo de neumático reciclado, como material granular fino mediante el proceso seco, el tipo de investigación fue correlacional – exploratorio y se concluyó: a) El material reciclado de granos de caucho puede aplicarse confiablemente para mejoras en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas usándolo como un agregado. El uso de este reciclado traerá mejoras ambientales, ya que el material reciclado se valoriza y ayudaría a solucionar el problema de la mala disposición final de ellos, reduciendo así la contaminación del medio ambiente, b) Existen progresos técnicos, sociales, ambientales y económicas, si se piensa utilizar los granos de caucho de neumáticos en desuso con fines de beneficio, y c) La relación costo-mantenimiento es beneficiosa al utilizar mezclas con polvo de neumático, ya que en un plazo de 10 años, los costos se reducen en 16% aproximadamente respecto al pavimento de carpeta asfáltica convencional.

La investigación establece que los granos de caucho pueden reutilizarse en las mezclas asfálticas como parte de agregado de esta para mejorar el desempeño de la carpeta asfáltica y a la vez el uso de este material reduce costos de mantenimiento y la contaminación ambiental.

1.3 Teorías relacionadas al tema:

1.3.1. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica:

La mezcla asfáltica es de tipo heterogénea y está compuesto por agregados, asfalto, aire, aditivos (si lo requiere) etc., debe formarse una masa con buena trabajabilidad para el proceso de mezcla y compactación; los materiales como agregado y asfalto deben ser calentados a temperatura para un mezclado apropiado (Montejo, 2006, p. 91).

Las mezclas asfálticas están compuestas por materiales parecido al de una mezcla de concreto hidráulico, para su elaboración se requiere principalmente de agregados pétreos, cemento asfáltico, aire y aditivos (si lo requiere (MTC, 2013, p. 573).

Cabe resaltar que el principal material que aporta resistencia en una mezcla bituminosa es el granular, estos a su vez tienen tipos de gradación y según el tipo de gradación podemos clasificar el tipo de mezclas asfálticas en caliente como: mezclas de gradación densas, mezclas de gradación abiertas y mezclas de gradación incompleta (Minaya y Ordoñez, 2006, p. 163).

También tenemos que: “Las mezclas bituminosas convencionales poseen condiciones mecánicas de resistencia a la deformación permanente y las fisuras en especial cuando se tratan de esfuerzos mayores como un tráfico canalizado, climas extremos y elevadas cargas por eje” (Menéndez, 2006, p. 85).

La mezcla asfáltica sin modificación presenta ciertas condiciones en cuanto a resistencia de deformación y fisuramiento que a largo plazo se refleja en la durabilidad; esto debido a dos factores principalmente como el tráfico y el clima extremos; sin embargo, con ayuda de la incorporación de otros materiales dentro de la mezcla convencional mejoran el desempeño de esta.

Las mezclas asfálticas convencionales pueden ser modificadas a través de dos vías: la vía húmeda y vía seca; las dos vías tienen el objetivo de modificar propiedades de la mezcla asfáltica para mejorar el desempeño durante su vida útil, en ese sentido podríamos decir que las mezclas asfálticas modificadas son posibles soluciones necesarias que se requieren aplicar ante las limitaciones de las convencionales (Rondón y Reyes, 2015, p. 69).

1.3.1.1 Deformación:

Las mezclas asfálticas suelen tener deformaciones ocasionadas por muchos factores posterior a su puesta en servicio, tráfico y clima principalmente; los parámetros característicos para determinar la deformación son llamados estabilidad y flujo Marshall (MTC, 2016, p. 520)

La deformación en una mezcla asfáltica es referida a una deformación plástica que se presentan en pavimentos flexibles, en caliente, producto de las cargas repetidas producidas por el tránsito. La deformación se puede producir como un flujo, muy cercana a las huellas, o consolidación, reacomodo de materiales pétreos posteriores al inicio de puesta en servicio (Menéndez, 2006, p. 108).

1.3.1.2 Resistencia a inmersión-compresión:

Esta es una propiedad que se puede determinar mediante un ensayo, mientras más resistencia a la compresión tenga el concreto asfáltico sus propiedades mejoran; tal y como se dijo con anterioridad: la resistencia es el valor del cociente entre el valor de la carga puntual sobre el área transversal de la probeta, en el instante que falla o se produce la rotura (Abanto, 2007, p. 50).

Una manera de evaluar la resistencia a la compresión de concreto asfáltico es mediante el ensayo a la compresión, el ensayo se basa en someter unas probetas a cargas axiales, obtener el valor de la fuerza a la cual falla y dividir dicho valor entre el área transversal de la probeta (MTC, 2016, p. 789).

1.3.1.2 Resistencia a tracción indirecta:

Se determina mediante un ensayo que aplica una fuerza constante a compresión diametral a una probeta cilíndrica, la misma que se usa en el ensayo Marshall, que alcanza una rotura (Garrote, 2014, p.6)

Principales materiales en mezclas asfálticas

1.3.1.1. Asfalto

El asfalto es el producto que pasa por más de una destilación un proceso natural o artificial, se origina del petróleo; el asfalto se usa como material ligante de los materiales pétreos y tiene como objetivo formar una masa homogénea que pueda ser trabajable, que resista condiciones de carga, sea impermeable y tenga una duración adecuada, según se requiera (Rondón y Reyes, 2015, p. 33).

Una de las propiedades del cemento asfáltico es su comportamiento frente la diversidad de temperatura y frecuencia de carga de trabajo a la cual es sometido; teniendo en cuenta que el Perú tiene microclimas es importante conocer el comportamiento viscoelástico del asfalto en mezclas asfálticas (Menéndez, 2006, p. 85).

Modificar asfalto, por vía humedad, con ayuda de otros materiales como es el caso de polímeros traen buenos resultados que mejoran las características del ligante; estas mejoras se reflejan en elasticidad y adherencia en comparación con una mezcla convencional (Montejo, 2006, p. 301).

Ensayos de asfalto.

EL cemento asfáltico o asfalto deberá cumplir ciertos requisitos para ello se realizará unos ensayos que nos ayude a llevar un control del proceso productivo; a continuación, mencionaremos algunos de ellos:

Ensayo de penetración.

Este ensayo se basa determinar la profundidad de penetración que se logra obtener luego de introducir una aguja por 5 segundos, aproximadamente, al cemento asfáltico; entre más difícil de penetrar el asfalto tendrá un menos valor de penetración y entre más suave obtendrá un mayor valor de penetración (Menéndez, 2012, p. 98).

La presente investigación se usará un asfalto de PEN 60-70 por el lugar de aplicación y considerará los límites que se definen para los asfaltos, según MTC (EG-2013)

Tabla 1. Especificación técnica del cemento asfáltico por penetración

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

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (EG-2013).

Ensayo de viscosidad.

Dicho ensayo tiene como objetivo establecer el valor de la fluidez en la que se encuentra el asfalto, este ensayo se realizará en un rango de temperaturas que estarán dentro del proceso

de su estudio; pueden ser medido a través de la viscosidad cinemática o la de Saybolt (Montejo, 2006, p. 273).

El presente trabajo se basará en los límites que se definen para los asfaltos modificados, según MTC (EG-2013)

Tabla 2. Especificación técnica del cemento asfáltico por viscosidad

Características	Normas	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3	
		min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el producto original							
Penetración, 25°C. 100g. 5s, dmm	MTC E-304	25	-	25	-	25	-
Penetración, 4°C. 200g. 60s, dmm	MTC E-304	10	-	15	-	25	-
Viscosidad Rotacional Brookfield a 175 °C , Cp (*)	ASTM D 2196	1500	-	1500	-	1500	-
Punto de inflamación. COC. °C	MTC E 303	232	-	232	-	232	-
Punto de ablandamiento (anillo y bola) ; °C	MTC E 307	47	-	47	-	55	-
Recuperación elástica, 25°C; %	ASTM D 6084	40	-	60	-	60	-
Resiliencia , 25°C %	ASTM D 5329	25	-	20	-	10	-
Pruebas en el residuo de película fina y rotatoria (**)							
Penetración retenida, % de original. 4°C. 200g. 60s; dmm	MTC E-304	75	-	75	-	75	-

(*) Para modelos de LV, usar velocidad de 3 at 12 rpm.

(*) Para modelos y series de RV y HA, usar velocidad de 3 at 20 rpm.

(**) Para casos de controversial usar el residuo de película fina rotativa RTFOT (método ASTM D 2872).

Fuente: ASTM D 6114

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (EG-2013).

Agregados pétreos

Al respecto, Rondón y Reyes, en pavimentos es representada por un conjunto de partículas compuestas por gravas (64-0.0075 mm), arenas (2-0.075 mm), finos y/o filler (menores a 0.075 mm y con carencia de plasticidad); los agregados pétreos forman parte principal de la estructura del pavimento flexible que se encargan de soportar la carga impuestas por el tránsito y transmitir las a capas inferiores, es por ello, que son exigidos en durabilidad, textura y sus resistencia mecánica; por el porcentaje que aportan a la mezcla asfáltica es de 88%-96% y 75% en masa y volumen respectivamente (2015, p. 71)

Tabla 3. Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
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.

* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (EG-2013).

Tabla 4. Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
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.º 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.º 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.

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (EG-2013).

Diseño de mezcla asfáltica – Diseño Marshall:

Para la producción de mezcla asfáltica existen ciertas condiciones que se deberán ser consideradas: Las propiedades de la mezcla asfáltica se basa en su diseño de mezcla y el diseño de mezcla en las proporciones volumétricas de los materiales que la componen; cada material es sometido a ensayos que permitan determinar la calidad de estos y conocer las propiedades que cada material aportará a la mezcla asfáltica (Menéndez, 2006, p. 116).

El método de diseño de mezclas asfálticas más utilizado en el Perú es el método Marshall, dicho método calcula las proporciones de cada material y evalúa las resistencia bajo cargas en el que relaciona la estabilidad y el flujo, la finalidad de este método es encontrar el adecuado contenido óptimo de cemento asfáltico en el que la mezcla asfáltica tenga un mejor desempeño (Rondon y Reyes, 2015, p. 91).

El diseño de una mezcla asfáltica que opta por el método Marshall tendrá como finalidad obtener el porcentaje óptimo de asfalto en base dos factores principales; estabilidad y flujo Marshall, también el porcentaje de vacíos y el de agregados que participan en la mezcla asfáltica; con todo lo anterior se puede determinar el asfalto necesario que debe optar para la producción de mezcla asfáltica (Universidad de los Andes, 2002, p. 73).

Tabla 5. Requisitos para la mezcla de concreto bituminoso

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		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (EG-2013).

1.3.2. Incorporación de caucho por vía húmeda:

El caucho es uno de los materiales que pertenece a la familia del elastómero; los elastómeros son polímeros lineales disformes insaturados que necesariamente pasan por un proceso de vulcanización para obtener una estructura, en forma de red, para que se le otorgue sus características elásticas (Montejo, 2006, p. 306).

Los neumáticos fuera de uso en forma de granos muy pequeños que se pueden obtener de una pulverización de los neumáticos que ya no se usan, también es verificado que el agente modificador cuando se une a los ligantes y mezclas bituminosas existe una mejora en las propiedades de la mezcla asfáltica (Tejela, 2015, p. 1)

Hacer uso de modificadores con granos de caucho en las mezclas bituminosas es el de aumentar la rigidez de dicha mezcla bituminosa sometida a elevadas temperaturas, que aumente su elasticidad y una reducción en las grietas que se forman por fatigas a temperaturas medias de serviciabilidad y mantener su rigidez a temperaturas bajas para oponer resistencia a grietas de origen térmico (Minaya y Ordoñez, 2006, p. 65).

Incorporar caucho por vía húmeda es uno de los procesos más usados y se requiere de mucha energía para su uso porque puede llegar hasta un 210 °C para su aplicación, a su vez se hará uso de un mecanismo de agitar a 2000 r.p.m. durante un tiempo aproximado de 240 min, de esa manera se basa este proceso que tiene como objetivo crear una reacción entre el caucho y asfalto (Campaña, et al., 2015 p. 199).

En los Estados Unidos el uso de granos de caucho reciclado nos algo novedoso, pues se dice que a comenzó de los setenta en uno del departamento de transporte más importante de ese país empezó con esas investigaciones. El polvo de neumático en concreto asfáltico no solo representa un beneficio en sus propiedades de la mezcla, sino un beneficio ambiental porque representa una reutilización de un material que prácticamente se había desechado al finalizar su vida de uso. Existe dos técnicas investigadas para agregar los granos de caucho en el ligante de la mezcla bituminosas, una es por vía húmeda y la otra por vía seca (Campaña, et al, 2015, p. 1).

1.3.2.1. Granos de caucho:

Las partículas pueden tener un tamaño de 3mm, sin embargo, se recomienda que los tamaños sean menores a 0.8m, es decir, pasen por el tamiz N°20 para no existan inconvenientes en la reacción entre el asfalto y caucho; es indispensable realizar un análisis granulométrico porque comúnmente los tamaños son muy variados (Rodríguez, 2006, p. 14).

Tabla 6. Granulometría de los granos de caucho reciclado

Tamiz		Porcentaje que pasa (%)
N°	(mm)	
N°10	2	100
N°20	0.85	65-100
N°30	0.6.	50-90
N°50	0.3	0-45
N°200	0.08	0-5

Nota: Los granos de caucho deberán estar libres de material orgánico al 100%, en el mejor de los casos

Fuente: Instituto de Vías en Colombia 2013.

El peso específico debe encontrarse en el rango 1.15 ± 0.05 (kg/m³), según lo detalla la la Revista Politécnica en el 2015.

En la siguiente tabla podemos resumir algunas propiedades adicionales del polvo de neumático, elaborado por el Instituto nacional de vías en el 2012.

Tabla 7. Característica de los granos de caucho reciclado

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Humedad	Máximo 0.75% de la masa total de la mezcla El GCR debe fluir libremente
Gravedad específica	1.15 ± 0.5
Contenido de metales no ferrosos	No debe haber presencia visible
Contenido de metales ferrosos, en masa	Máximo 0.01%
Contenido de fibra en masa, en masa: Para mezclas en caliente Para riegos	Máximo de 0.5% Máximo de 0.1%
Contenido de polvo mineral (como talco): se suele usar para prevenir que los granos se peguen	Máximo 4.0%
Contenido total de elementos extraños, en masa; incluye: Vidrio Arena Madera, etc.	Máximo de 0.25%

Fuente: Instituto de Vías en Colombia 2012.

1.3.2.2 Temperatura de producción:

Se requiere una mayor temperatura de mezclado para el asfalto caucho, pues la incorporación de caucho (polímero), en gran cantidad, se produce un cambio en las propiedades físicas del asfalto, haciendo que el asfalto modificado se acerque más a las propiedades del caucho.

1.3.2.3. Dosificación:

Para la presente investigación se tomó en cuenta la dosificación de granos de caucho en 20%, 15% y 5% mencionados en la investigación realizada por el instituto de la alcaldía de Bogotá.

Métodos de triturar caucho:

Existen más de un método, pero en esta ocasión describiremos lo más relevantes o los que estarán al alcance de poder usarlas.

Trituración mecánica:

Es un proceso de reducción de caucho a partículas más pequeñas sin necesidad de variar la temperatura del material, se dice que es proceso no genera gases nocivos al medio ambiente, las partículas obtenidas pueden ser tan pequeñas que pueden pasar el por el tamiz N° 30 (equivalentes a 0.6 mm) en referencia al ensayo de granulometría por tamizado; generalmente cuenta con separador y clasificador interno que ayuden obtener un material en buenas condiciones libres de residuos sin utilidad (Rondón y Reyes, 2013, p. 133).

Trituración criogénica:

Este proceso diferente al anterior porque se requiere mayor energía y se emite gases que afectan el medio ambiente, se basa en el uso de nitrógenos en estado líquido para solidificar y poder quebrantar las llantas recicladas y posteriormente reducirlas a tamaños más pequeños (Rodríguez, 2016, p. 3).

Técnicas de incorporación del caucho al asfalto:

Las técnicas de incorporar el material reciclado de caucho en las mezclas asfálticas son por vía húmeda y seca. Para ambas vías, húmeda y seca, el objetivo es el mismo porque ambas harán reaccionar el polvo de neumático y el asfalto; para se requiere elevar la temperatura de ambas partes por un tiempo suficiente hasta que se realice la reacción; estas condiciones

de elevar la temperatura dependerán de la vía que se use o las condiciones de ambiente en las que se encuentre los materiales (Rodríguez, 2016, p. 4).

1.2. Formulación del problema:

1.4.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?

1.4.2. Problemas específicos:

¿Cuál es la deformación de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?

¿Qué resistencia a la compresión – inmersión tiene la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?

¿Cuánto es la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?

1.5. Justificación del estudio

En las próximas líneas se argumentará técnica, social, ambiental y económicamente que la incorporación de granos de caucho reciclado al asfalto beneficiará significativamente a las carpetas asfálticas en comparación a una convencional.

1.5.1. Justificación técnica:

Ante los deterioros prematuros que sufren las carpetas asfálticas convencionales como consecuencia de susceptibilidad térmica y mayor número de cargas por eje, la presente investigación pretende aplicar una técnica que permita modificar las propiedades mecánicas del asfalto a través de la incorporación del asfalto caucho por vía húmeda y mejorar el desempeño de la mezcla asfáltica; principalmente propiedades como: viscosidad (asfalto) y, estabilidad y flujo (mezcla asfáltica).

1.5.4. Justificación Metodológica:

La presente investigación busca generar nuevos conocimientos confiables a través de una metodología estricta que pueda orientar a estudiantes con investigaciones afines; el método

empleado fue la observación, identificar el problema, plantear hipótesis, experimentación (ensayos de laboratorio) y nuevos conocimientos (conclusiones)

1.5.2. Justificación social:

La avenida Tomas Valle es una de las dos únicas vías acceso al aeropuerto Internacional Jorge Chávez, único en la capital, al hospital Negreiros y a más de un colegio; en ese sentido, realizar constantes mantenimientos o cierres temporales por rehabilitaciones de la carpeta de rodadura perjudica a gran parte de la población chalaca, limeña y empresarios (nacionales e internacionales); es por ello que la investigación pretende aplicar la técnica asfalto caucho para prolongar la vida de la carpeta asfáltica de la avenida Tomas Valle con el fin de mantener transitable dicha vía en beneficio a los usuarios (peatones y conductores).

1.5.3. Justificación Ambiental:

La técnica que se detalla en la investigación también aporta significativamente al medio ambiente; el material que se incorpora al asfalto es caucho reciclable que se obtiene producto de las llantas del desuso en vehículos. Normalmente las llantas en desuso son consideradas residuos sólidos y acaban tirados en un botadero sin uso alguno o son quemados que empeora aún más la situación, pues generan gases de efectos invernadero (GEI) que impactan negativamente al medio ambiente; el usar granos de caucho reduciendo la producción de dichos GEI impulsando un desarrollo sostenible.

1.5.4. Justificación Económico:

Incorporar asfalto caucho a las mezclas asfálticas a largo plazo genera un ahorro de dinero, en comparación a las mezclas convencionales, porque se obtendrá una carpeta asfáltica modificada más durable; con ello permitiría mantener una vía transitable por más tiempo, evitando cierres temporales y costos de mantenimiento.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica mejorará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

1.6.2. Hipótesis específicas:

La deformación de la mezcla asfáltica disminuirá con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

La resistencia a la compresión - inmersión incrementará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

La resistencia a la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica acrecentará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Analizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

1.7.2. Objetivos específicos:

Precisar la deformación de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018.

Cuantificar la resistencia a la compresión – inmersión de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Calcular la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

II. Metodología

Diseño de investigación

2.1.1. Método: Científico

La presente investigación empleará el método científico porque seguirá un conjunto de pasos con la intención de encontrar nuevos conocimientos a través de la ejecución de técnicas (Bunge, 2000, p. 7).

La investigación se recolectarán datos de los ensayos que se realizarán a las briquetas de concreto asfáltico, cuantificar el comportamiento mecánico y comprobar hipótesis con el fin de obtener nuevos conocimientos.

2.1.2. Enfoque: Cuantitativo

Sigue un proceso riguroso y secuencial que consiste en recolectar datos para la posterior comprobación de hipótesis, todo ello en base a valores numéricos que puedan ayudar al análisis estadístico correspondiente, determinar modelos y finalmente comprobar teorías (Fernández, Hernández y Baptista, 2014, p. 130).

Esta investigación tiene enfoque cuantitativo porque se recolectarán datos de los ensayos que se realizarán a las briquetas de concreto asfáltico, se cuantificarán los resultados en base a teorías, probar hipótesis planteadas.

2.1.2. Tipo: Aplicada

La definición de investigación aplicada, porque tiene como finalidad hacer uso de conocimientos teóricos y ponerlos en práctica en beneficio del lugar de estudio y en general a la sociedad, en este caso consecuente de ello nacen conocimientos que aportan a la ciencia (Vargas, 2009, p. 159).

En base a las teorías y los ensayos de laboratorio descritos en el capítulo anterior en la presente investigación se aplicó dichas teorías a través de ensayos a los especímenes con el fin mejorar el comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica, en particular a la cuadra 49 – 51, de la avenida Perú, Callao, que se encuentra en condiciones bajas de transitabilidad vehicular.

2.1.3. Nivel: Explicativo

El nivel o alcance explicativo contiene de las otras tres: exploratorios, descriptivo y correlacionales, sin embargo, este alcance que tiene este nivel es de mayor profundidad y es

indispensable hacer uso de la información teóricas y empíricas para responder las causas de fenómenos que motivaron a investigar (Monje, 2011, p. 96).

El nivel de investigación que se realizó interpretando los efectos causados por la modificación de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho, para ello se realizó ensayos experimentales, interpretó como sustento de resultados y finalmente realizó una explicación de estos.

2.1.2. Diseño: Experimental

Para Valderrama: Un diseño experimental se fundamenta en manipular deliberadamente una o más variables independientes con el objetivo de causar efectos en las variables dependientes buscando formar un vínculo de causa – efecto (2002, p.176)

El diseño del presente estudio buscó vincular el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica con la incorporación del caucho por vía húmeda, para ello es indispensable manipular la incorporación de caucho (V2) sobre la mezcla asfáltica (V1) y encontrar la relación causal de la misma.

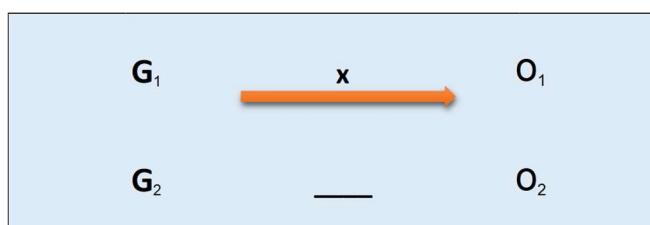


Figura 1: Esquema de variable independiente (incorporación de caucho) y dependiente (comportamiento mecánico)

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1 Variables:

V1: Incorporación de caucho por vía húmeda:

Incorporar caucho por vía húmeda es uno de los procesos más usados y se requiere de mucha energía para su uso porque puede llegar hasta un 210 °C para su aplicación, a su vez se hará uso de un mecanismo de agitar a 2000 r.p.m. durante un tiempo aproximado de 240 min, de esa manera se basa este proceso que tiene como objetivo crear una reacción entre el caucho y asfalto (Campaña, et al., p. 199).

V2: Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica:

Las mezclas asfálticas bituminosas convencionales poseen condiciones mecánicas de resistencia a la deformación permanente y fisuras en especial si se tratan de esfuerzos mayores como un tráfico canalizado, climas extremos y elevadas cargas por eje (Menéndez, 2006, p. 85)

2.2.1 Operacionalización:

Aquel proceso de una investigación que detalla de qué manera las variables podrá ser cuantificadas con el fin de responder a las hipótesis generales y específicas planteadas (Borja, 2012, p. 24).

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población es un conjunto de elementos del cual se desea estudiar para una investigación; está compuesto por otros subconjuntos que guardan en común ciertas propiedades o características (López, 2002, p. 69).

En la presente investigación tuvo como población las infinitas briquetas de concreto asfáltica del laboratorio de ENSAYOS ESPECIALES DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, ubicado en el cercado de Lima.



Figura 2: Fachada del laboratorio de Estudios Especiales del MTC.

Muestreo:

Procedimiento necesario para obtener un subconjunto de la población que represente al mismo. El muestreo no probabilístico es tipo intencional y se realiza bajo criterio e interés de estudio del propio investigador (Valderrama, 2002, p.185).

Para la obtención de muestra se obtuvo mediante un muestreo del tipo no probabilístico, el criterio se justifica con el interés principal de la investigación: cuantificar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de asfalto, tanto con la incorporación del caucho y con ausencia de este, todo ello según norma del MTC.

2.3.2. Muestra

La muestra es un subconjunto de una población que representa a dicha población, para ello se necesita aplicar algún método que nos facilite un muestreo confiable (Walpole y Myers, p. 2).

Para la investigación se realizó una muestra estratificada debido a que cada dimensión se sometió a tres ensayos que detallaremos a continuación:

a) Deformación:

Un total de 80 muestras de mezclas asfálticas: 60 compactadas y 20 sin compactar (rice).

Tabla 8. *Detallado de muestras ensayadas para la deformación*

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	SIN COMPACTAR	COMPACTADAS	SUB TOTAL
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO CONVENCIONAL	5	15	20
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO-CAUCHO (20%)	5	15	20
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO-CAUCHO (10%)	5	15	20
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO-CAUCHO (5%)	5	15	20
	20	60	80

Fuente: elaboración propia.

Dimensiones de las briquetas (mezclas compactadas): Ø 4" (101.6 mm) x 2 1/2" (63.5 mm) de altura, según MTC E 504.

b) Resistencia a la inmersión – compresión:

Un total de 12 muestras de mezclas asfálticas compactadas: 6 totalmente secas y 6 inducidas a la humedad.

Tabla 9. Detallado de muestras ensayadas para la resistencia a la inmersión-compresión

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	SECA	HÚMEDA	SUB TOTAL
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO CONVENCIONAL	3	3	6
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO-CAUCHO (5%)	3	3	6
	6	6	12

Fuente: elaboración propia.

Dimensiones de las briquetas (mezclas compactadas): Ø 4" (63.5 mm) x 4" (101.6) de altura, según MTC E 513.

b) Resistencia al daño inducido por humedad:

Un total de 32 muestras de mezclas asfálticas compactadas: 16 con asfalto convencional y 16 con asfalto-caucho (5%), con diferentes números de golpes como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 10. Detallado de muestras ensayadas para la resistencia a la inducción por humedad

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	ASFALTO CONVENCIONAL	ASFALTO-CAUCHO (5%)	SUB TOTAL
MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPCTADAS CON 10 GOLPES	2	2	4
MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPCTADAS CON 20 GOLPES	2	2	4
MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPCTADAS CON 30 GOLPES	2	2	4
MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPCTADAS CON 40 GOLPES	2	2	4
MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPCTADAS CON 50 GOLPES	2	2	4
MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPCTADAS CON 36 GOLPES	0	6	6
MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPCTADAS CON 46 GOLPES	6	0	6
	16	16	32

Fuente: elaboración propia.

Dimensiones de las briquetas (mezclas compactadas): Ø 4" (101.6 mm) x 2 1/2" (63.5 mm) de altura, según MTC E 504.

La presente tabla es el resumen total de las muestras estratificadas y la sumatoria total de briquetas ensayas.

Tabla 11. Resumen total de muestras ensayadas por dimensión.

DIMENSIÓN	Muestras
Deformación	80
Resistencia a la inmersión - compresión	12
Resistencia al daño inducido por humedad	32
TOTAL	124

Fuente: elaboración propia.



Figura 3: Briquetas de mezcla asfáltica en caliente

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas:

Para la presente investigación usó técnica de recolección de datos mediante la observación, los ensayos serán elaborados en el laboratorio del MTC; los resultados obtenidos producto de los ensayos serán anotados en su respectiva ficha recolectora de datos para su posterior análisis.

Instrumento:

El instrumento es una herramienta fundamental en la investigación científica que permite cuantificar las variables estudiadas, con validez y confiabilidad (Mendoza, 2009, p. 18).

Los instrumentos que se usaron fueron representados por los equipos automatizados del laboratorio de estudios especiales del MTC; los equipos cuantificarán y reportarán los resultados de cada espécimen ensayado, bajo los manuales del MTC.

Validez:

Según López, también conocido como prueba de instrumento porque permite administrar un instrumento en diferentes situaciones con el objetivo de verificar que este realmente cuantifique características de la variable para lo que fue diseñado y no determine otras (2012, p. 280)

Tabla 12. Detallado de validación por experto

JUECES	ITEMS							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
Juez 1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.6	0.9
Juez 2	1	1	1	1	0.7	0.8	0.6	0.9
Juez 3	0.8	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.5	0.7
Promedio total								0.82

Fuente: elaboración propia.

Se visualiza el juicio de expertos, el juez 1 valida en 90% el instrumento, el juez 2 en un 90% y el juez 3 en un 70%, es decir, todos ellos dan por válido el instrumento.

El promedio total para el instrumento de los 3 expertos es de 82% y de ese modo se considera un instrumento con excelente validez, según tabla N° 7, con lo cual queda validado el instrumento.

Tabla 13. Rango de validez

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998)

Confiabilidad:

La confiabilidad es otra de las características que debe tener todo instrumento de medición, sin esta característica el instrumento carece de veracidad; la confiabilidad se basa obtener en qué medida el aplicar repetitivamente el instrumento de medición a un objeto de estudios, este produzca resultados iguales (Fernández, et al., p. 1999).

Tabla 14. Rango de confiabilidad

0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy Confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998)

La confiabilidad también se sustentará con el certificado de calibración de cada equipo

automatizado que se usará para los ensayos de esta investigación.

2.5. Método de análisis de datos

En la presente investigación se analizó los datos obtenidos de las briquetas ensayadas (de mezcla asfáltica convencional y modificada con granos de caucho) mediante gráficos comparativos y sus respectivas interpretaciones para posteriormente responder las hipótesis planteadas, todo ello con el siguiente proceso:

1.- Se determinó el contenido óptimo de asfalto la mezcla convencional y las mezclas asfálticas modificadas con caucho (20%, 10% y 5%) con los valores de parámetros de diseño Marshall: peso específico bulk, porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo y relación flujo y se realizó cuadros comparativos de los mismos.

2.- Luego se obtuvo el porcentaje de granos de caucho óptimo incorporado por vía húmeda en la mezcla asfáltica modificada, en base a los parámetros de diseño Marshall estándares del MTC E.G. 2013.

3.- Posteriormente se realizó tablas y todos los gráficos con los valores de los parámetros de diseño Marshall (deformabilidad), tablas con los índices de resistencia retenida (dimensión 2: resistencia a la inmersión – compresión) y tablas de la razón del esfuerzo a tensión (dimensión 3: resistencia al daño inducido por humedad) entre la mezcla asfáltica convencional y la modificada granos de caucho en un 5% para luego generar gráficos de barras comparativas entre las dos mezclas y determinar el efecto, teniendo como referencia la mezcla asfáltica convencional.

2.6. Aspectos éticos

Teniendo en cuenta el derecho de autor como el reconocimiento a los autores por su gran labor, en la presente investigación tenemos la autoridad de afirmar que todo texto ajeno a este fue citado debidamente según las normas ISO 690 y 690 - 02.

También que los resultados que se obtendrán serán verdaderos y aislados de la subjetividad del autor con el fin que la presente investigación sea confiable para otras futuras.

III. Resultados

3.1 Generalidades

3.1.1 Descripción y ubicación de colaboradores:

Cantera SEOING EIRL:

Cantera con más de 13 años de experiencia en la producción de mezcla asfáltica, proporcionó agregados gruesos (300 kg) y finos (300 kg) para la presente investigación. Perteneciente al distrito Lurigancho - Chosica, de la provincia de Lima.

Laboratorios:

- Estudios Especiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Laboratorio perteneciente al estado peruano donde se practican y establecen los manuales para los ensayos de los materiales componentes de una infraestructura vial como lo es la carpeta asfáltica flexible; cedió sus instalaciones para realizar ensayos de calidad de agregados y ensayos de mezcla asfáltica (Diseño Marshall y resistencia al daño inducido por humedad). Ubicada en la avenida Tupac Amaru 180, Cercado de Lima 15094

- HOL PERÚ CONSULTORES EIRL

Laboratorio dedicado a realizar ensayos de materiales utilizados en proyectos de infraestructura vial; se realizaron ensayos de inmersión – compresión a la mezcla asfáltica. Con dirección en: Jr. B. Ramírez Peña No 316, Urb. San Amadeo de Garagay, San Martín de Porres, Lima.

Ubicación de producción de asfalto:

-Asfalto convencional: PETROPERÚ ASFALTOS

Empresa del estado dedicada a la producción al transporte, producción y comercialización de combustibles y otros derivados del petróleo como el asfalto; empresa que proporcionó el asfalto PEN 60-70.

Avenida Enrique Canaval y Moreyra 150. Lima 27, Perú.

-Asfalto modificado: Domicilio del investigador

Lugar donde se incorporó y mezcló los granos de caucho con el asfalto PEN 60-70, proporcionados por PETROPERÚ.

3.1.2 Descripción y ubicación del lugar de aplicación:

Ubicado en la avenida Perú, desde la cuadra 49 a la 51 (tramo perteneciente a la provincia Constitucional del Callao); la vía cuenta con dos calzadas y cada una de ellas con tres

carriles construidas totalmente con un pavimento de tipo flexible, el ancho de cada calzada es de 7 m y también existe una berma de separación de 5 metros la longitud; la longitud del trayecto es de 562 m y presentan fallas superficiales y funcionales; la vía sirve a usuarios conductores de carga pasa por lo que el pavimento se encuentra sometido a las condiciones más severas.

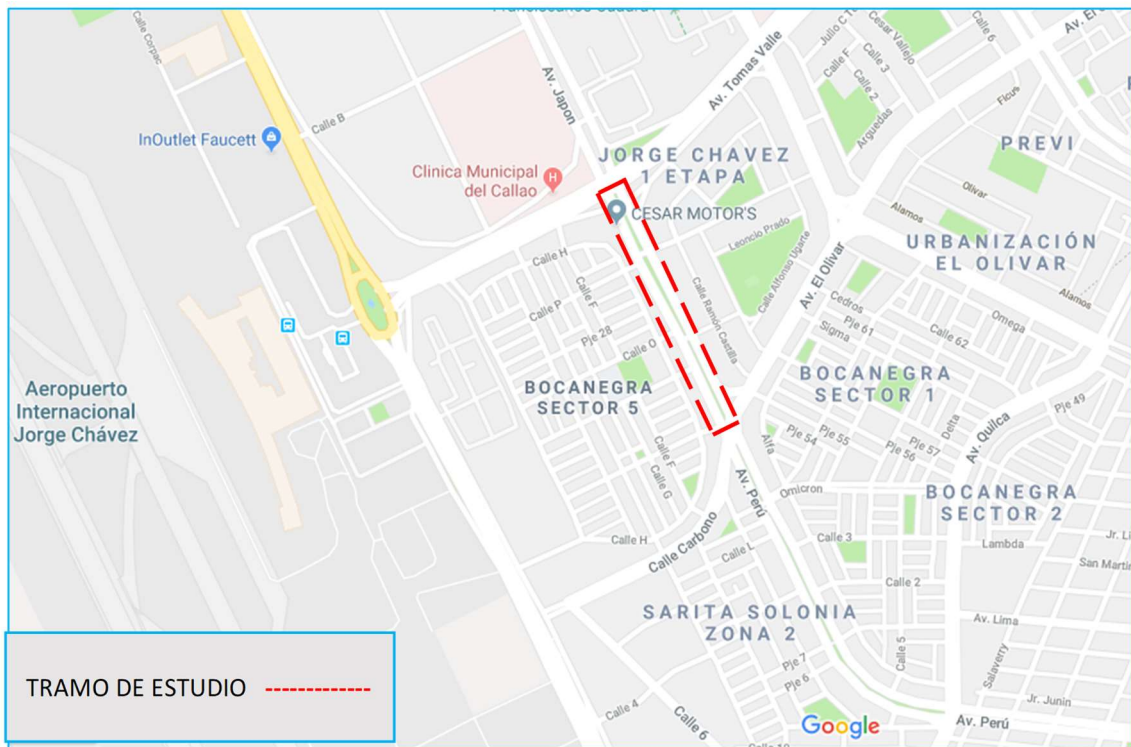


Figura 4: Ubicación de tramo de aplicación



Figura 5: Inicio de tramo, cruce de avenida Perú con Tomas Valle



Figura 6: Se evidencia piel de cocodrilo en una de las calzadas.



Figura 7: Desprendimiento de la carpeta de rodadura

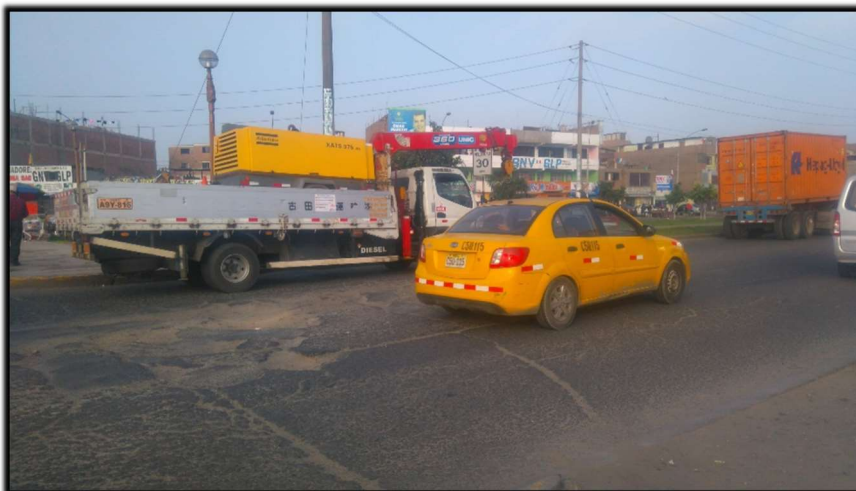


Figura 8: Se evidencia vehículos de carga pesa.

3.2 Trabajos previos:

3.2.1 Agregados gruesos y finos.

Se realizaron todos los ensayos de calidad para los agregados grueso y finos como se establece en las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG-2013) del MTC, citados en las tablas 3 y 4 del presente, y se obtuvieron resultados dentro de los rangos permitidos que permitieron el uso confiable de todos los agregados, estos resultados serán adjuntados en los anexos.



Figura 9: Cantera SEOING.



Figura 10: Tamizado de agregado fino (300 kg) y grueso (300 kg).



Figura 11: Cuarteo, inspección visual y tamizado de agregado grueso



Figura 12: Secado superficial de agregado grueso, peso específico de agregado grueso y fino.



Figura 13: Tamizado y granulometría de agregado fino.



Figura 14: Ensayo de equivalente de arena, límites de Atterberg y abrasión Los Ángeles

3.2.2.1 Granulometría para mezcla asfáltica:

Teniendo en cuenta los resultados de la granulometría y el tránsito pesado se decidió el MAC - 1, donde establecemos que la proporción de agregado grueso es de 30% y 70% para el agregado fino; a esto se le añade el asfalto convencional y modificado.

Tabla 15: Granulometría para diseño de mezcla asfáltica.

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

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Incorporación de caucho por vía húmeda:

En esta etapa de la investigación se compró la producción de granos de caucho para su incorporación en el asfalto, en tres proporciones 20%, 10% y 5%, y se les realizó ensayos de granulometría, peso específico y el porcentaje de impurezas. Cabe mencionar que todos los ensayos que presentamos en las siguientes tablas, según sus proporciones, se encuentran dentro lo establecido por la Universidad de los Andes, citado antes como antecedente internacional.



Figura 15: Proveedor de granos de caucho.

a) Granulometría

Tabla 16. Granulometría de granos de caucho incorporados al asfalto en 20%

Ensayo		Dosificación		Peso Total (kg)		
Granulometría - Granos de caucho		Asfalto caucho (20%)		1000		
Tamiz	Peso retenido (gr)	Peso acumulado (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	
N°	(mm)					
8	2.38	0	0	0	0	100
10	2	23	23	2.3	2.3	97.7
16	1.19	27	50	2.7	5	95
20	0.85	45	95	4.5	9.5	90.5
30	0.6	115	210	11.5	21	79
50	0.3	300	510	30	51	49
100	0.015	380	890	38	89	11
200	0.08	30	920	3	92	8
Fondo	-	80	1000	8	100	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Granulometría de granos de caucho incorporados al asfalto en 10%

Ensayo		Dosificación		Peso Total (kg)		
Granulometría - Granos de caucho		Asfalto caucho (10%)		1000		
Tamiz	Peso retenido (gr)	Peso acumulado (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	
N°	(mm)					
8	2.38	0	0	0	0	100
10	2	22	22	2.2	2.2	97.8
16	1.19	32	54	3.2	5.4	94.6
20	0.85	55	109	5.5	10.9	89.1
30	0.6	115	224	11.5	22.4	77.6
50	0.3	300	524	30	52.4	47.6
100	0.015	350	874	35	87.4	12.6
200	0.08	46	920	4.6	92	8
Fondo	-	80	1000	8	100	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Granulometría de granos de caucho incorporados al asfalto en 5%

Ensayo		Dosificación			Peso Total (kg)	
Granulometría - Granos de caucho		Asfalto caucho (5%)			1000	
Tamiz		Peso retenido (gr)	Peso acumulado (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
N°	(mm)					
8	2.38	0	0	0	0	100
10	2	20	20	2	2	98
16	1.19	30	50	3	5	95
20	0.85	50	100	5	10	90
30	0.6	120	220	12	22	78
50	0.3	280	500	28	50	50
100	0.015	400	900	40	90	10
200	0.08	20	920	2	92	8
Fondo	-	80	1000	8	100	0

Fuente: elaboración propia.

b) Peso específico

Tabla 19. Peso específico del caucho en granos

Descripción	Unidad	Caucho 20 %	Caucho 10%	Caucho 5%
Fiola + H2o (1L) (A)	gr	1451.1	1451.1	1451.1
Granos de caucho (B)	gr	180	180	180
Caucho + fiola + H2o (C)	gr	1478	1480	1475
Fiola + H2o (1L) + caucho (E)	gr	1631.1	1631.1	1631.1
D = (E-C)	ml	153.1	151.1	156.1
Peso específico (kg/cm ²) (B/D)	kg/cm ³	1.18	1.19	1.15

Fuente: elaboración propia.

c) Porcentaje de impurezas

Tabla 20. Porcentaje de impurezas obtenidas en el tamizado

Descripción	Unidad	Caucho 20 %	Caucho 10%	Caucho 5%
Muestra inicial	gr	1000	1000	1000
Después del tamizado	gr	999.7	999.5	999.4
Impurezas	gr	0.3	0.5	0.6
Porcentaje de impurezas	-	0.03	0.05	0.06

Fuente: elaboración propia.



Figura 16: Granulometría e impurezas en granos de caucho.

3.1.1.2 Temperatura de producción:

Para la producción de asfalto modificado fue necesario el diseño y ensamblaje de un dispositivo mezclador de asfalto capaz de realizar 120 rpm a temperaturas de $210\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$, dicho dispositivo fue producido por el autor de esta investigación.

Se incorporó los granos de caucho en tres temperaturas diferentes, según sus proporciones, $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ para 20%, $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ para 10% y $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ para 5%, todos ellos con una tolerancia de $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ proporciones de granos de caucho.

Para la posterior mezcla entre asfalto modificado y los agregados en la producción de mezcla asfáltica se presentó disminución de temperaturas según las proporciones de granos de caucho, todo ello detallados en las siguientes tablas.



Figura 17: Producción de asfalto-caucho (5%, 10% y 20%).

Tabla 21. Temperatura de producción para diferentes porcentajes de caucho en asfalto

Temperatura de producción	Unidad	Caucho 20 %	Caucho 10%	Caucho 5%
Incorporación	C°	200	190	175
Mezclado	C°	190	185	175

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.3 Dosificación:

Tabla 22. Peso de granos de caucho adicionados al asfalto, según porcentaje requerido

Material	Unidad	Caucho 20 %	Caucho 10%	Caucho 5%
Asfalto (PEN 60-70)	gr	3500	3800	3800
Granos de caucho (5%)	gr	700	380	190

Fuente: elaboración propia.



Figura 18: Bitumen final modificado con granos de caucho.

3.1.1.5 Selección del contenido óptimo de granos de caucho en mezcla asfáltica:

Tabla 23. Resumen de valores de parámetros de diseño Marshall para la producción de mezcla asfáltica, según porcentaje de granos de caucho incorporados.

Descripción	Unidades	Contenido de granos de caucho			
		0%	5%	10%	20%
Contenido óptimo de asfalto (%)	-	5.7	6.2	5.6	5.4
Peso específico bulk	gr/cm ³	2.383	2.363	2.283	2.256
Vacios (%)	-	4.1	4.2	8.2	9.5
Vacios llenos de CA (%)	-	76.3	76.5	30.3	55.5
VMA (%)	-	17.3	18.6	20.8	21.4
Absorción de asfalto (%)		0.13	0.19	0.09	0.11
Estabilidad	Kg	1234.4	1202.4	1260.4	1104.4
Flujo	mm	3.9	4.5	4.5	6.4
Relación estabilidad/flujo	Kg/cm	3172	2692	2825	1715
Temperatura de mezcla	C°	140-145	175-180	185-190	190-200

Fuente: elaboración propia.

a) **Parámetros de diseño de mezcla asfáltica: Diseño Marshall (con 0%, 5%, 10% y 20% de granos de caucho)**

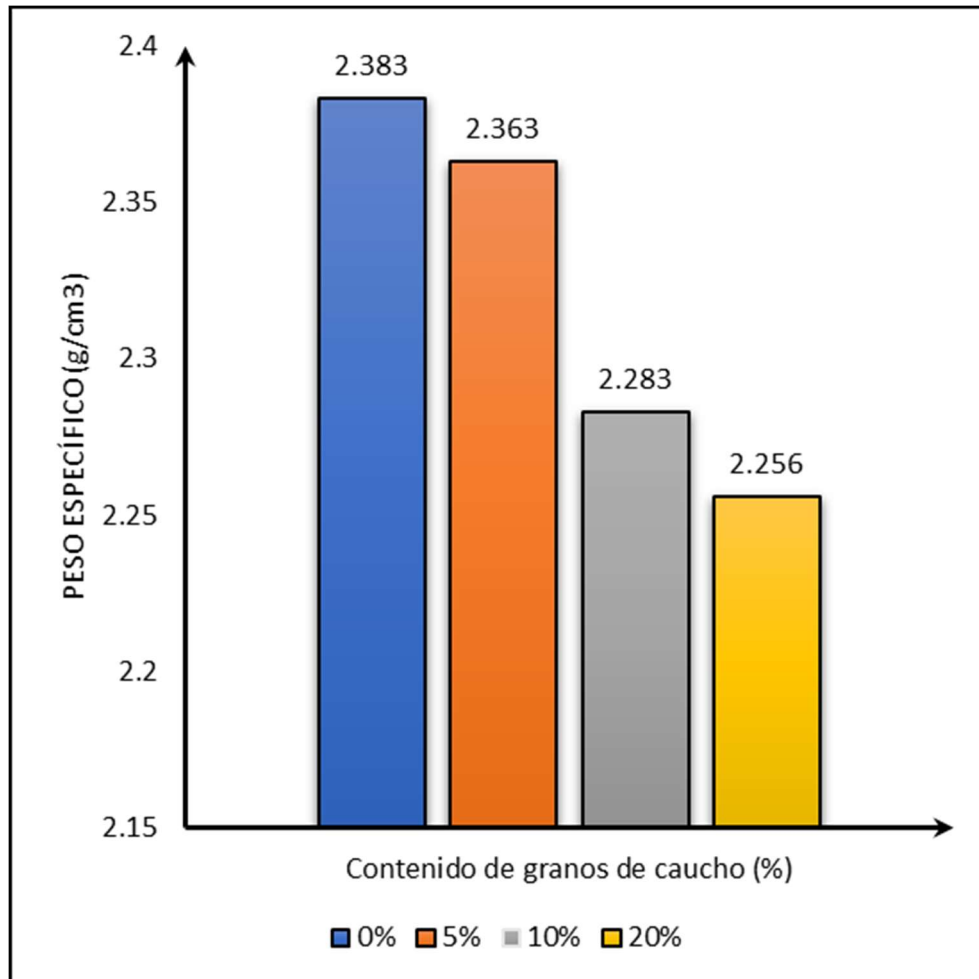


Figura 19: Barras comparativas del peso específico de la mezcla convencional (0%) y las mezclas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – PESO ESPECÍFICO.

Interpretación: Se observa que la mezcla convencional (con 0% de caucho) tiene una mayor densidad seguida de la mezcla modificada, lo cual no determina el descarte de las otras mezclas modificadas, pero muestra ligeramente cierta porosidad en estas dos últimas.

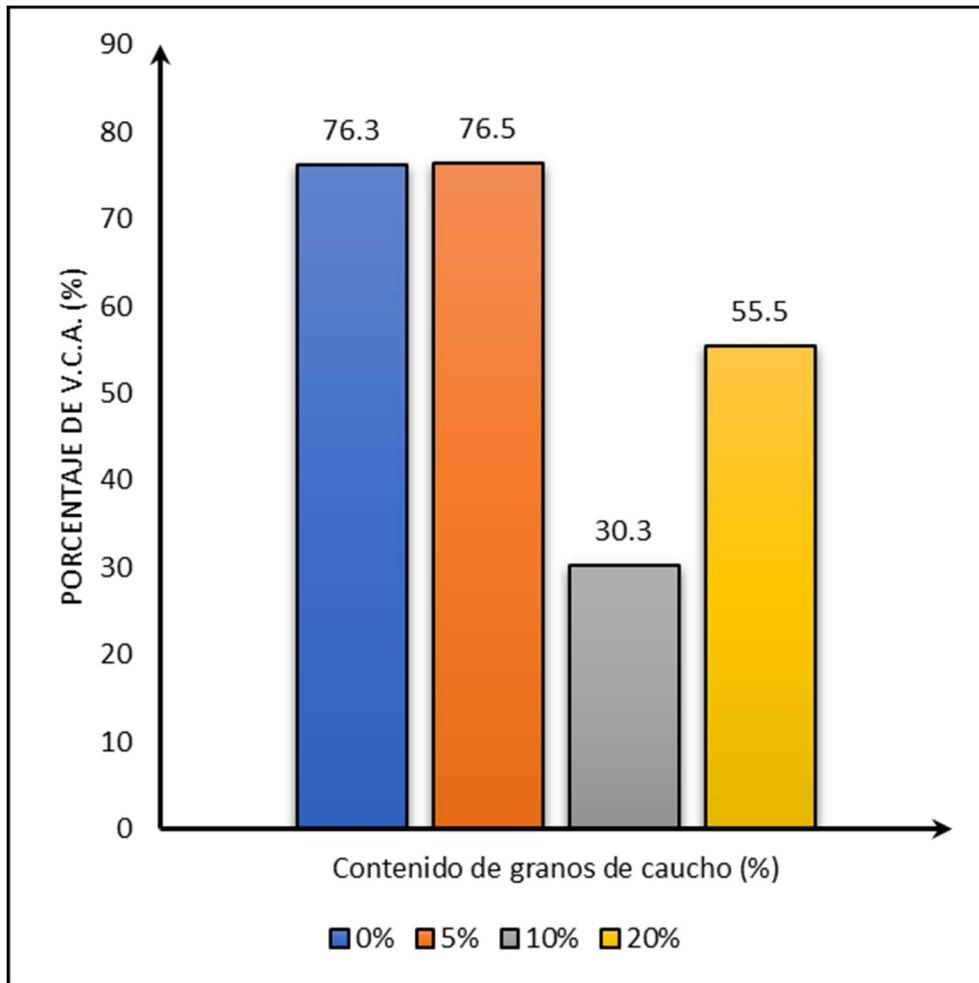


Figura 20: Barras comparativas del porcentaje de vacíos llenos con asfalto en la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – VACÍOS LLENOS DE C.A. (%).

Interpretación: La mezcla asfáltica más próxima en porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico a la mezcla convencional es la mezcla modificada con 5% de caucho, las mezclas modificadas con 10% y 20% de granos de caucho presentan menos porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico, siendo el exceso de vacíos en los mismos (porosidad) el principal factor del bajo porcentaje que se presenta en la gráfica de barras.

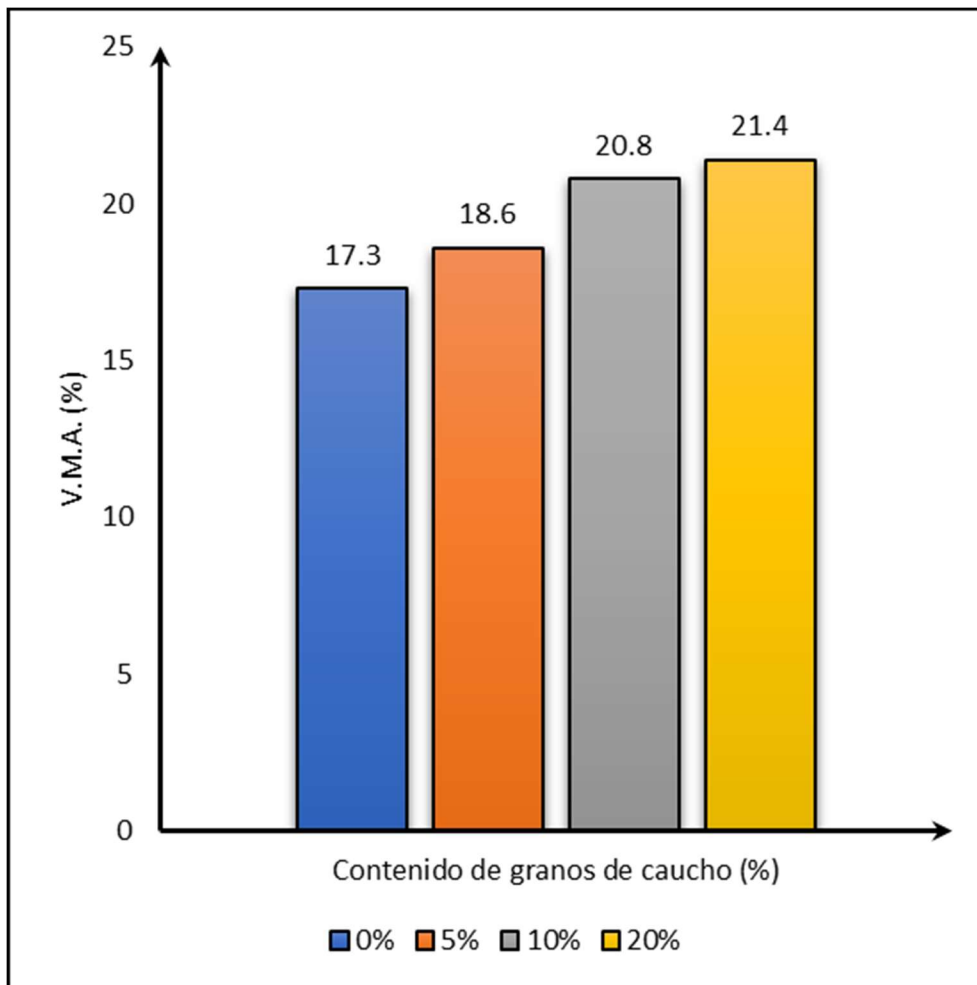


Figura 21: Barras comparativas de porcentaje de volumen de agregados minerales en la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas convencionales de 5%, 10% y 20% granos de caucho – VMA (%).

Interpretación: Para los valores presentados del volumen de agregados minerales (V.M.A.), todas las mezclas asfálticas tienen porcentajes mayores al 16%, siendo este último el valor mínimo establecido por el manual E.G. MTC 2013.

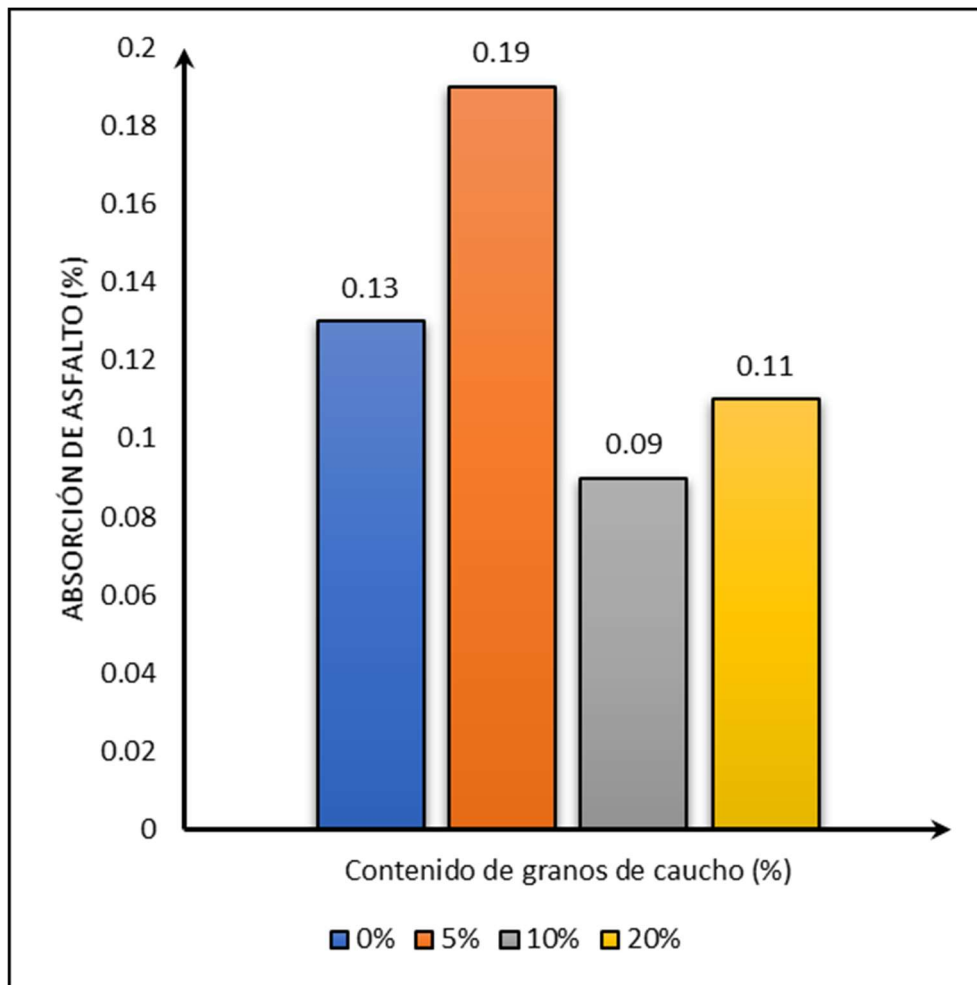


Figura 22: Barras comparativas de porcentaje de absorción de asfalto entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – ABSORCIÓN DE ASFALTO (0%).

Interpretación: Los valores de porcentaje de absorción de asfalto presenta no muy considerable variación, presentado un mayor porcentaje la mezcla asfáltica modificada con 5% de granos de caucho, de ello se establece que dicha mezcla tendrá un mayor porcentaje óptimo de asfalto para su futura producción.

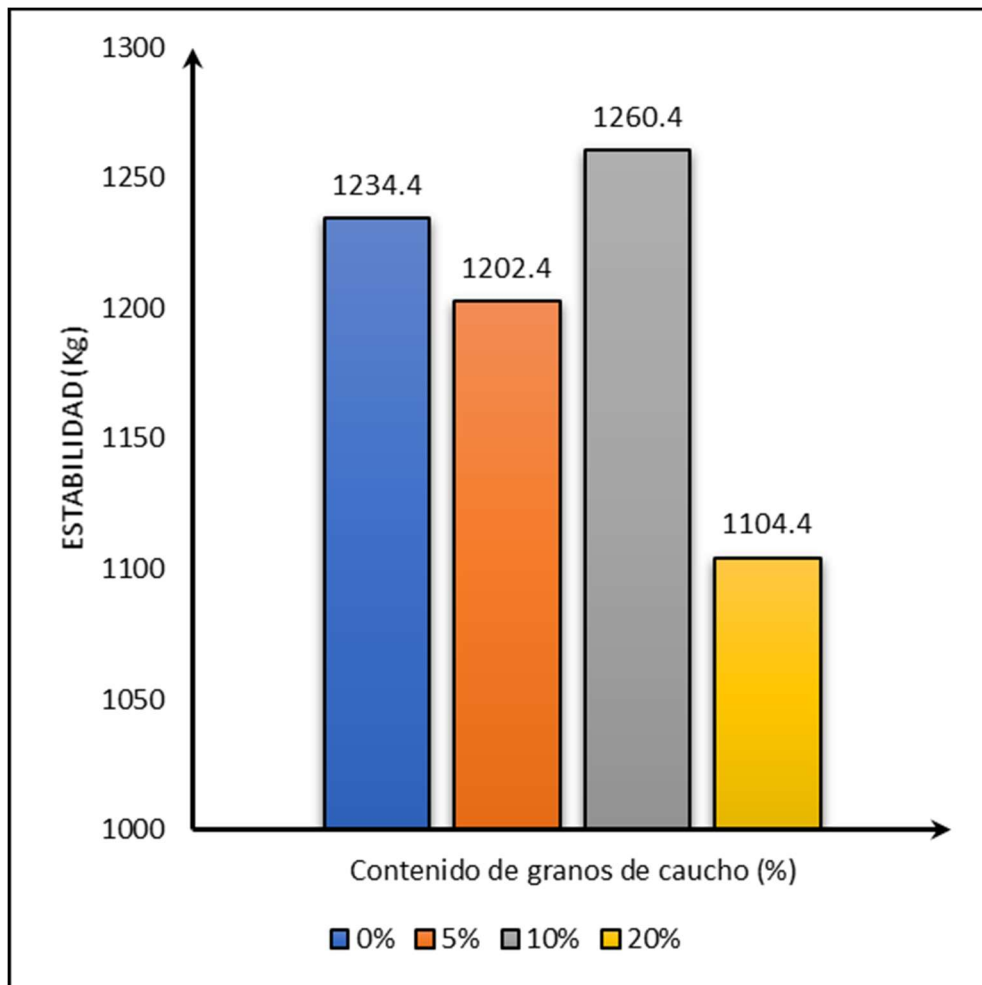


Figura 23: Barras comparativas de estabilidad entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – ESTABILIDAD (kg).

Interpretación: La mayor estabilidad obtenida es la mezcla asfáltica con 10% de caucho con 1260.4 kg (12105 KN), seguida de la mezcla convencional con 1234.4 (12360 KN), la mezcla modificada con 5% de caucho con 1202.4 kg (11791 KN) y con 1104.4 kg (10830 KN); cumpliendo todas ellas con la mínima estabilidad 8150 KN establecida por el manual E.G. 2013 del MTC.

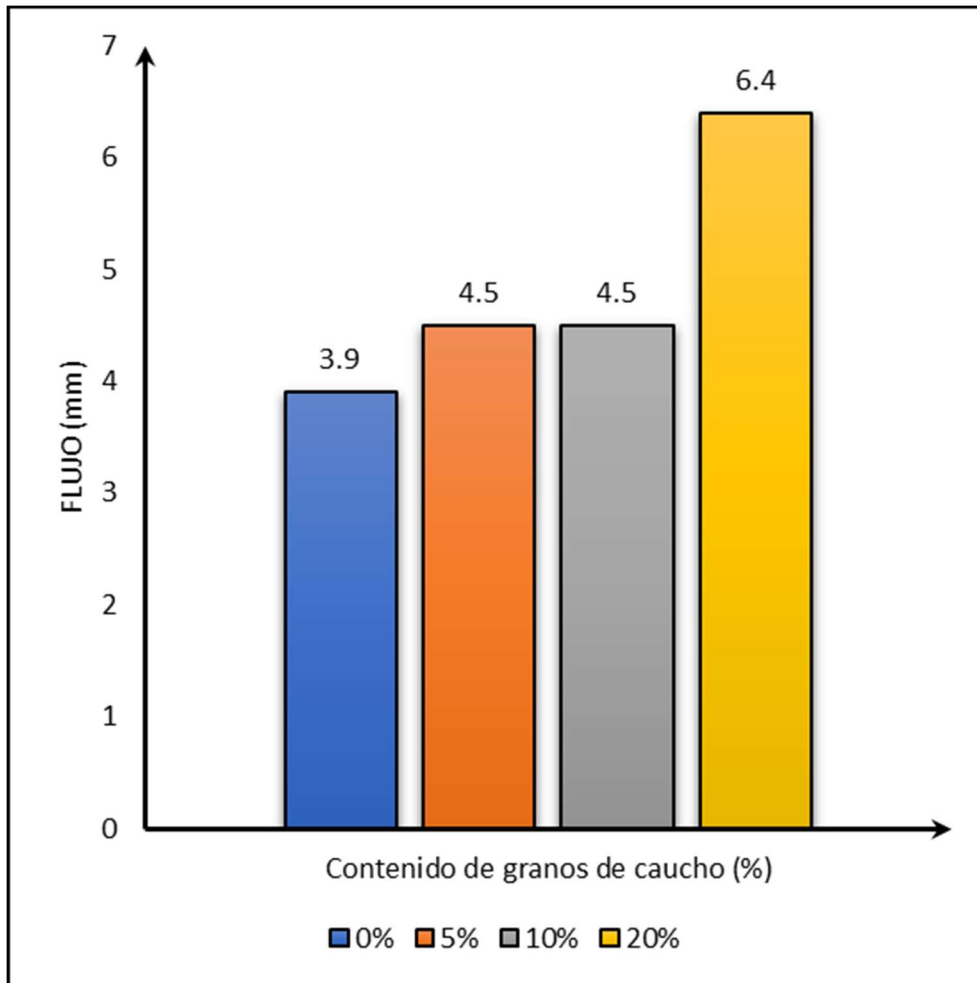


Figura 24: Barras comparativas de flujo entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – FLUJO (mm).

Interpretación: Se observa que los menores valores de las deformaciones (flujo) se presentó en la mezcla asfáltica convencional con las mezclas modificadas con 5% y 10% de granos de caucho, quedan demasiada alejada de lo permitido la última (mezclas modificadas 20% de caucho).

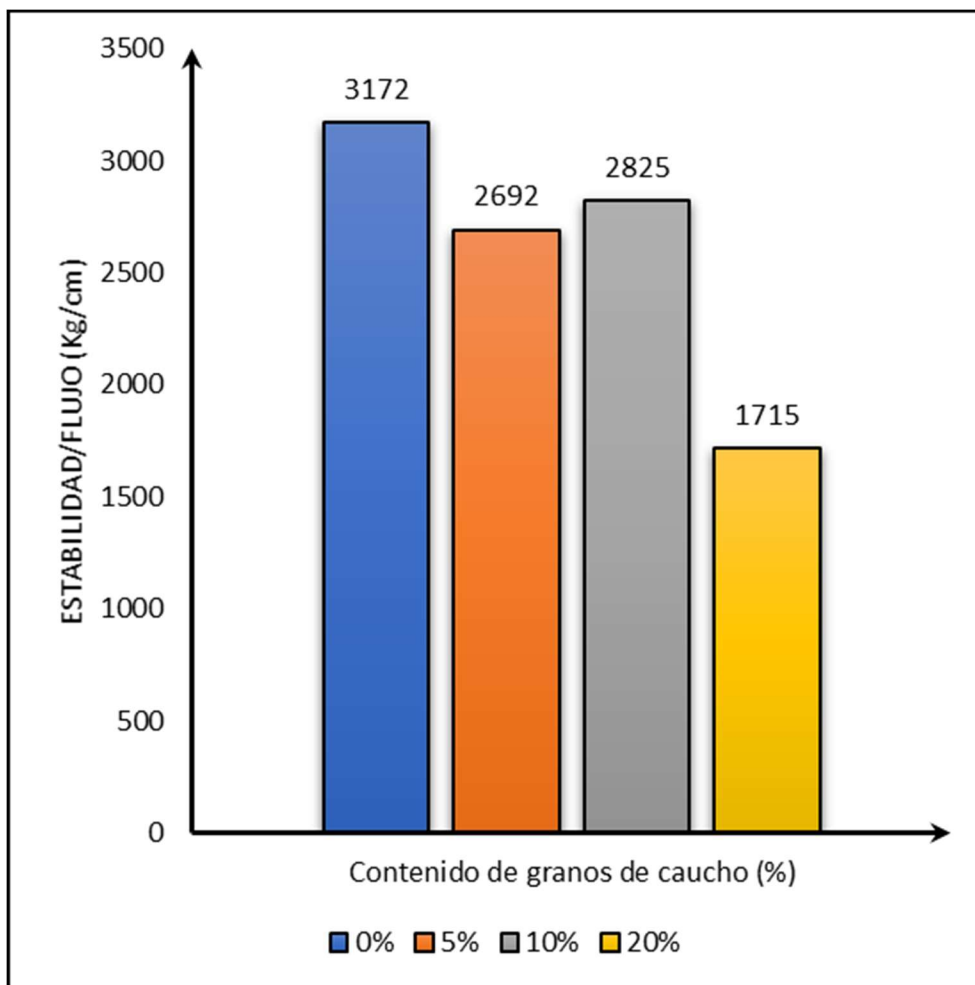


Figura 25: Barras comparativas de estabilidad/flujo entre la mezcla asfáltica convencional y las mezclas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm).

Interpretación: Para la relación de estabilidad flujo todos cumplen con el mínimo establecido por el manual E.G. 2013 del MTC que establece un valor que se encuentre entre 1700 – 4000 (kg/cm), en la gráfica se presenta la mezcla convencional con mayor relación de estabilidad flujo (3172 kg/cm), seguida de la mezcla asfáltica modificada con 10% de caucho (2825 kg/cm), la mezcla modificada con 5% de caucho con 2692 kg/cm y finalmente la mezcla modificada con 20% de caucho (1715 kg/cm).

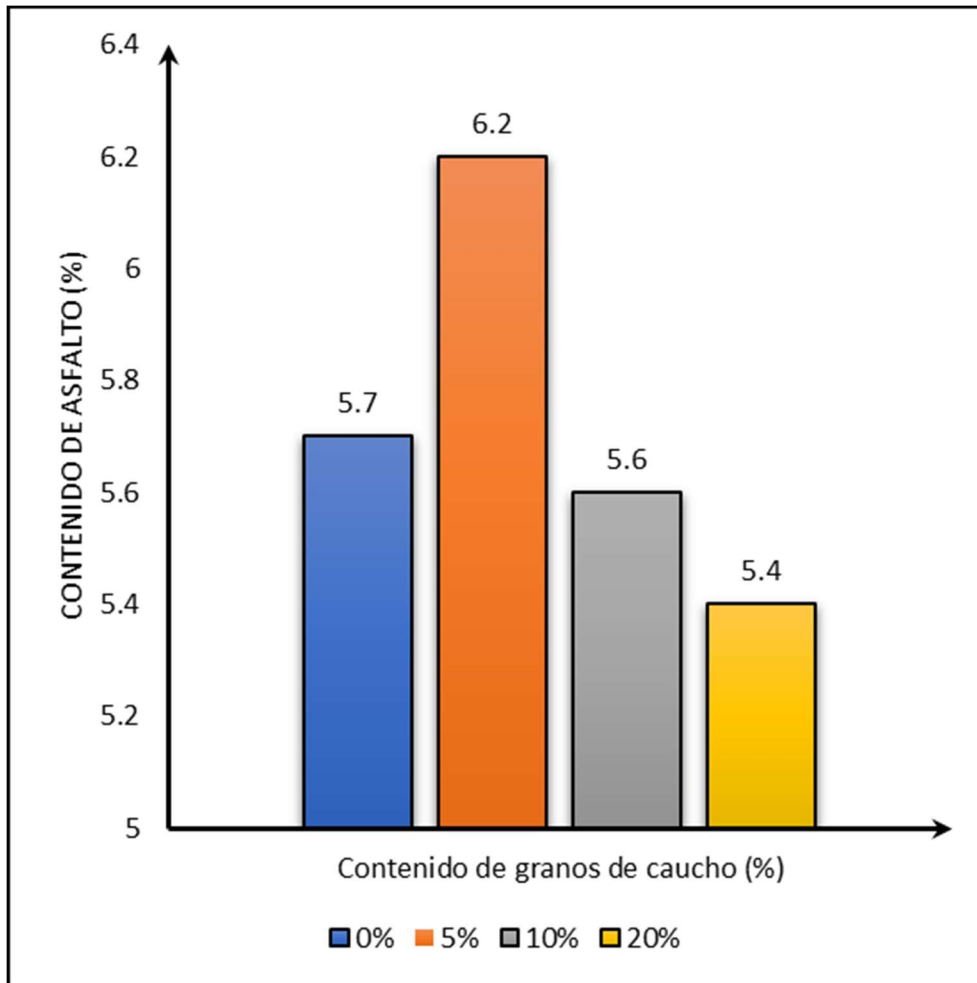


Figura 26: Barras comparativas de contenido óptimo de asfalto entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas convencionales de 5%, 10% y 20% granos de caucho – CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO.

Interpretación: Sin duda alguna el mayor porcentaje de asfalto requerido en la mezcla asfáltica para su producción es la que contiene 5% de granos de caucho, seguida de la convencional con un 5.7% de contenido de asfalto, para las otras dos varía entre 5.6% a 5.4 % de cemento asfáltico requerido para la mezcla modificadas con 10% y 20% de granos de caucho respectivamente.

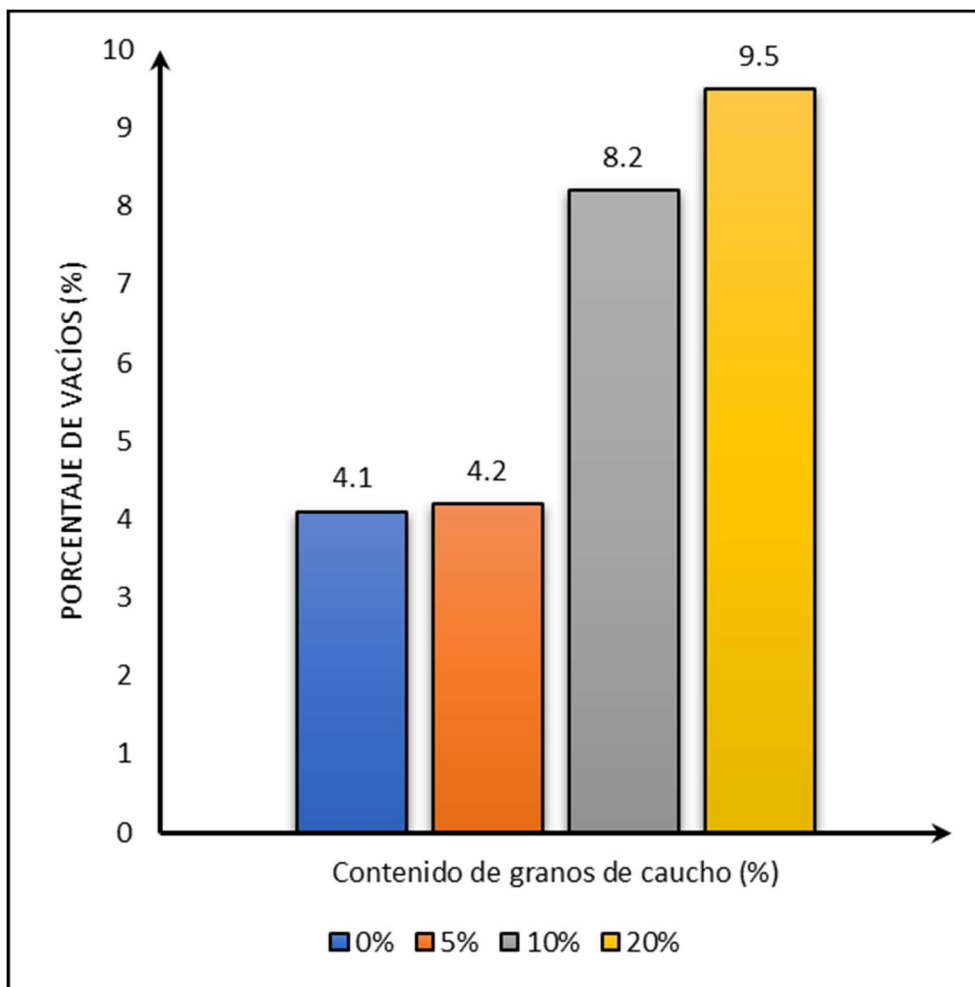


Figura 27: Barras comparativas de porcentaje de vacíos entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y las mezclas asfálticas modificadas con 5%, 10% y 20% granos de caucho – PORCENTAJE DE VACÍOS (%).

Interpretación: El mayor porcentaje de vacíos se presenta en la mezcla asfáltica modificada con 20% de granos de caucho y la mezcla modificada con 10% de caucho, y no cumpliría con el porcentaje máximo permitido 3 – 5 % establecido por el manual del MTC E.G. 2013, siendo descartadas estas 2 últimas y aceptadas la mezcla asfáltica convencional con 4.1% de vacíos y la mezcla asfáltica modificada con 5% de caucho 4.2% de vacíos.

3.3 Análisis

IMPORTANTE: Se determinó que la mezcla asfáltica convencional sería el patrón de referencia y la mezcla asfáltica modificada óptima sería la que contiene 5% de granos de caucho porque cumple con los requisitos mínimos establecidos por el manual E.G. 2013: Estabilidad, flujo, relación estabilidad/flujo, V.M.A. y porcentaje de vacíos.

3.3.1 La deformabilidad de mezcla asfáltica disminuye con la incorporación de caucho.

Para la mezcla asfáltica convencional: 5.7% contenido de asfalto PEN 60-70, 0.5% de aditivo QUIMIBON 3000 y con 75 golpes para cada cara de la briqueta.

Para la mezcla asfáltica modificada con caucho: 6.2% contenido de asfalto PEN 60-70 modificado con 5% de granos de caucho por vía húmeda, 0.5% de aditivo QUIMIBON 3000 y con 75 golpes para cada cara de la briqueta.

3.3.1.1 Resultados de laboratorio

Parámetros de diseño de mezcla asfáltica convencional (0% de granos de caucho) y mezcla asfáltica modificada (5% de granos de caucho)

Tabla 24. Resumen de valores de parámetros de diseño Marshall para la producción de mezcla asfáltica convencional y modificada con 5% de granos de caucho

Descripción	Unidades	Mezcla asfáltica con granos de caucho	
		Convencional (0%)	Modificada (5%)
Contenido óptimo de asfalto (%)	-	5.7	6.2
Peso específico bulk	gr/cm ³	2.383	2.363
Vacios (%)	-	4.1	4.2
Vacios llenos de CA (%)	-	76.3	76.5
VMA (%)	-	17.3	18.6
Absorción de asfalto (%)		0.13	0.19
Estabilidad	KN	12.11	11.8
Flujo	mm	3.9	4.5
Relación estabilidad/flujo	Kg/cm	3172	2692
Temperatura de mezcla	C°	140-145	175-180

Fuente: elaboración propia.

Gráficas de parámetros del diseño Marshall Mezcla convencional.

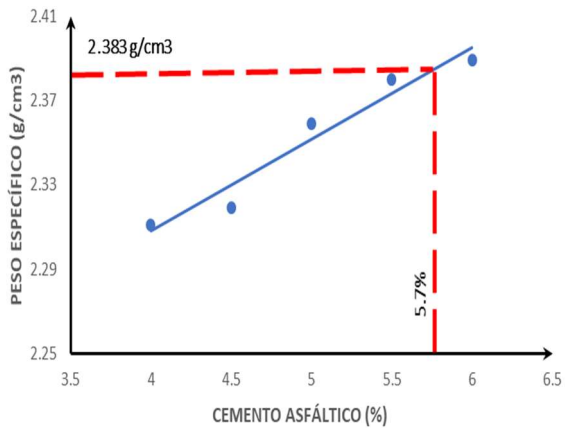


Figura 28: Peso específico (mezcla convencional).

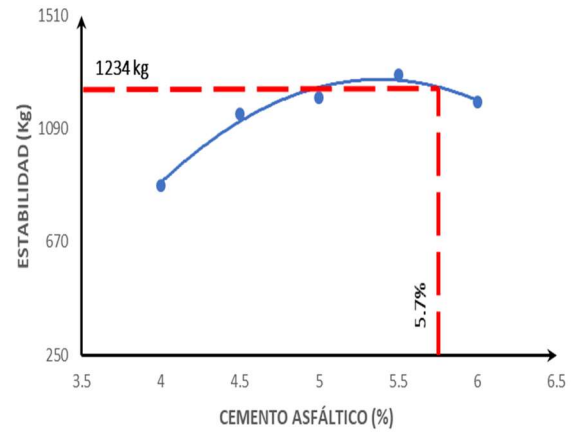


Figura 31: Estabilidad (mezcla convencional).

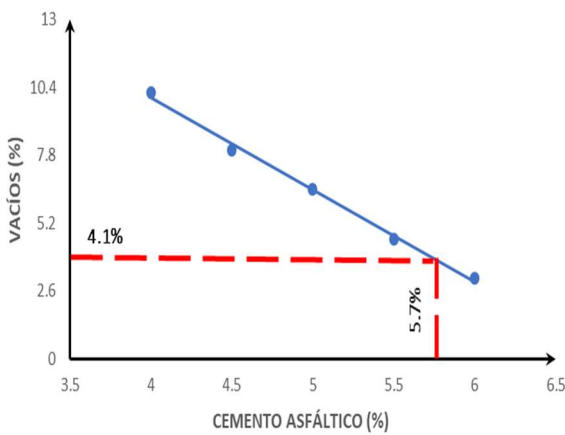


Figura 29: Vacíos (%) (mezcla convencional).

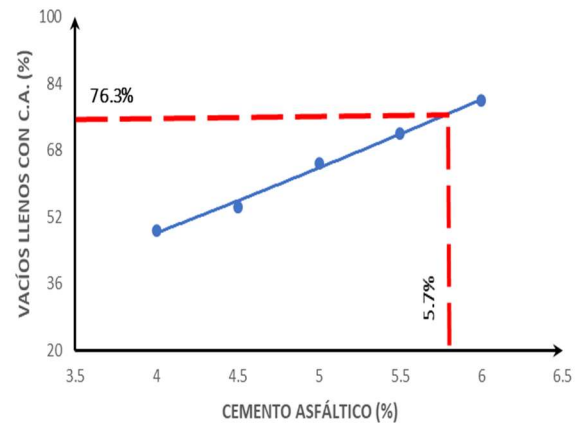


Figura 32: Vacíos con C.A. (mezcla convencional).

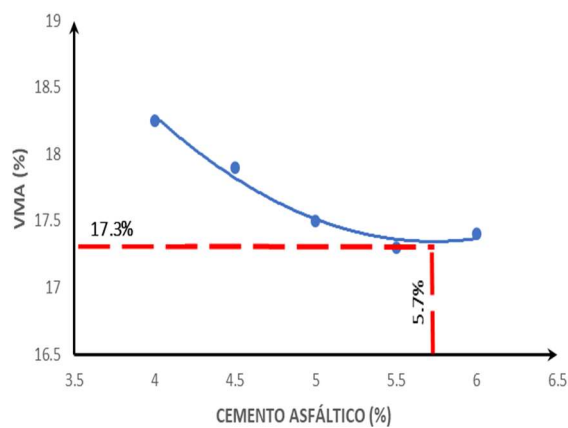


Figura 30: VMA (%) (mezcla convencional).

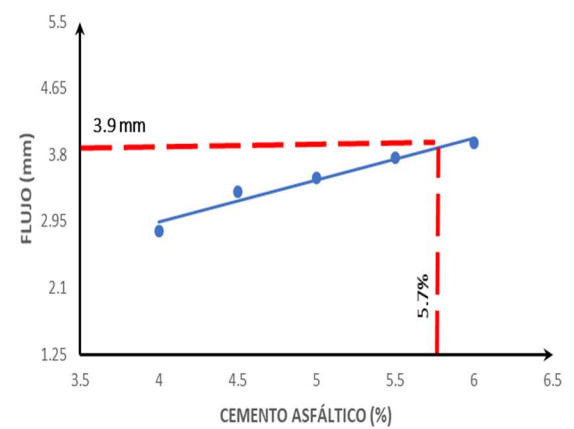


Figura 33: Flujo (mezcla convencional).

Gráficas de parámetros del diseño Marshall con mezcla modificada (5% de caucho).

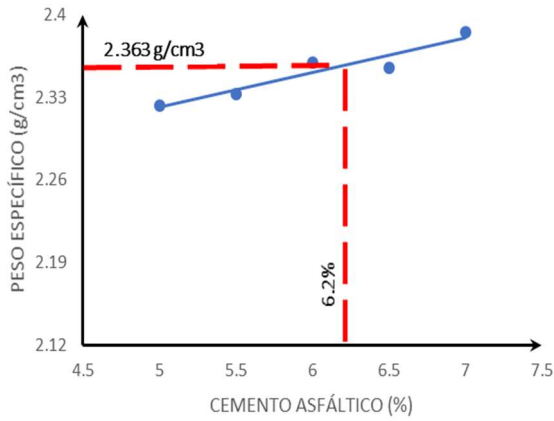


Figura 34: Peso específico (mezcla modificada).

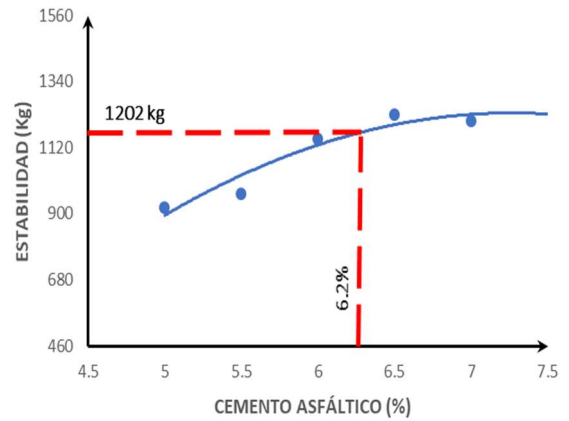


Figura 37: Estabilidad - mezcla modificada.

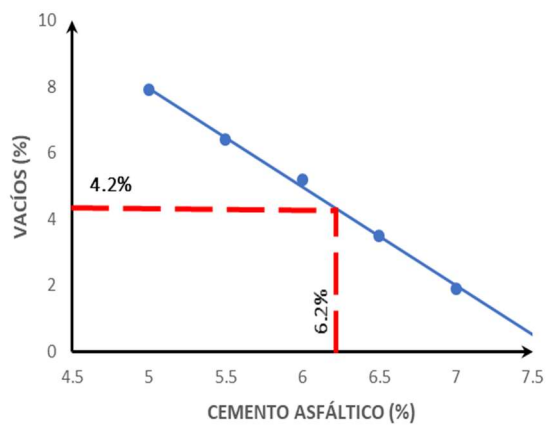


Figura 35: Vacíos (%) (mezcla modificada).

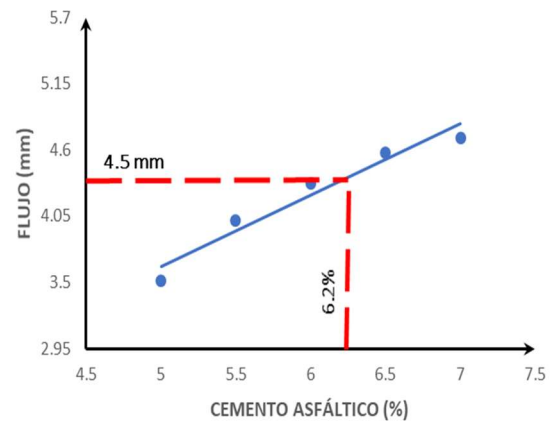


Figura 38: Vacíos con C.A. (mezcla modificada).

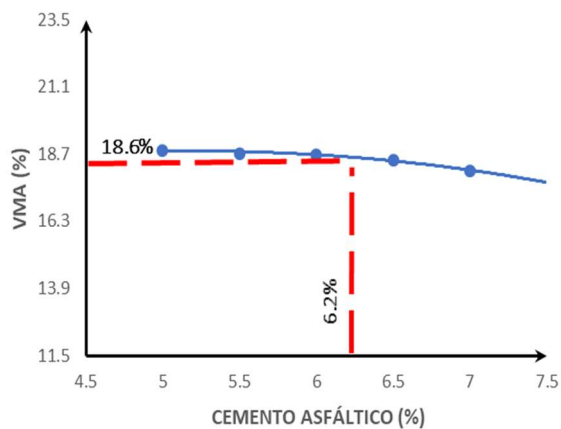


Figura 36: VMA (%) (mezcla modificada).

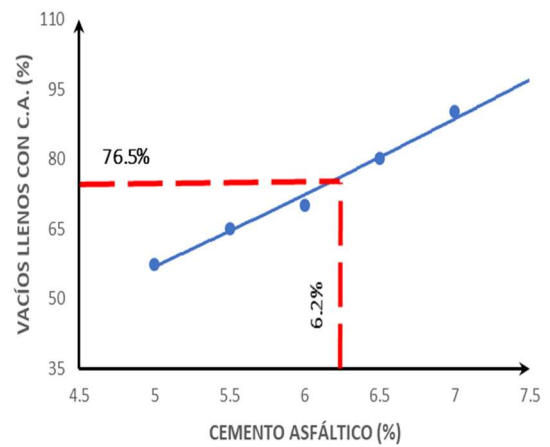


Figura 39: Flujo (mezcla modificada).

3.3.1.2 Interpretación de resultados:

Las briquetas son de área constante, como lo sugiere el MTC, Ø4" (101.6mm) x 2.5" (63.5 mm).

a) Estabilidad:

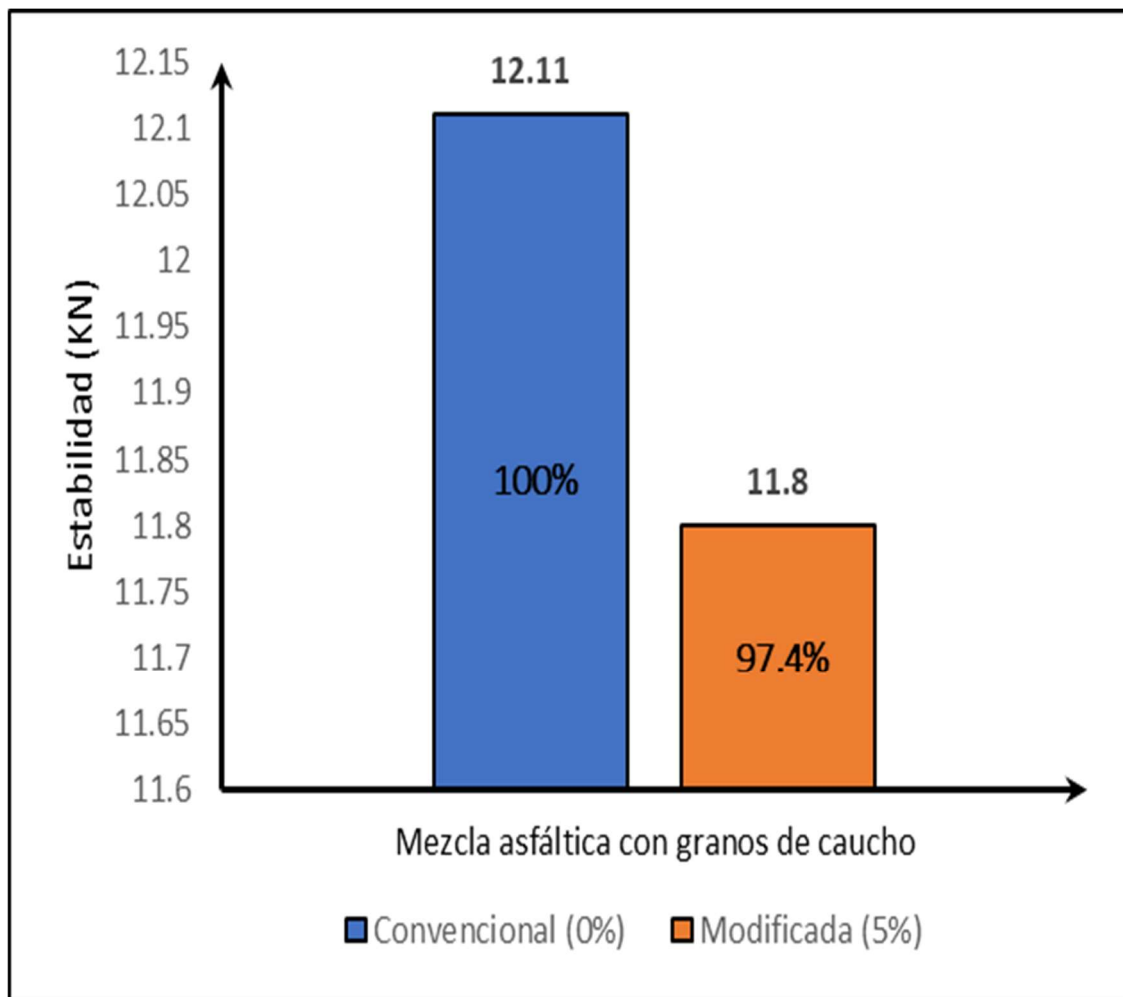


Figura 40: Barras comparativas de estabilidad entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y la mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – ESTABILIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA.

En el cuadro se observa que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional llega a 12,11 kN (1234.4 kg) , mientras que la mezcla asfáltica modificada con caucho por vía húmeda tiene una deformación de 11,8 kN (1202.4 kg), es decir, 2.6 % menos de la mezcla convencional, , sin embargo, se encuentra dentro de lo permitido por el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

b) Flujo:

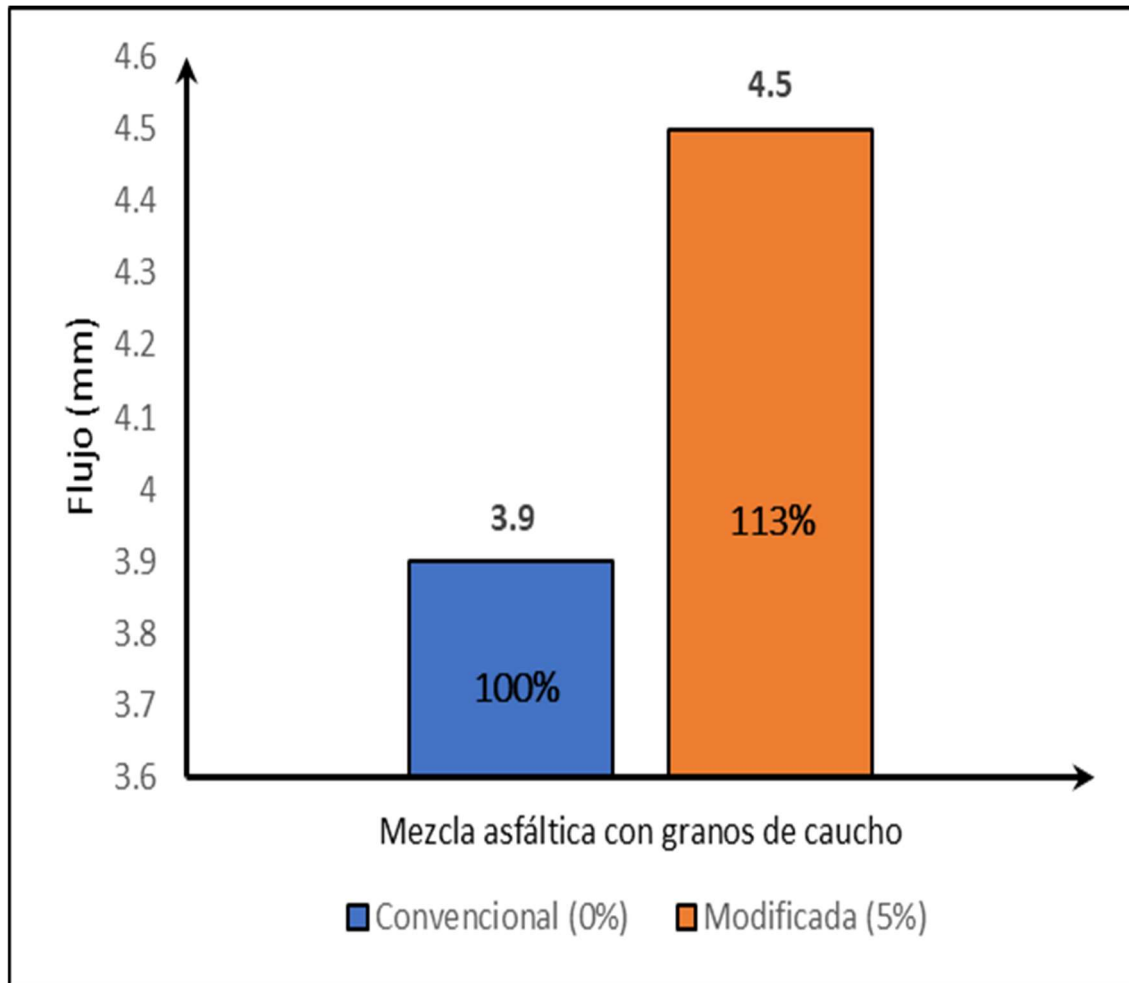


Figura 41: Barras comparativas de estabilidad/flujo entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y la mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho - FLUJO EN MEZCLA ASFÁLTICA.

En el cuadro se observa que el flujo de la mezcla asfáltica convencional se deforma en 3.9 mm, mientras que la mezcla asfáltica modificada con caucho por vía húmeda tiene una deformación de 4.5 mm, es decir, 13% más de la mezcla convencional.

c) Relación estabilidad/flujo:

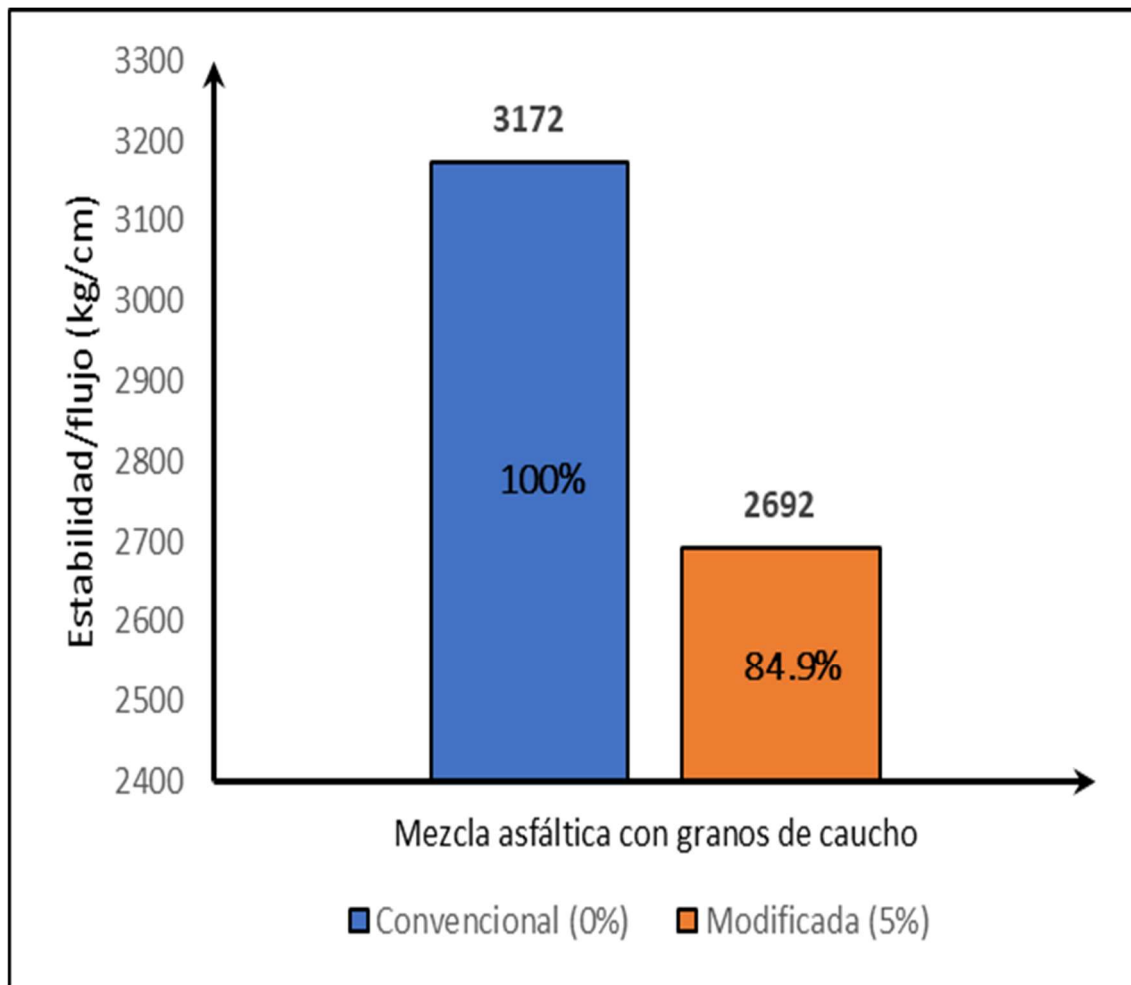


Figura 42: Barras comparativas de estabilidad/flujo entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – ESTABILIDAD/FLUJO DE MEZCLA ASFÁLTICA.

Observamos que la relación estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica convencional llega a 3172 kg/cm, mientras que la mezcla asfáltica modificada con caucho por vía húmeda tiene una deformación de 2692 kg/cm, es decir, 15.1 % menos de la mezcla convencional, sin embargo, se encuentra dentro de lo permitido por el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

3.3.2 La resistencia a la inmersión – compresión incrementa con la incorporación de caucho.

Para la mezcla asfáltica convencional: 5.7% contenido de asfalto PEN 60-70, 0.5% de aditivo QUIMIBON 3000 y con 75 golpes para cada cara de la briqueta.

Para la mezcla asfáltica modificada con caucho: 6.2% contenido de asfalto PEN 60-70 modificado con 5% de granos de caucho por vía húmeda, 0.5% de aditivo QUIMIBON 3000 y con 75 golpes para cada cara de la briqueta.

3.3.2.1 Resultados de laboratorio

Tabla 25. Resumen de valores de resistencia a la inmersión – compresión de mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho)

Descripción	Unidades	Mezcla asfáltica con granos de caucho			
		Convencional (0%)		Modificada (5%)	
		No acondicionada	Acondicionada	No acondicionada	Acondicionada
Diámetro de briqueta	cm	10.14	10.14	10.14	10.16
Altura de briqueta	cm	10.5	10.43	10.57	10.6
Peso de briqueta en el aire	gr	1952	1955.8	1963.7	1971
Peso de briqueta superficialmente seca	gr	1954.8	1957.6	1965.8	1974.2
Peso de briqueta en agua	gr	1133.6	1134.97	1135.4	1140.03
Volumen de briqueta	cm ³	821.2	822.63	830.4	834.17
Peso específico bulk	gr/cm ³	2,377	2,378	2,364	2,363
Peso específico teórico máximo	gr/cm ³	2,478	2,478	2,468	2,468
Vacios de aire (%)	-	4.08	4.05	4.2	4.25
Carga máxima	kg	3854.3	2846.3	4038	3243.7
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	47.7	35.2	50	40
Resistencia a la compresión	Mpa	4.7	3.5	4.9	3.9

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Resumen de indicadores de la resistencia a la inmersión - compresión de mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho)

Descripción	Unidades	Mezcla asfáltica con granos de caucho			
		Convencional (0%)		Modificada (5%)	
		No acondicionada	Acondicionada	No acondicionada	Acondicionada
Fuerza (kg)	kg	3854.3	2846.3	4038	3243.7
Área	cm ²	80.75		81.1	
Esfuerzo	Mpa	4.7	3.5	4.9	3.9
Índice de resistencia retenida (%)	-	73.9		80.1	

Fuente: elaboración propia.

3.3.2.2 Interpretación de resultados:

a) Fuerza

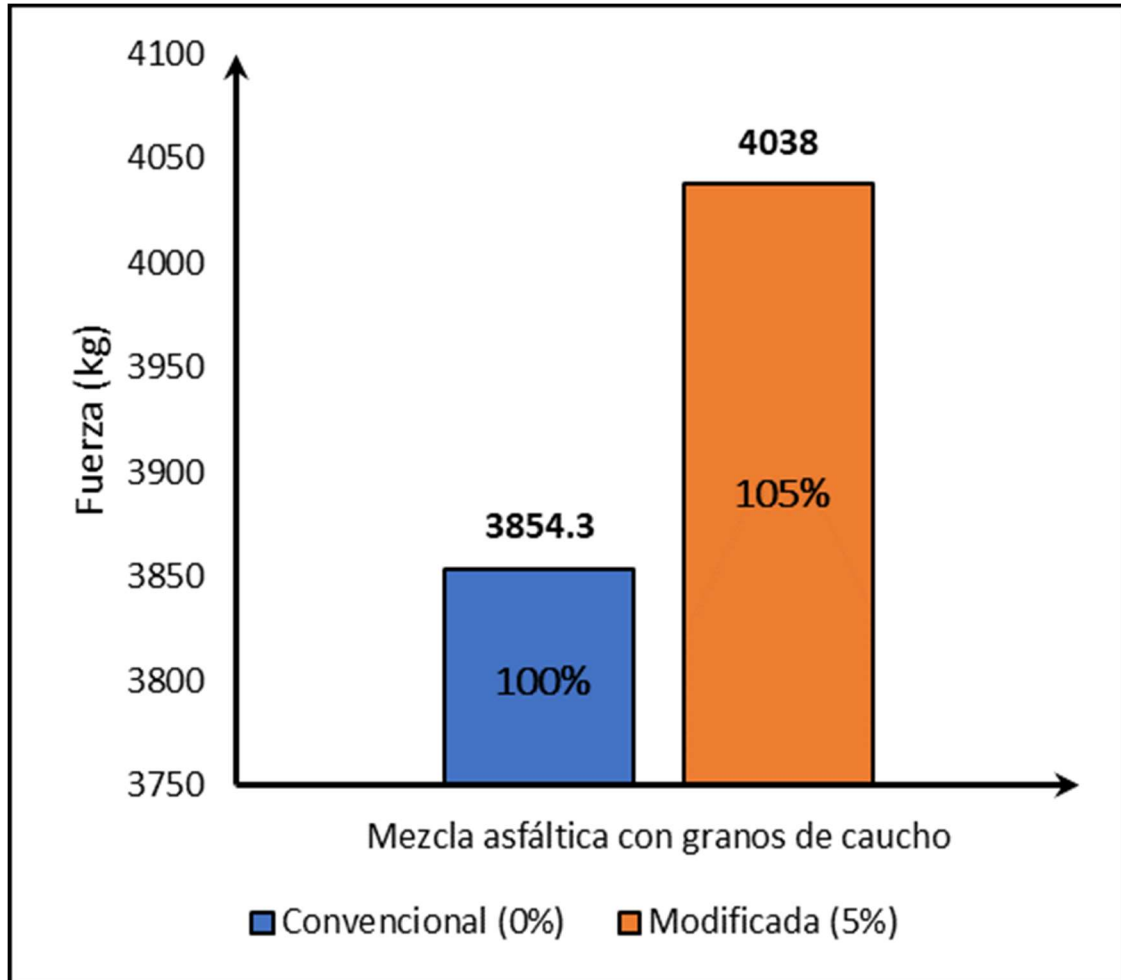


Figura 43: Barras comparativas de máxima carga aplicada entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas sin acondicionamientos - MÁXIMA CARGA APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA NO ACONDICIONADA.

Del gráfico comparativo, las máximas cargas que soporta ambas mezclas asfálticas sin acondicionamientos (secas): la convencional con 3854 kg y la modificada con 5% de caucho por vía húmeda soporta una carga de 4038 kg, es decir, 5 % más que la mezcla convencional, ambas cargas sobre un promedio de área 81 cm² establecido el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

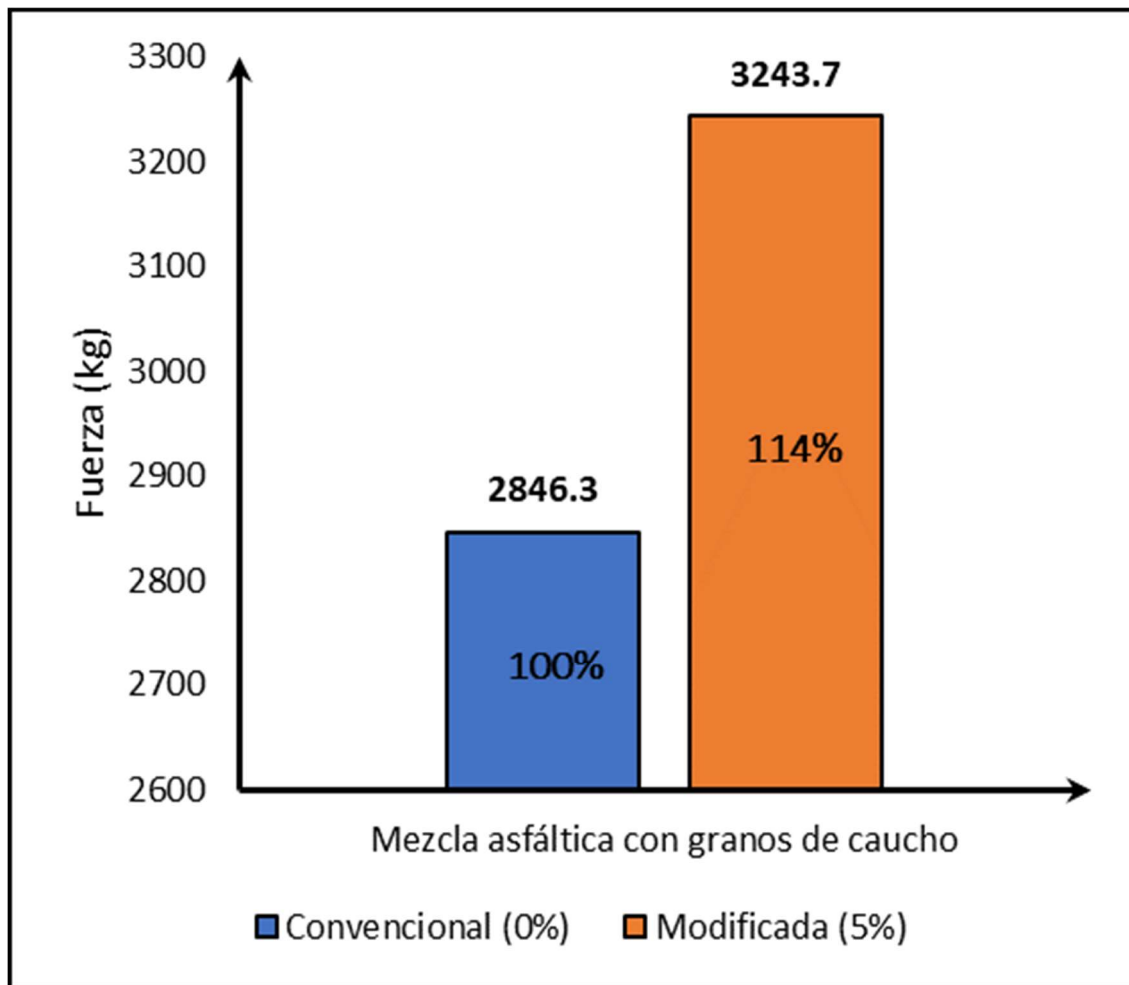


Figura 44: Barras comparativas de máxima carga aplicada entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas con acondicionamientos - MÁXIMA CARGA APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA ACONDICIONADA.

En el gráfico comparativo se observa las máximas cargas que soporta ambas mezclas asfálticas acondicionadas: la convencional es de 2846.3 kg, mientras que la mezcla asfáltica modificada con 5% de caucho por vía húmeda soporta una carga de 3246.7 kg, es decir, 14 % más que la mezcla convencional, ambas cargas sobre un promedio de área 81 cm² como lo establece el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

b) Relación fuerza/área

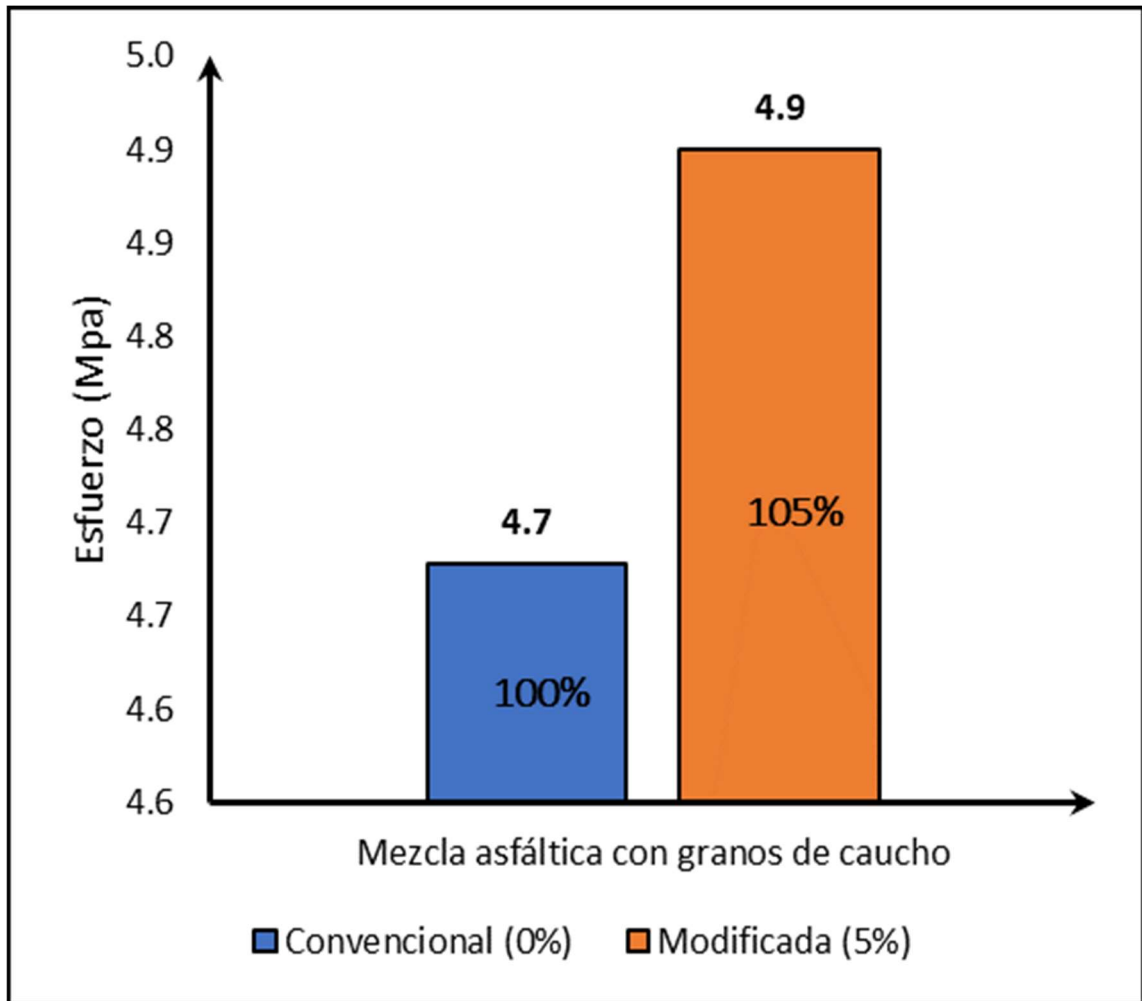


Figura 45: Barras comparativas de esfuerzo máximo aplicado entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas sin acondicionamientos - ESFUERZO MÁXIMO APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA NO ACONDICIONADA.

Observamos que los esfuerzos máximos en las mezclas asfálticas sin acondicionamientos (secas): la convencional es de 4.7 Mpa (47.7 kg/cm²), mientras que la mezcla asfáltica modificada con 5% de caucho por vía húmeda se obtuvo 4.9 Mpa (50 kg/cm²), es decir, 5 % más que la mezcla convencional, ambas cargas sobre un promedio de área 81 cm² como lo establece el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

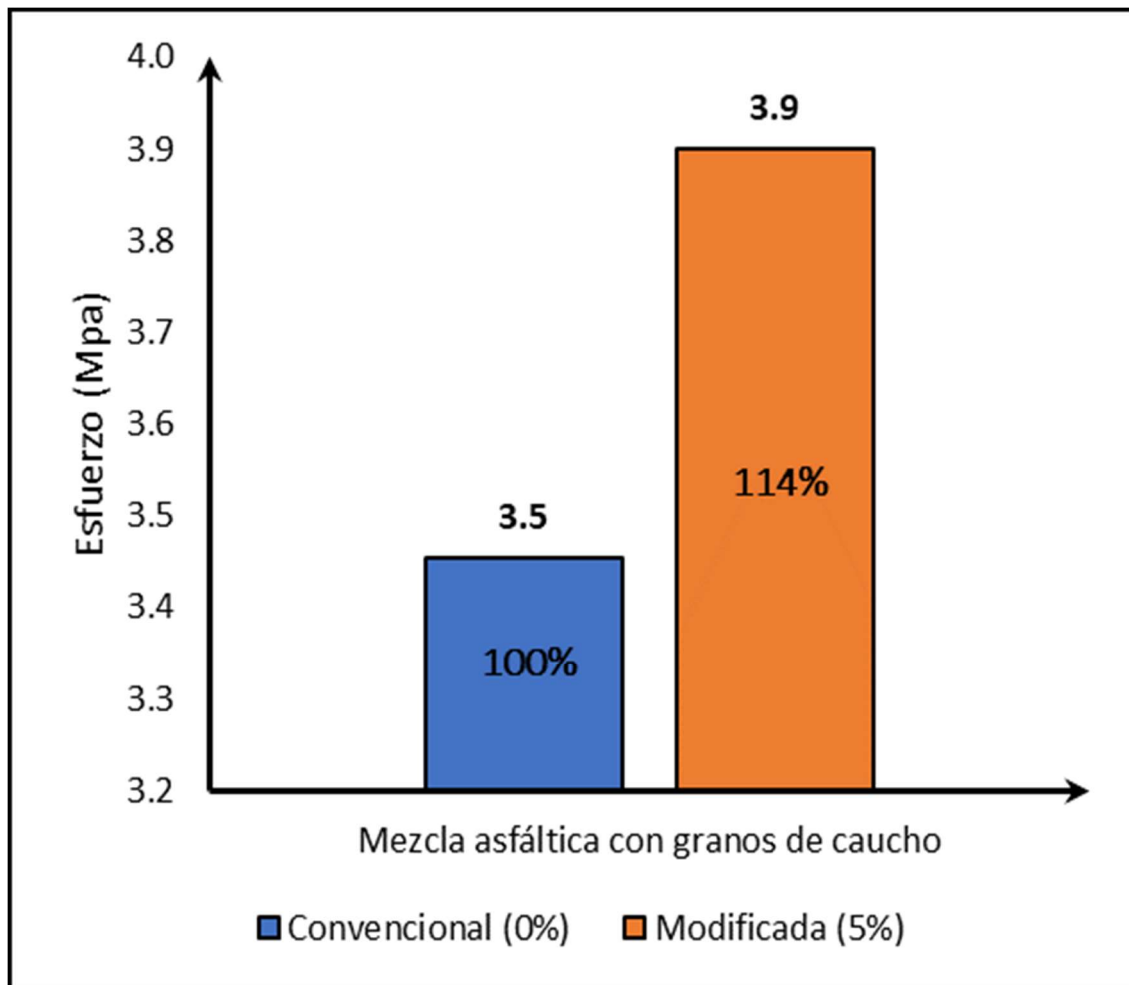


Figura 46: Barras comparativas de esfuerzo máximo aplicado entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas sin acondicionamientos - ESFUERZO MÁXIMO APLICADA EN MEZCLA ASFÁLTICA ACONDICIONADA.

Del gráfico comparativo, observamos que los esfuerzos máximos en las mezclas asfálticas acondicionadas: la convencional es de 3.5 Mpa (35.5 kg/cm²), mientras que la mezcla asfáltica modificada con 5% de caucho por vía húmeda se obtuvo 3.9 Mpa (40 kg/cm²), es decir, se incrementó en un 14 % respecto a la mezcla asfáltica convencional, ambas cargas sobre un promedio de área 81 cm² como lo establece el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

c) Índice de resistencia retenida

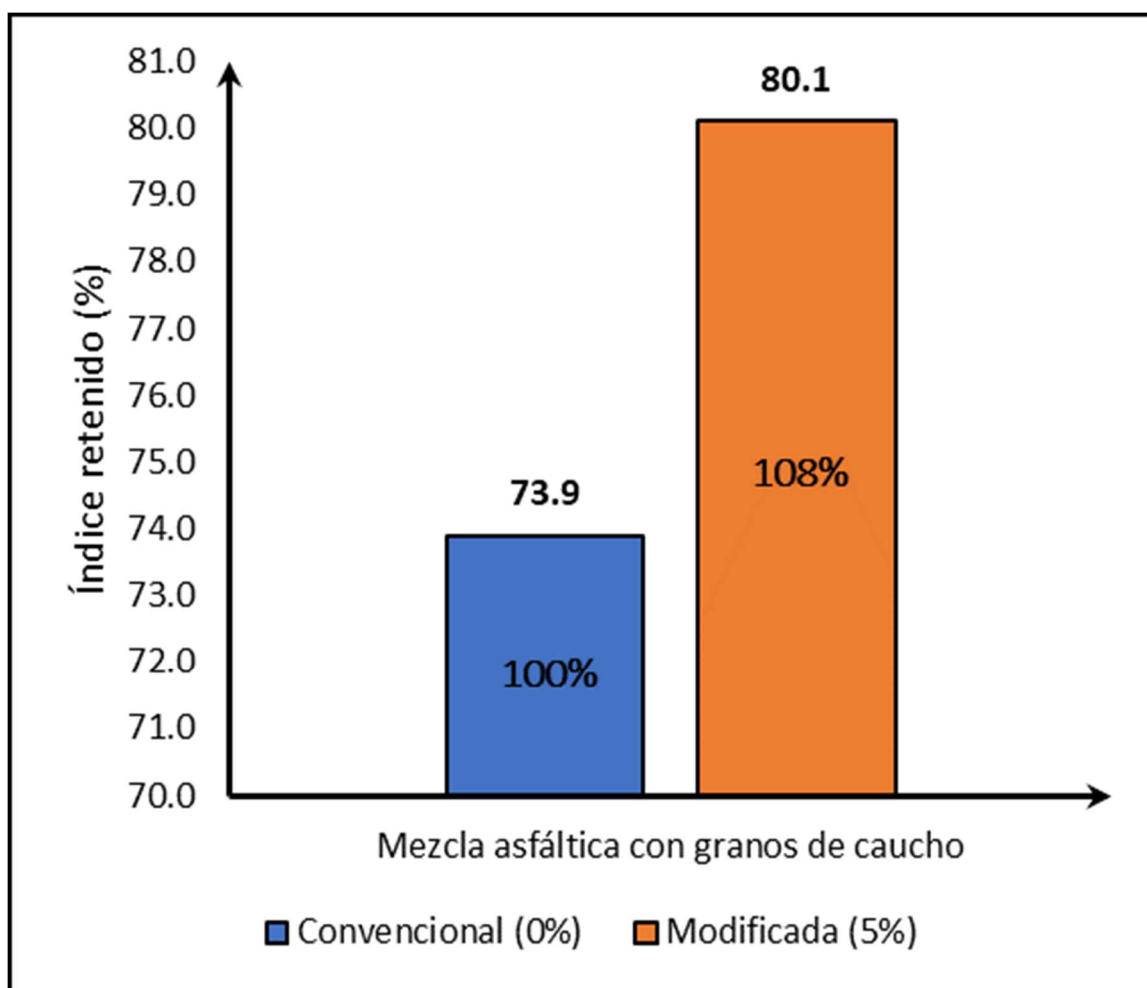


Figura 47: Barras comparativas de índice retenido entre la mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – ÍNDICE RETENIDO (%).

Para el índice de resistencia retenida, observamos en el gráfico que la mezcla asfáltica convencional fue 73.9%, mientras que la mezcla asfáltica modificada con 5% de caucho por vía húmeda se obtuvo 80.1%, es decir, se incrementó en un 8 % respecto a la mezcla asfáltica convencional, ambas cargas sobre un promedio de área 81 cm²; el porcentaje mínimo de resistencia retenida establecida en el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) es de 75%, en ese sentido, la mezcla asfáltica convencional no estaría cumpliendo dicho mínimo, caso contrario que sucede con la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho (5%).

3.3.3 La resistencia al daño inducido por humedad acrecentará con la incorporación de caucho.

El contenido óptimo de asfalto para la mezcla asfáltica convencional 5.7% y para la modificada (5% granos de caucho) el contenido óptimo de asfalto fue de 6.2 %, ambos con 0.5% de aditivo QUIMIBON 3000 y con 75 golpes para cada cara de la briqueta.

3.3.3.1 Resultados de laboratorio

Tabla 27. Número de golpes (10, 20, 30, 40 y 50) y porcentajes de vacíos obtenidos con la mezcla asfáltica convencional

Mezcla asfáltica convencional			
Nº de golpes	% Vacíos	Rice (g/cm ³)	Gravedad esp. (gr/cm ³)
10	11.9	2.485	2.190
20	9.7	2.485	2.244
30	8	2.485	2.287
40	7.2	2.485	2.306
50	6.8	2.485	2.317

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Número de golpes (10, 20, 30, 40 y 50) y porcentajes de vacíos obtenidos con la mezcla asfáltica modificada (5% de caucho)

Mezcla asfáltica modificada			
Nº de golpes	% Vacíos	Rice (g/cm ³)	Gravedad esp. (gr/cm ³)
10	9.7	2.435	2.198
20	8.1	2.435	2.237
30	7.7	2.435	2.248
40	6.8	2.435	2.270
50	5.7	2.435	2.296

Fuente: elaboración propia.

Tabla 29. Resistencia a la tensión de briquetas con mezcla asfáltica convencional acondicionadas y no acondicionadas con $7 \pm 0.5\%$ de vacíos.

Tipo de mezcla	Convencional (0%)					
	No acondicionado			Acondicionado		
Estado de muestra						
Nº de especimen	I	III	VI	I	IV	V
Promedio de vacíos (%)	6.7			7.3		
Resistencia a la tensión (PSI)	76.52	77.98	77.06	62.9	60.86	62.03
Promedio de tensión (PSI)	77.19			61.83		
Razón del esfuerzo a la tensión (%)	74.83					

Fuente: elaboración propia.

Tabla 30. Resistencia a la tensión de briquetas con mezcla asfáltica modificada (5% de granos de caucho) acondicionadas y no acondicionadas con $7 \pm 0.5\%$ de vacíos.

Tipo de mezcla	Modificada (5%)					
	No acondicionado			Acondicionado		
Estado de muestra						
N° de especimen	2	3	5	1	4	6
Promedio de vacíos (%)	6.7			7		
Resistencia a la tensión (PSI)	102.06	96.33	99.45	68.95	79.97	73.37
Promedio de tensión (PSI)	99.28			74.1		
Razón del esfuerzo a la tensión (%)	80.23					

Fuente: elaboración propia.

3.3.3.2 Interpretación de resultados

a) Número de golpes:

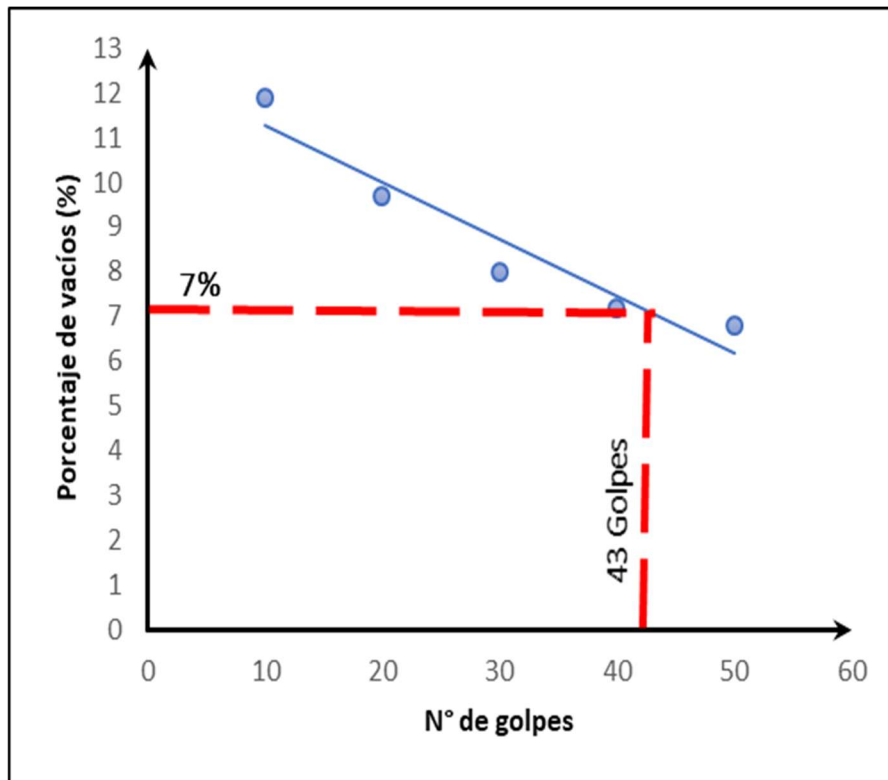


Figura 48: Gráfica de porcentaje de vacíos generados por 50, 40, 30, 20 y 10 golpes en mezcla asfáltica convencional – PORCENTAJE DE VACÍOS Y NÚMERO DE GOLPES.

En el gráfico se observa la cantidad de vacíos generados por cada número de golpes efectuados en la compactación en la mezcla asfáltica convencional; para realizar el ensayo resistencia inducido por humedad debe obtenerse el $7 \pm 0.5\%$ de vacíos en la mezcla asfáltica como se establece en la norma AASTHO T 283 o MTC E 522 (manual de carreteras del MTC), en este caso el número de golpes para dicho contenido de vacíos es de 43.

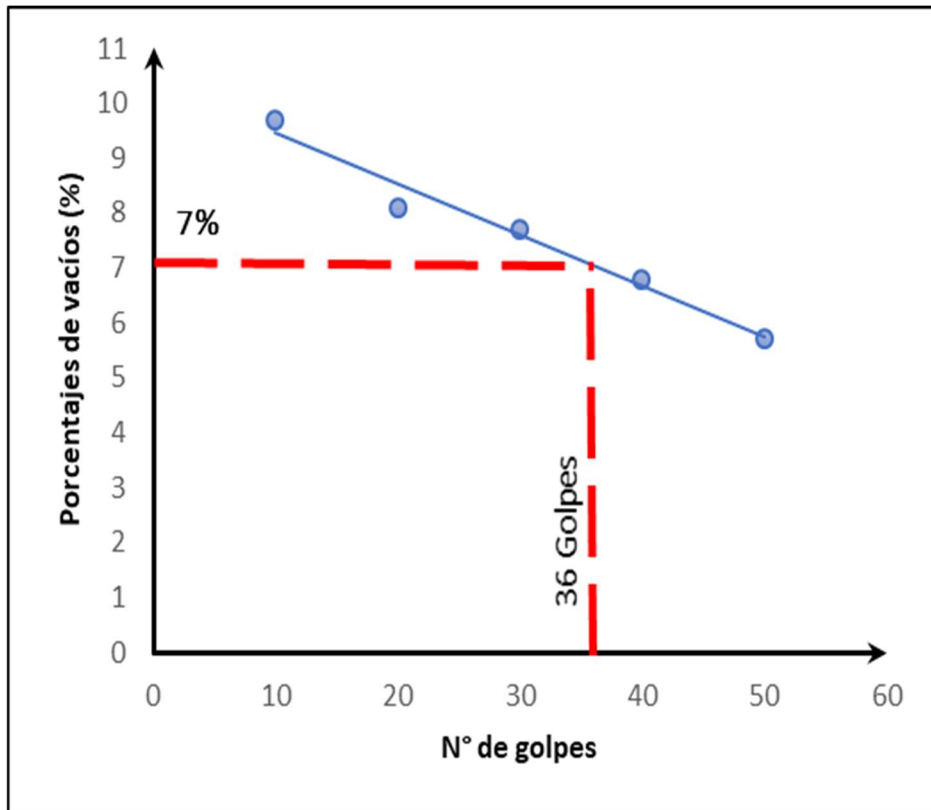


Figura 49: Gráfica de porcentaje de vacíos generados por 50, 40, 30, 20 y 10 golpes en mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – PORCENTAJE DE VACÍOS Y NÚMERO DE GOLPES.

Del gráfico comparativo, se observa la cantidad de vacíos generados por cada número de golpes efectuados en la compactación en la mezcla asfáltica modificada (5% de granos de caucho); para realizar el ensayo resistencia inducido por humedad debe obtenerse el $7 \pm 0.5\%$ de vacíos en la mezcla asfáltica como se establece en la norma AASTHO T 283 o MTC E 522 (manual de carreteras del MTC), en este caso el número de golpes para dicho contenido de vacíos es de 36.

b) Porcentaje de vacíos:

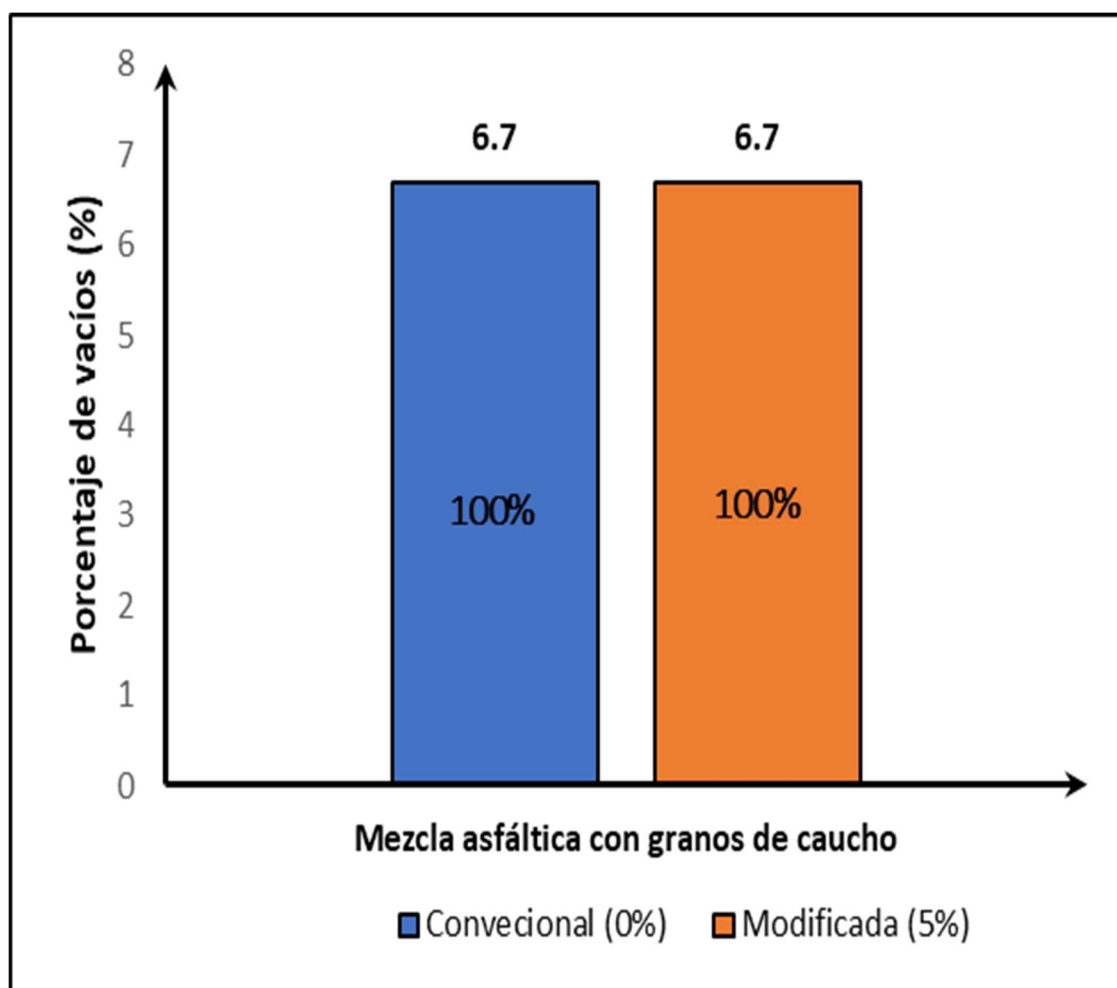


Figura 50: Barras comparativas del promedio de porcentaje de vacíos entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas no acondicionadas – PORCENTAJE DE VACÍO EN BRIQUETAS SIN ACONDICIONAMIENTOS.

Del gráfico comparativo: los promedios de porcentajes de vacíos en la mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho), ambas sin acondicionamientos, son de 6,7%; valores que se encuentran dentro de lo establecido por la norma AASTHO T 283 o MTC E 518 que es de $7 \pm 0.5\%$.

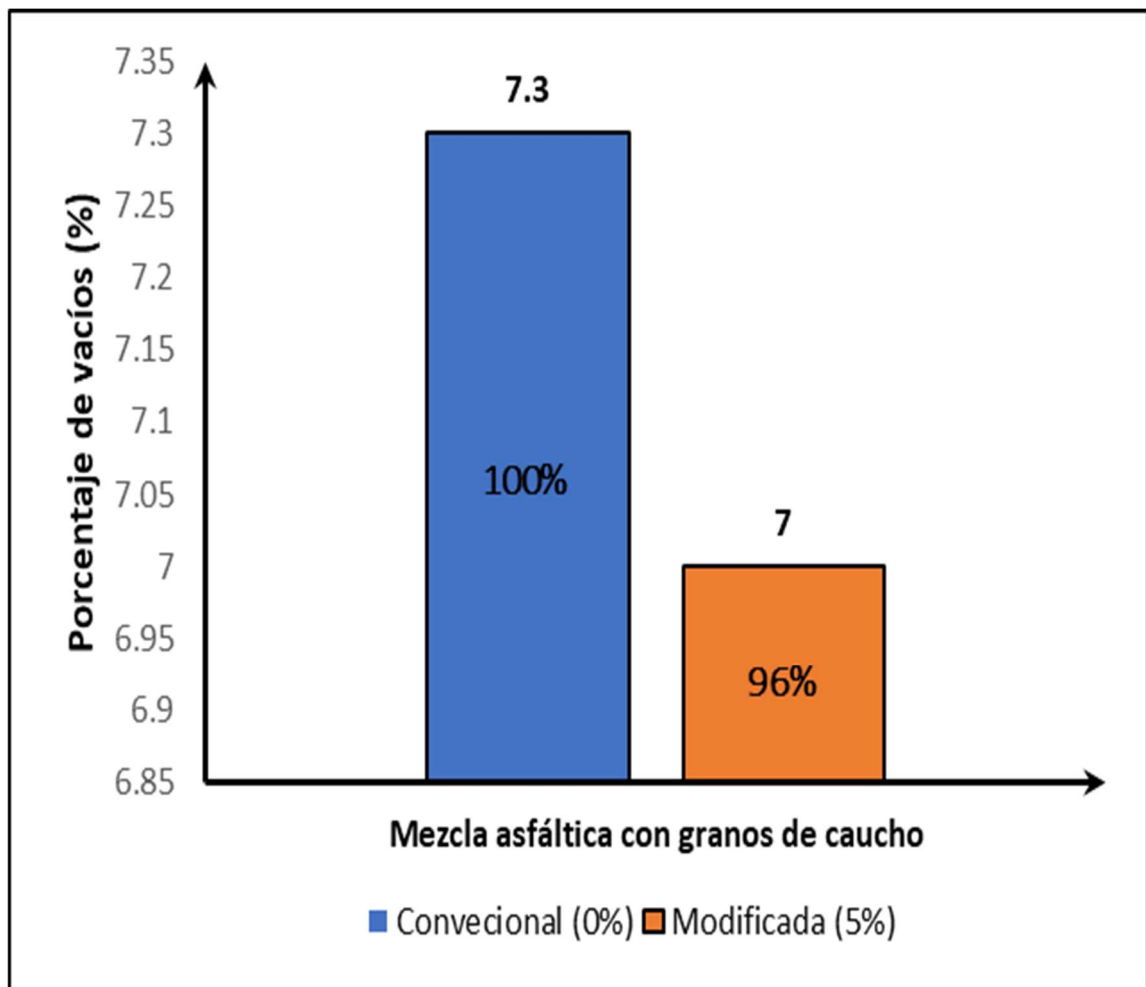


Figura 51: Barras comparativas del promedio de porcentaje de vacíos entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas acondicionadas – PORCENTAJE DE VACÍO EN BRIQUETAS ACONDICIONADAS.

Observamos que los promedios de porcentajes de vacíos en la mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho), ambas acondicionadas, son de 6,7%; valores que se encuentran dentro de lo establecido por la norma AASTHO T 283 o MTC E 518 que es de $7 \pm 0.5\%$.

c) **Esfuerzo a tensión**

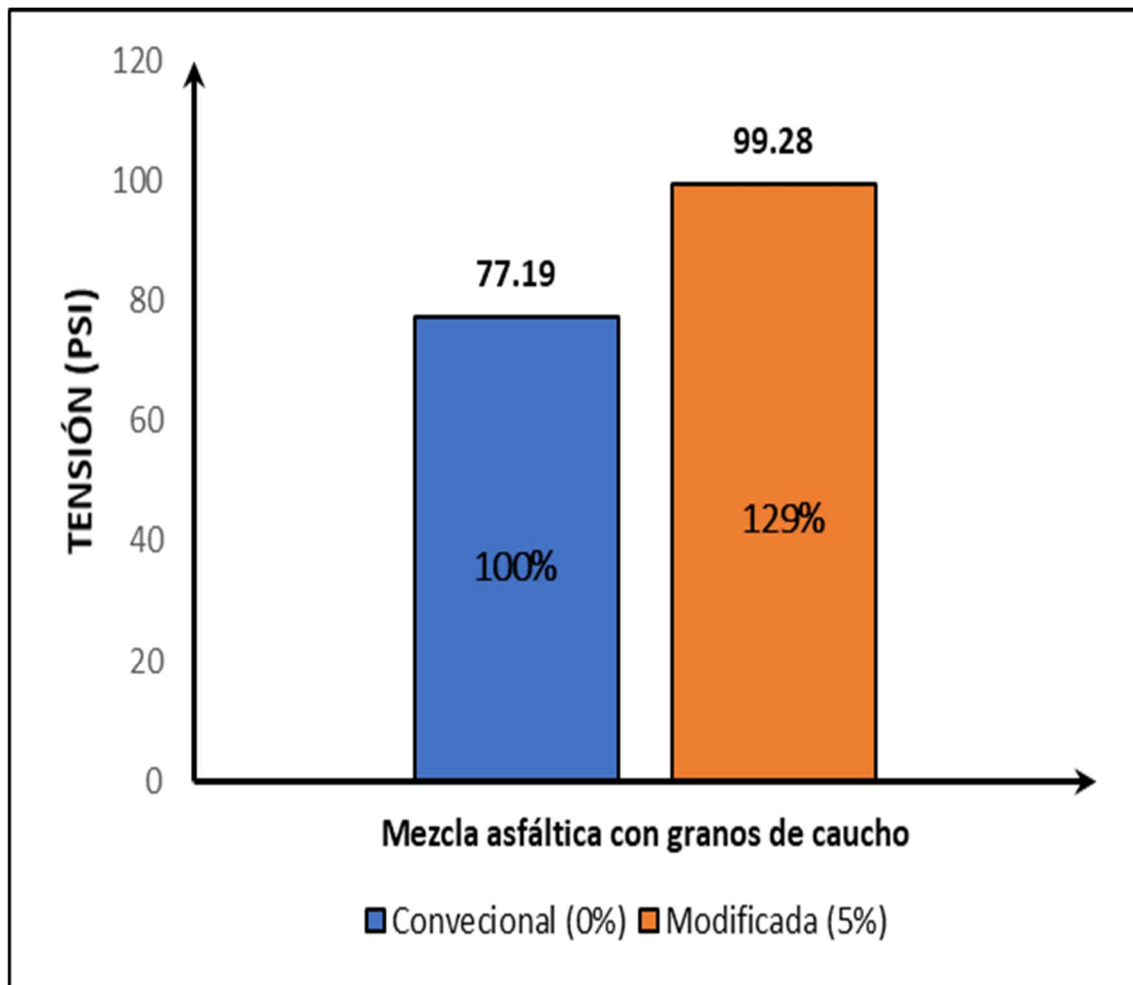


Figura 52: Barras comparativas del promedio de resistencia a la tensión entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas no acondicionadas – RESISTENCIA EN BRIQUETAS A TENSIÓN SIN ACONDICIONAR.

En el gráfico comparativo se observa que el promedio de resistencia a la tensión en las briquetas sin acondicionamientos (secas) para la mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho) son de 77.19 PSI y 99.28 PSI respectivamente, es decir, la resistencia a la tensión de la mezcla asfáltica modificada respecto a la convencional se incrementó en un 29%.

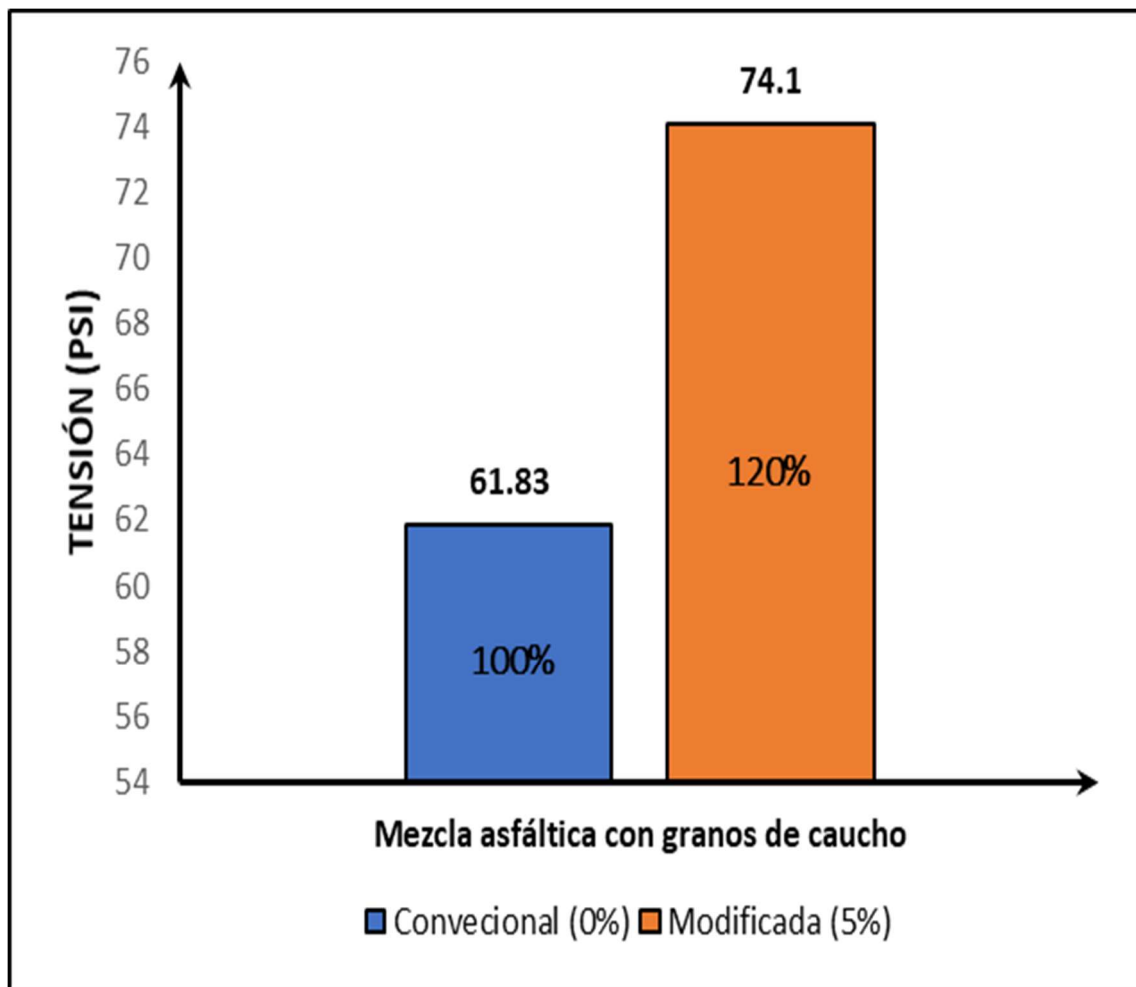


Figura 53: Barras comparativas del promedio de resistencia a la tensión entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho, ambas acondicionadas – RESISTENCIA A TENSIÓN EN BRIQUETAS ACONDICIONADAS.

Observamos de los gráficos que el promedio de resistencia a la tensión en las briquetas acondicionadas para la mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho) son de 61.83 PSI y 74.10 PSI respectivamente, es decir, la resistencia a la tensión de la mezcla asfáltica modificada respecto a la convencional se incrementó en un 20%.

c) Razón del esfuerzo a tensión

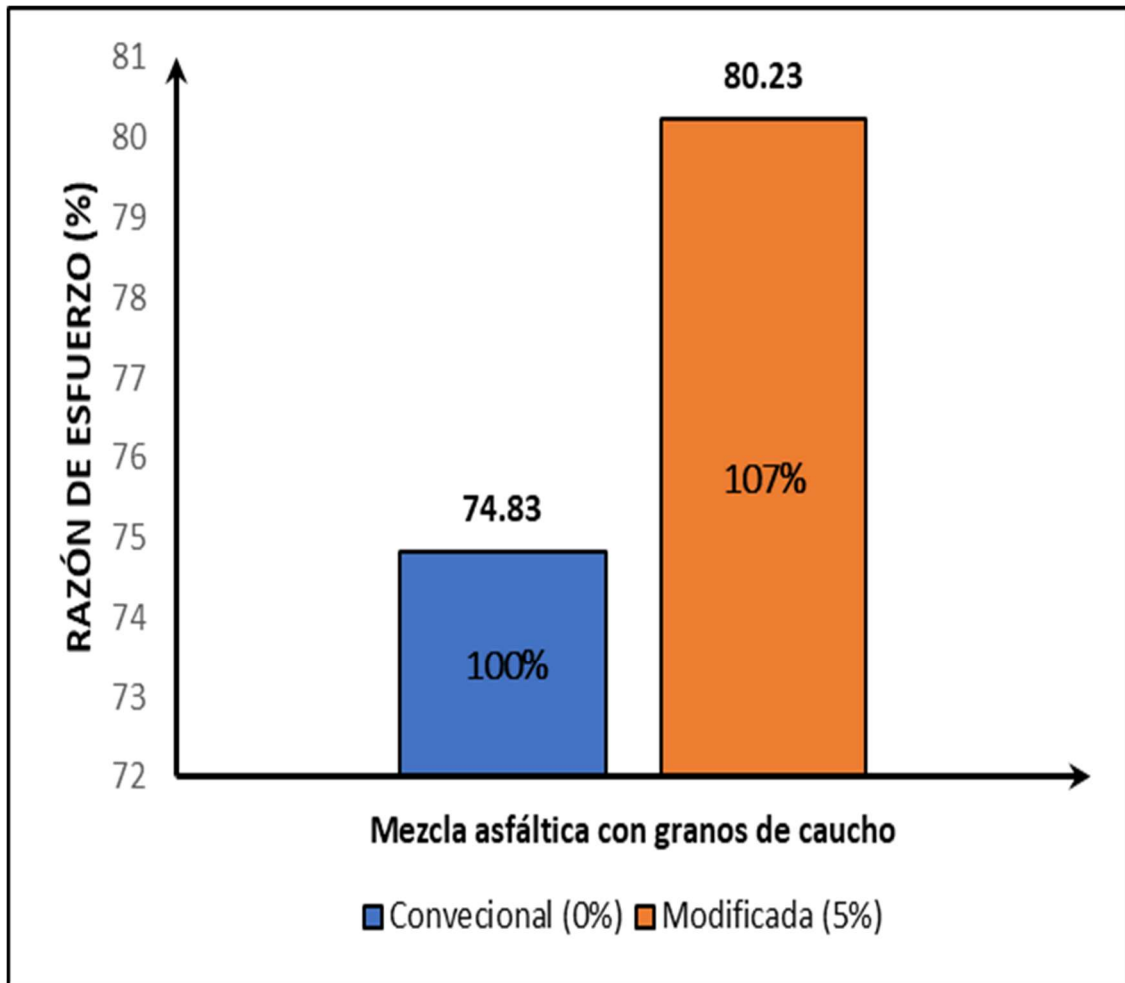


Figura 54: Barras comparativas de razón de esfuerzo a tensión entre briquetas de mezcla asfáltica convencional (0%) y mezcla asfáltica modificada con 5% granos de caucho – RAZÓN DE ESFUERZO A TENSIÓN.

En el gráfico comparativo se observa que la razón del esfuerzo a la tensión de briquetas para la mezcla asfáltica convencional y modificada (5% de granos de caucho) son de 74.83% y 80.23% respectivamente, es decir, la resistencia a la tensión de la mezcla asfáltica modificada presenta un incremento respecto a la convencional de 7%.

3.4 Contrastación de hipótesis:

3.4.1 La deformación de la mezcla asfáltica disminuirá con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Ho: La deformación de la mezcla asfáltica no disminuirá con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Ha: La deformación de la mezcla asfáltica disminuirá con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Para la presente dimensión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa porque a pesar de no incrementar la deformabilidad de la mezcla asfáltica modificada observamos que los valores obtenidos, tanto estabilidad como flujo, se aproxima a la mezcla con asfalto convencional.

La validación de la hipótesis se basó únicamente en los resultados obtenidos de cuatros diseño Marshall (diferentes porcentajes de caucho), en el que se resaltó y comparó entre ellos sus propiedades físicas, mecánicas y volumétricas, en base a los valores permitidos por el manual de carreteras y con ello se seleccionó el óptimo porcentaje de granos de caucho incluidos en la mezcla asfáltica que mejor se desempeñó, respecto a su deformación.

Para modificar la mezcla asfáltica con granos de caucho se tuvo que incorporar el caucho al asfalto a una temperatura variable y mayor respecto a una mezcla convencional (145 ± 5 °C), según el porcentaje de prueba: para 5% a 170 °C, con 10% a 185 °C y 200 °C para el 20% de granos de caucho; lo cual aparentemente existiría un envejecimiento prematuro del asfalto por la elevada temperatura de trabajo, sin embargo, los granos al ser cubiertos por el asfalto se crea una masa más elastoplástica y un material más resistente al desgaste no permitiendo el envejecimiento antes mencionado. Para la temperatura de mezclado entre agregados y asfalto caucho fueron las mismas que la de incorporación, según el porcentaje de caucho.

De acuerdo con los datos de las propiedades volumétricos obtenidas, se presenció mayor porcentaje de vacíos a medida que se incorporaba más porcentaje de caucho, debido a que, los granos de caucho ocupan mayor espacio en el bitumen haciéndolo más denso y no permitiendo un mezclado apropiado con los agregados. Para el 20% de granos de caucho en

el asfalto se obtuvo 9.5%, 8.2% de vacíos para 10% de caucho y 4.2% en vacíos para 5% de granos de caucho, siendo este último quien cumple con los requerimientos del MTC para la producción de mezcla asfáltica.

Luego se analizó el valor de las cargas máximas de falla (estabilidad) y máxima longitud de deformación (flujo) donde encontramos una estabilidad media de 1202.4 kg con 5% de granos de caucho, con el pico más alto con 10% de granos de caucho a 1260.4 kg y un decremento de estabilidad a 1104.4 con 20% de caucho en granos. Respecto a la longitud de deformación se presentó de la siguiente manera: 4.5 mm para 5% y 10%, y 6.4 mm para el 20%, concluyendo que el primero (5%) es el óptimo contenido de caucho en asfalto.

3.4.2 La resistencia a la compresión - inmersión incrementará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Ho: La resistencia a la compresión - inmersión no incrementará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Ha: La resistencia a la compresión - inmersión incrementará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Para la presente hipótesis, rechazaremos la nula y aceptaremos la alternativa en base a los resultados porque al someter las briquetas a cargas axiales, tanto a condiciones seca y a condiciones de humedad, obtenemos incrementos en la capacidad de carga máxima y en el esfuerzo a compresión; esto indica que la mezcla asfáltica modificada tiene un mejor desempeño respecto a la mezcla convencional cuando se le aplica esfuerzo a compresión en condiciones seca y con presencia de humedad.

La contrastación de hipótesis se argumenta en una comparación de esfuerzo producidos en la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho y los esfuerzos que se generan en a mezcla asfáltica convencional.

Partiendo del porcentaje óptimo de granos de caucho que se obtuvo antes (5%) se elaboró 12 briquetas de Ø4" x 4" de altura compactados con 75 golpes, como lo establece el manual de ensayo de materiales (MTC 2016). Se dividió en dos grupos de 6 (mezcla modificada y convencional) y estos, a su vez, en 2 subgrupos, 3 briquetas de control y 3 acondicionadas a la inmersión del agua, la cual se aplicaron fuerzas a compresión hasta obtener su máximo esfuerzo de falla.

Los esfuerzos registrados por el aparato Marshall reflejan un incremento de 5% resistencia a la compresión de la mezcla modificada sobre la convencional en condiciones secas (25 °C), para briquetas inmersas en agua se obtuvo un incremento de 14% favor de la mezcla modifica en comparación con la convencional, y para el índice retenido las briquetas modificadas se incrementaron en 8%, debido a que existe se presencia menor disminución de resistencia en las briquetas de mezcla modificada respecto a las no modificadas.

De lo anterior, se establece que al incorporarle 5% de granos de caucho a la mezcla asfáltica y someterla a las mismas condiciones de temperatura y carga se evidencia un incremento de esfuerzo.

3.4.3 La resistencia a la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica acrecentará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Ho: La resistencia a la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica no acrecentará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Ha: La resistencia a la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica acrecentará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa al obtener los resultados que confirma un incremento de la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho en comparación de una mezcla convencional, para ello, se sometió las todas las briquetas a condiciones de climas extremos.

Para el contraste de hipótesis plateada se recurrió a datos comparativos entre la mezcla asfáltica convencional y otra modificada con caucho, la cantidad de briquetas intervinientes fueron 32 unidades, 16 modificados con granos de caucho (5%) y 16 con asfalto convencional, cabe mencionar que el 50% de briquetas se expuso a condiciones de congelamiento.

Para ello se realizó una pre investigación a fin de obtener el número de golpes que pueda producir el $7\% \pm 5$ de vacío en briquetas de mezcla asfáltica convencional y modificada, para ello se compactó ambos grupos de briquetas con 10, 20, 30, 40 y 50 golpes y mediante una gráfica de tendencia lineal se determinó que con 43 goles de compactación en briquetas

con asfalto convencional se obtiene un promedio de 7% de vacíos y 36 golpes de compactación son necesarios para obtener el mismo promedio de vacíos en la una mezcla modificada con granos de caucho. Para realizar los esfuerzos a tracción indirecta y poder compararlo se distribuyó las briquetas en dos grupos, 50% a condiciones de presión en vacío (25°C), congelamiento (-18 °C) y baño de agua a (60 °C), y el otro 50% de briquetas solo condiciones de baño último mencionado. También mediante una inspección visual evidencia perdida de adherencia solo en la mezcla asfáltica modificada, debido a que incrementa la viscosidad del asfalto producto de la incorporación de granos de caucho.

Los resultados obtenidos se comprobaron un 20% de incremento en tensión en la mezcla modificada posterior a los acondicionamientos (presión al vacío, deshielo) en comparación a la mezcla con asfalto convencional, y 29% para las no acondicionadas.

Luego de evidenciar los resultados se muestra una superioridad de tensión en falla que puede presentar una mezcla asfáltica al incorporarle granos de caucho al ser inducido por humedad.

3.4.4 Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica mejorará con la incorporación de caucho por vía húmeda.

Ho: El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica no mejorará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Ha: El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica mejorará con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018.

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa porque se observa que los valores de la resistencia a la inmersión-compresión y la resistencia al daño inducido por humedad son incrementados, no obstante, la deformación no presenta un cambio significativo, pero si conserva al igual que una mezcla asfáltica no modificada.

El asfalto como material que une a los agregados al ser modificado con 10% con granos de caucho, respecto a la masa de asfalto, adquiere la rigidez de estos produciendo en la mezcla final un incremento de su máxima carga de falla (estabilidad) y en la longitud de su deformación (flujo); es por ello que una mezcla asfáltica obtiene un mejor desempeño de su deformación en comparación a una mezcla asfáltica convencional, sin embargo, uno de los requisitos establecidos por el MTC para la producción de mezcla asfáltica es el porcentaje

de vacíos, de ahí que se descarta el 10% de granos agregados en la mezcla por exceder de lo permitido y se acepta el 5% como el óptimo porque cumple con todas las especificaciones.

Para el comportamiento mecánico de las briquetas modificadas con 5% de granos de caucho se obtuvieron mayores cargas a compresión, respecto a otros grupos de briquetas convencionales, donde se obtuvo un incremento del 5% cuando fueron inmersas en agua (60 °C) y 14% en condiciones de ambiente (25 °C).

Dado la incorporación de granos de caucho al 5% de la masa total del asfalto, se disminuyó la susceptibilidad propia del asfalto, con esto se consiguió incrementar la rigidez del bitumen modificado, por consiguiente, una mayor resistencia (20%) de las briquetas inducidas por humedad a temperaturas bajas (-18 °C) y altas (60 °C)

IV. Discusión

4.1 La deformación de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda.

De acuerdo con nuestros resultados obtenidos, contenido caucho al asfalto es el 5% debido a que los indicadores de la deformación de la mezcla asfáltica fueron las más cercanas a la de la mezcla convencional; estabilidad 11,8 kN comparado con 12,11 kN (2,6% menos) y con un flujo de 4,5 mm en comparación con 3,5 (13% mayor).

Vega (2016) en su investigación: **Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico**. La mezcla asfáltica modificada con 1% (porcentaje óptimo) granos de caucho, por vía seca, y 6.6% contenido de asfalto refleja un aumento en el porcentaje de vacíos (6,08%) y es el principal factor para que los valores de resistencia máxima a su deformación no mejoren: la estabilidad disminuye en 12,71% y se mantiene constante el flujo .

Pereda y Cuba en el 2015, desarrollaron una **“Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y de comparación técnico – económico con los asfaltos convencionales”**, se modificó el asfalto RC 70 al incorporarle 20% de granos de caucho y 1.5% de azufre, luego se realizaron ensayos y encontraron mejoras de sus propiedades al bitumen como: un incremento de la recuperación elástica, la disminución de la susceptibilidad térmica, un aumento del punto de ablandamiento y una mayor resistencia a la penetración en el asfalto modificado, y finalmente establecieron que la resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica acrecentará en 37%.

En concordancia con Vega, según nuestros resultados, el porcentaje de granos de caucho incorporados en la mezcla asfáltica es directamente proporcional al porcentaje de vacíos, sin embargo, el aumento del porcentaje de estos no modifica significativamente la estabilidad, pero sí incrementa el flujo de la mezcla asfáltica modificada.

Respecto Pereda y Cuba, la mezcla asfáltica modificada con 20% de granos de caucho mejoraría la deformación plástica de la misma, pero para nosotros que realizamos el ensayo Marshall a la mezcla asfáltica con los mismos 20% de granos de caucho y por la misma vía de incorporación, no encontramos mejoras en la deformación porque la estabilidad se conservó y el flujo aumento, en comparación con una mezcla asfáltica convencional.

Con todo ello, la deformación de la mezcla asfáltica se conserva y se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el manual de especificaciones técnicas EG-2013.

4.2 La resistencia a la inmersión – compresión de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda.

Al observar los resultados, encontramos que los esfuerzos a compresión entre briquetas modificada se incrementaron respecto a la convencional: acondicionamientos (60 °C) fue de 4,7 Mpa comparado con 4,9 Mpa (5% mayor) y sin acondicionamientos (25 °C) resultó 3,5 Mpa al compararlo con 3,9 Mpa (14% mayor), y para la resistencia se incrementó de 73,9% a 80,1% (8% mayor).

Alvarez y Carrera (2017), desarrollaron una investigación titulada: **Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica**”; determinando que el óptimo contenido de granos de caucho, como agregado de la mezcla asfáltica, se encuentra en un rango de 1.5% y 2% para cumplir con los estándares establecidos por el MTC en cuanto a resistencia a la compresión se refiere, además que a mayor porcentaje de granos de caucho se presentan una disminución en el esfuerzo a compresión y la densidad.

Como se puede observar, producir mezcla asfáltica modificada con 5% de granos de caucho incrementa la resistencia a la inmersión – compresión, llegando incluso mayor a los 2,1 Mpa en resistencia a la compresión y 75 % en el índice de resistencia retenida que establece el manual de especificaciones técnicas EG-2013.

4.3 La resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación reflejan un incremento, pues con 7% de vacíos obtiene una resistencia conservada de TSI 80,23% en comparación al 6,7 % de vacíos y TSI= 74,83% (7% mayor).

Mejía en el 2015, investigó la **Influencia del polvo de neumático en la tensión indirecta y energía de fractura de las mezclas asfálticas tibias**, los resultados obtenidos en la prueba de tracción indirecta, se observó que la mezcla con el 10% de polvo de neumático y 6% de contenido óptimo de asfalto fue la que tuvo mejores resultados (TSR= 65,04% y PV= 9,66%), sin embargo, no cumple con la norma AASTHO T283.

Al respecto, en base sus resultados una mezcla asfáltica modificada por vía húmeda, con 5% de granos de caucho presenta un incremento de dicha resistencia, no obstante, presentó pérdida de adherencia entre el asfalto modificado y los agregados que componen la mezcla asfáltica que pudo ser evaluado mediante una inspección visual, pero cumple los 7% de vacíos y los 80% de resistencia conservada que establece el manual de especificaciones técnicas EG-2013.

4.4 Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda.

Según nuestros resultados, incorporar 5% de granos de caucho por vía húmeda en la deformabilidad presento poco progreso, pues la estabilidad se redujo en 97.4% y el flujo incrementó en 13%; en la resistencia a la compresión se obtuvo incrementos en 5% para briqueta no acondicionada y un 14% en la briqueta acondicionada; finalmente, la resistencia al daño inducido por humedad aumentó 20% en briqueta seca y 29% para briquetas en condicionamientos extremos.

Para Estrada (2016) en su investigación: **Estudio de propiedades físico-mecánicas y de durabilidad del hormigón con caucho**; sustituir cierto volumen de agregado fino por granos de caucho de 5%, 10% y 15% reducen las propiedades mecánicas – físicas de la mezcla asfáltica, por consiguiente, el uso de esta nueva mezcla asfáltica modificada tiene que limitarse a funciones no estructurales.

Asimismo, Carrizales (2015) en su investigación: **Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles**; la mezcla asfáltica modificada con 3% 5%, 7% y 9% de granos de caucho reciclado de neumáticos, incorporados por vía seca, no mejora el comportamiento físico-mecánico de la misma, pues los valores obtenidos al realizar el ensayo Marshall estuvieron por debajo de los parámetros establecidos por el MTC.

Por otro lado, la Universidad de Los Andes a través de la investigación: **Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas**; considera, en absoluto, mejoras en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica al incorporar granos de caucho a través de vía húmeda o seca con 15% y 3% respectivamente, porque manifiesta un incremento en la resistencia a la deformación plástica la mezcla asfáltica modificada y más aún cuando se modifica por vía húmeda.

Con todo lo anterior, podemos observar que de acuerdo con nuestros resultados la mezcla asfáltica mejoró sus propiedades mecánicas, con la condición de usar un contenido de granos de caucho al 5% respecto a la masa de asfalto y con contenido óptimo de asfalto-caucho de 6.2%, pues cumple con los requisitos de producción de mezcla establecidos por el MTC en su manual de especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

V. Conclusiones

- La deformación de la mezcla asfáltica modificada con 5% de granos de caucho se en comparación con la mezcla convencional presentó una pequeña disminución de 2.6% de estabilidad máxima y un aumento de 13% longitud de flujo, sin embargo, estos valores encuentran en los intervalos permitidos por el MTC (EG – 2013).
- Incorporarle 5% de granos de caucho por vía húmeda a mezcla asfáltica mejora la resistencia a la inmersión – compresión, porque incrementa su capacidad de carga, su esfuerzo máximo, en 5% en briquetas no acondicionadas (secas) y acondicionadas en un 14%, y para el índice retenido aumenta en un 8%.
- La mezcla asfáltica tuvo un mejor desempeño al daño inducido por humedad al agregarle 5% de granos de caucho, incorporados por vía húmeda; la tensión máxima en las briquetas no acondicionadas es 29% y acondicionadas 20% mayores y para la razón de esfuerzo aumentó en un 7%, no obstante, mediante una inspección visual se observó una pérdida de adherencia en la mezcla asfáltica modificada.
- La mezcla asfáltica fue modificada al incorporarle caucho por vía húmeda con 5%, 10% y 20% con temperaturas de incorporación 170 °C, 185°C y 200 °C respectivamente, el porcentaje que tuvo el mejor comportamiento mecánico fue 5% y un óptimo contenido de asfalto-caucho de 6.2% porque incrementó la resistencia a la compresión, la resistencia inducida por humedad y conservó su deformabilidad.
- Los otros porcentajes de caucho (20% y 10%) no se obtuvo buenos resultados porque acrecentó los valores de vacíos, permeabilidad al agua y sus propiedades mecánicas se alejaron de los estándares mínimos establecidos por el manual de carreteras del MTC (EG – 2013) para la producción de mezcla asfáltica.

VI. Recomendaciones

- Utilizar la mezcla asfáltica de asfalto-caucho en una carpeta de rodadura porque conserva la misma deformación que una mezcla de asfalto convencional y genera una opción más para reducir la contaminación de residuos sólidos como es el caucho de los neumáticos.
- Emplear mezcla asfáltica modificada con granos de caucho para obtener una mayor resistencia a la compresión en condiciones secas y en condiciones de saturación, en ese sentido, para las vías que se construyan en zonas de lluviosas es una buena opción.
- Aprovechar los beneficios que se presenta en la resistencia al daño inducido por humedad al aplicar mezcla asfáltica modificada con granos de caucho en la carpeta de rodadura de una carretera; en zonas con climas extremos es ideal el uso porque reduce la susceptibilidad térmica propia del asfalto y aminora los mecanismos de falla como fisuras y ahuellamientos en el pavimento.
- Aplicar el uso de mezcla modificada, con granos de caucho, en la superficie de rodadura de una carretera para mejorar su comportamiento mecánico, aminorar fisuras o ahuellamientos, prolongar el tiempo de servicio de la vía, reducir costos de mantenimiento largo plazo y realizar un adecuado manejo de neumáticos en desuso.
- Para la producción de mezcla asfáltica modificada es necesario incorporar los granos de caucho (5%) al asfalto a una temperatura de 170 °C y para el mezclado entre agregados y asfalto-caucho entre 170 ± 5 °C.
- Seguir con la investigación con porcentajes menores al 5% de granos de caucho en el asfalto, a fin de obtener mejorar sus propiedades mecánicas, reducir la temperatura de su producción y el óptimo contenido de asfalto-caucho.

Referencias

ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto. Lima. 2.^a ed.: San Marcos E.I.R.L, 2007. 467 pp. ISBN: 9786123020606

American Society of Testing Materials. Manual de carreteras: Standard Specification for Asphalt – Rubber Binde. Washington: 1997.

ALVAREZ Briceño, Luis y CARRERA Sánchez, Ever. Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica. Tesis (Ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 144 pp.

BUNGE, Mario. Investigación científica. Barcelona: Ariel 1981. 958 pp. ISBN: 9788434439122.

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012. 38 pp.

Campaña O., Gales S., Guerreiro V. (2015). Revista Politécnica. Obtención De Asfalto Modificado Con Polvo De Caucho Proveniente Del Reciclaje De Neumáticos De Automotores, 36 (03), 1-6. Recuperado de http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/Obtencion_de_Asfalto_Modificado_con_Polvo_de_Caucho_Proveniente.pdf

CARRIZALES Apaza, José. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles. Tesis (Ingeniero civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2015. 119 pp.

DELARZE, Paulina. Reciclaje de neumáticos y su aplicación en la construcción. Tesis (Ingeniero constructor). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Escuela de Construcción Civil, 2008. 101 pp.

DÍAZ Carlos, César y CASTRO Celis, Liliana. Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. Tesis (Ingeniero civil). Bogotá: Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 80 pp.

El caucho de neumáticos fuera de uso en carreteras [en línea]. Barcelona: Web interempresas net. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/109593-El-caucho-de-neumaticos-fuera-de-uso-en-carreteras.html>

ESTRADA Rivera, Juan. Estudio de propiedades físico-mecánicas y de durabilidad del hormigón con caucho. Tesis (Maestría en ingeniería civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2016. 63 pp.

FAJARDO Cachay, Luis y VERGARAY Huamán, Douglas. Efecto de la incorporación por vía seca del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas. Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad de San Martín de Porres, Escuela Profesional de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2014. 129 pp.

GARROTE Villar, Elisabet. Efecto de la temperatura en la tenacidad de diferentes mezclas bituminosas. Tesis (Ingeniero civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2006. 65 pp.

Instituto de desarrollo urbano. Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas. Bogotá: Universidad de los Andes, 2002. 303 pp.

MEJÍA Loera, Daniel. Influencia del polvo de neumático en la tensión indirecta y energía de fractura de las mezclas asfálticas. Tesis (Maestro en Ingeniería). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Civil – Geotecnia, 2015. 85 pp.

LOPEZ, Pedro Luis. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero [online]. 2004, vol.09, n.08 [citado 2018-07-07], pp. 69-74. Disponible en:

<http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1815-0276

LOPÉZ, Elizabeth. Metodología de la investigación. Caracas: Universidad Nacional Abierta, 2011. 291 pp.

MENDOZA, J. La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 5 de Julio de 2018]. Disponible en http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/6.1/A2.pdf. ISSN: 1665-9627

MENÉNDEZ, José. Ingeniería de Pavimentos: Materiales, diseño y construcción. 3.^a ed. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2012. 344 pp.

MONJE, Arturo. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Huila: Universidad Surcolombiana, 2011. [fecha de consulta: 15 de junio del 2018]. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>.

MEDICINA basada en la evidencia. Recursos internet (evidence-based medicine internet links) [en línea]. La Habana: Web Médica de Rafael Bravo. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2005]. Disponible en <http://www.infodoctor.org/rafabravo/mberecu.htm>

MINAYA, Silene y ORDÓÑEZ, Abel. Diseño moderno de pavimentos asfálticos. 2.a ed. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2006. 455 pp.

Ministerio de Ambiente de Ecuador. MTOP. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/pichincha-es-la-primera-provincia-del-ecuador-donde-se-coloco-mezcla-asfaltica-modificada-con-caucho-reciclado/>

Ministerio de transportes y comunicaciones. Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción. Lima: Diario “El Peruano”, 2013. 876 pp.

Ministerio de transportes y comunicaciones. Manual de ensayo de materiales. Lima: Diario “El Peruano”, 2016. 1264 pp.

MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. Bogotá. 3.^a ed.: Universidad Católica de Colombia, 2006. 467 pp. ISBN: 9589784003

PEREDA Rodríguez, Danfer y CUBAS Parimango, Nahum. Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnica – económico con los asfaltos convencionales. Tesis (Ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2015. 106 pp.

PROBABILIDAD y estadística para ingeniería y ciencias por Walpole Ronald [et al.]. Estado de México: Editorial Mexicana, 2012. 816 pp. ISBN: 9786073214179

Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) PROCQMA por CUATTROCCHIO, Adrián. [et al.]. Buenos Aires: Universidad Tecnológica, 2006. [300] pp. ISBN: 9504200567

REVISTA Politécnica [en línea]. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2015 [fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/VOL.36_TOMO3.pdf. ISSN: 1390-0129

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy. PAVIMENTOS: Materiales, construcción y diseño. Lima: Macro EIRL, 2015. 605 pp. ISBN: 9786123042639

TRUJILLO, Valladolid, Maribel. Evaluación de la energía de fractura en mezclas asfálticas con caucho. Tesis (Maestro en Ingeniería). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Civil – Geotecnia, 2015. 100 pp.

Uso de polvo de caucho en pavimentos asfálticos. Boletín Técnico PITRA – Lannamme

UCR[en línea]. San José: Web Lanamme. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/Boletin_PITRA_4_-_2016.pdf

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación: Cuantitativa, cualitativa y mixta. 2.^a ed. Lima: San Marcos E. I. R. L, 2002. 495 pp. ISBN: 9786123028787

Vargas Cordero, Zoila Rosa, LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. Revista Educación [en línea] 2009, 33 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 10 de julio de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>> ISSN 0379-7082

VEGA Zurita, Danilo. Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. Tesis (Ingeniero civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2016. 99 pp.

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores		Metodología		
Problema General: ¿Cuál es el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?	Objetivo general: Analizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018.	Hipótesis general: El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica mejorará con la incorporación de caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018.	Variable 1: Incorporación de caucho por vía húmeda		Método: Científico Tipo: Aplicado Nivel: Explicativo Diseño: Experimental		
			Dimensiones	Indicadores		Granos de caucho	Granulometría
							Peso específico
							% de impurezas
Problemas Específicos: 1. ¿Cuál es la deformación de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?	Objetivos Específicos: 1. Precisar la deformación de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018.	Hipótesis Específicas: 1. La deformación de la mezcla asfáltica disminuirá con la incorporación de caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018.	Temperatura de producción	Temperatura de incorporación	Población: Infinitas briquetas de concreto asfáltico del laboratorio del MTC		
						Temperatura de mezclado	
			Dosificación			0% de caucho	
						5% de caucho	
2. ¿Qué resistencia a la compresión - inmersión tiene la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?	2. Cuantificar la resistencia a la compresión – inmersión de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho por vía húmeda – avenida. Perú, Callao, 2018.	2. La resistencia a la compresión – inmersión incrementará con la incorporación de caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018.	Variable 2: Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica		Muestra: Estratificadas en tres grupos: 80 briquetas, 12 briquetas y 32 briquetas.		
			Dimensiones	Indicadores		Deformabilidad	Estabilidad
							Flujo
							Relación estabilidad/flujo
3. ¿Cuánto es la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018?	3. Calcular la resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018.	3. La resistencia al daño inducido por humedad de la mezcla asfáltica acrecentará con la incorporación de caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018.	Resistencia a la compresión - Inmersión	Área	Muestreo: No probabilístico, tipo intencional		
				Fuerza			
				Relación fuerza/área			
				Índice de resistencia retenida			
Resistencia al daño inducido por humedad				Porcentaje de vacíos (%)	Técnica: Recolección de datos mediante la observación		
				Tensión			
				Razón del esfuerzo a tensión			
				N° de golpes			
					Instrument Ficha recolectora de datos		

Anexo 2: Matriz de operacional

Título: Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda - avenida Perú, Callao, 2018						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	Escala
VARIABLE INDEPENDIENTE	Es uno de los procesos más usados y se requiere de mucha energía para su uso porque puede llegar hasta un 210 °C para su aplicación, a su vez se hará uso de un mecanismo de agitar a 2000 r.p.m. durante un tiempo aproximado de 240 min. (Campaña, et al., p. 199).	La incorporación del caucho a la mezcla asfáltica se serán en base a la características de los granos de caucho, temperatura de producción y vía de incorporación .	Granos de caucho	Granulometría	Tamices normalizados	Intervalo
Peso específico				Balanza/recipiente		
% de impurezas				Balanza		
Temperatura de producción			Temperatura de incorporación	Termómetro		
			Temperatura de mezclado			
Dosificación			0% de caucho	Balanza		
	5% de caucho					
VARIABLE DEPENDIENTE	Las mezclas bituminosas convencionales poseen condiciones mecánicas de resistencia a la deformación permanente y fisuras en especial cuando se tratan de esfuerzos mayores como un tráfico canalizado, climas extremos y elevadas cargas por eje" (Menéndez, 2006, p. 85).	El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho se evaluará en base a su deformabilidad, compresión - inmersión y adhesividad, con el método de diseño Marshall	Deformabilidad	Flujo	Equipo Marshall	Intervalo
Estabilidad						
Relación estabilidad/flujo						
Resistencia a la compresión - Inmersión			Área	Prensa hidráulica		
			Fuerza			
			Relación fuerza/área			
Resistencia al daño inducido por humedad			Índice de resistencia retenida	Equipo Marshall		
			Porcentaje de vacíos (%)			
			Tensión			
			Relación del esfuerzo a tensión			
N° de golpes						

Anexo 3: Validación para ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A	Nombre de proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO CAUCHO POR VÍA HÚMEDA, AVENIDA PERÚ - CALLAO, 2018		
	AUTOR: FLORES PEREZ JHON RICHARD		
	Fecha:		Nombre de briqueta:
	Provincia:	Lima	% de caucho al asfalto:
	Distrito:	Cercado de Lima	% de asfalto en mezcla:

B VARIABLE: Incorporación de caucho por vía húmeda

Dimensión: Granos de caucho

1	Peso específico (gr/cm ³)	1.10 - 1.13	1.13 - 1.16	1.16 - 1.19
2	Porcentaje de impurezas (10 ⁻³)	0-3%	3% - 6%	6% - 9%

Dimensión: Temperatura

1	Temperatura de incorporación (°C)	170 - 185	185 - 200	200 - 215
2	Temperatura de mezclado (°C)	170 - 180	180 - 190	190 - 200
3	Temperatura de compactación (°C)	170 - 175	175 - 180	180 - 185

Apellidos y nombres: *Minaya Rosario, Carlos Danilo.*
 Especialidad: *Ingeniero civil.*
 Registro CIP N°: *50187*

Fuente: Elaboración propia


CARLOS DANILLO MINAYA ROSARIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A	Nombre de proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO CAUCHO POR VÍA HÚMEDA, AVENIDA PERÚ - CALLAO, 2018		
	AUTOR: FLORES PEREZ JHON RICHARD		
	Fecha:		Nombre de briqueta:
	Provincia: Lima		% de caucho al asfalto:
	Distrito: Cercado de Lima		% de asfalto en mezcla:
B	VARIABLE: Incorporación de caucho por vía húmeda		

Dimensión: Granos de caucho

1	Peso específico (gr/cm ³)	1.10 - 1.13	1.13 - 1.16	1.16 - 1.19
2	Porcentaje de impurezas (10 ⁻³)	0-3%	3% - 6%	6% - 9%

Dimensión: Temperatura

1	Temperatura de incorporación (°C)	170 - 185	185 - 200	200 - 215
2	Temperatura de mezclado (°C)	170 - 180	180 - 190	190 - 200
3	Temperatura de compactación (°C)	170 - 175	175 - 180	180 - 185

Apellidos y nombres: **BOZA OLAECHEA MARGARITA**
 Especialidad: **ING. CIVIL CON MENCIÓN EN EMPRESAS**
 Registro CIP N°: **80500**

Fuente: Elaboración propia


Margarita Boza Olaechea
 INGENIERA CIVIL
 CIP. 80500

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A	Nombre de proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO CAUCHO POR VÍA HÚMEDA, AVENIDA PERÚ - CALLAO, 2018		
	AUTOR: FLORES PEREZ JHON RICHARD		
	Fecha:		Nombre de briqueeta:
	Provincia:	Lima	% de caucho al asfalto:
	Distrito:	Cercado de Lima	% de asfalto en mezcla:

B VARIABLE: Incorporación de caucho por vía húmeda

Dimensión: Granos de caucho

1	Peso específico (gr/cm3)	1.10 - 1.13	1.13 - 1.16	1.16 - 1.19
2	Porcentaje de impurezas (10 ⁻³)	0-3%	3% - 6%	6% - 9%

Dimensión: Temperatura

1	Temperatura de incorporación (°C)	170 - 185	185 - 200	200 - 215
2	Temperatura de mezclado (°C)	170 - 180	180 - 190	190 - 200
3	Temperatura de compactación (°C)	170 - 175	175 - 180	180 - 185

Apellidos y nombres: *Benites Zúñiga José Luis.*
 Especialidad: *Ingeniero Civil*
 Registro CIP N°: *126769* **JOSE LUIS BENITES ZUÑIGA**
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 126769

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Fichas de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A	Nombre de proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO CAUCHO POR VÍA HÚMEDA, AVENIDA PERÚ - CALLAO, 2018		
	AUTOR: FLORES PEREZ JHON RICHARD		
	Fecha:		Nombre de briquea: Briquea modificada.
	Provincia: Lima		% de caucho al asfalto: 5%
	Distrito: Cercado de Lima		% de asfalto en mezcla: 6,2%

B VARIABLE: Incorporación de caucho por vía húmeda

Dimensión: Granos de caucho

		1.10 - 1.13	1.13 - 1.16	1.16 - 1.19
1	Peso específico (gr/cm3)		1.15	
2	Porcentaje de impurezas (10^-3)	0-3%	3% - 6%	6% - 9%
			6%	

Dimensión: Temperatura

		170 - 185	185 - 200	200 - 215
1	Temperatura de incorporación (°C)	175		
2	Temperatura de mezclado (°C)	170 - 180	180 - 190	190 - 200
		175		
3	Temperatura de compactación (°C)	170 - 175	175 - 180	180 - 185
		175		

Apellidos y nombres:

Especialidad:

Registro CIP N°:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A	Nombre de proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO CAUCHO POR VÍA HÚMEDA, AVENIDA PERÚ - CALLAO, 2018		
	AUTOR: FLORES PEREZ JHON RICHARD		
	Fecha:		Nombre de briqueta: Briqueta modificada
	Provincia: Lima		% de caucho al asfalto: 10%
Distrito: Cercado de Lima		% de asfalto en mezcla: 5,8%	

B VARIABLE: Incorporación de caucho por vía húmeda

Dimensión: Granos de caucho

		1.10 - 1.13	1.13 - 1.16	1.16 - 1.19
1	Peso específico (gr/cm ³)			1.19
2	Porcentaje de impurezas (10 ⁻³)	0-3%	3% - 6%	6% - 9%
			5%	

Dimensión: Temperatura

		170 - 185	185 - 200	200 - 215
1	Temperatura de incorporación (°C)		190	
2	Temperatura de mezclado (°C)	170 - 180	180 - 190	190 - 200
			185	
3	Temperatura de compactación (°C)	170 - 175	175 - 180	180 - 185
			185	

Apellidos y nombres:

Especialidad:

Registro CIP N°:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
A	Nombre de proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO CAUCHO POR VÍA HÚMEDA, AVENIDA PERÚ - CALLAO, 2018			
	AUTOR: FLORES PEREZ JHON RICHARD			
	Fecha:		Nombre de briqueeta:	Briqueeta modificada
	Provincia:	Lima	% de caucho al asfalto:	20%
	Distrito:	Cercado de Lima	% de asfalto en mezcla:	5,4%
B	VARIABLE: Incorporación de caucho por vía húmeda			
Dimensión: Granos de caucho				
1	Peso específico (gr/cm3)	1.10 - 1.13	1.13 - 1.16	1.16 - 1.19
				1.18
2	Porcentaje de impurezas (10 ⁻³)	0-3%	3% - 6%	6% - 9%
		3%		
Dimensión: Temperatura				
1	Temperatura de incorporación (°C)	170 - 185	185 - 200	200 - 215
				200
2	Temperatura de mezclado (°C)	170 - 180	180 - 190	190 - 200
				190
3	Temperatura de compactación (°C)	170 - 175	175 - 180	180 - 185
				190

Apellidos y nombres: Especialidad: Registro CIP N°:
--

Anexo 5: Reporte de ensayos para calidad de materiales

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO		<i>Fecha efectiva:</i> Enero 2014	
TIPO DE PRODUCTO		CEMENTO ASFÁLTICO		<i>Reemplaza edición de:</i> Noviembre 2007	
NOMBRE DE PRODUCTO					
ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN					
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO		
	MIN.	MÁX.	ASTM	AASHTO	
PENETRACIÓN	60	70	D-5	T-49	
a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm					
VOLATILIDAD					
Punto de inflamación Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48	
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228	
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51	
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO, % masa	99,0		D-2042	T-44	
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA					
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:					
Pérdida por calentamiento, % masa		0,8			
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49	
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113	T-51	
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0		Francés RLB	
FLUIDEZ					
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar				
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201	
REQUERIMIENTO GENERAL:	El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.				
OBSERVACIONES:					
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.					



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comprtamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - CANTIDAD : 300 kg c/u.
 Av. Perú, Callao, 2018"
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA ENSAYO : 2 018.09.05.

MALLAS		DENOMINACIÓN	Agregado fino		Agregado grueso				
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)			
3"	76.200	MTC E-204 (2 016)							
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400						100		
3/4"	19.050					1	99		
1/2"	12.700					46	53		
3/8"	9.525					33	20		
1/4"	6.350				100	19	1		
N° 4	4.760			19	81	1	-		
N° 6	3.360			5	76				
N° 8	2.380			9	67				
N° 10	2.000			4	63				
N° 16	1.190			13	50				
N° 20	0.840			7	43				
N° 30	0.590			7	36				
N° 40	0.426			7	29				
N° 50	0.297			5	24				
N° 80	0.177			7	17				
N° 100	0.149			2	15				
N° 200	0.074		5	10					
- N° 200	-	MTC E-202 (2 016)	10	-					
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		MTC E-110 (2 016)	--	--	--	--			
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		MTC E-111 (2 016)	--	--	--	--			
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTC E-110 (2 016)	N.P.	--	--	--			
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 200)		MTC E-110 (2 016)	9	--	--	--			
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 200)		MTC E-111 (2 016)	--	--	--	--			
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTC E-110 (2 016)	N.P.	--	--	--			



ING. RESPONSABLE
 Lima, 09 de Noviembre de 2 018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0877



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comprtamiento Mecánico de ls Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - Av. Perú, Callao, 2018" CANTIDAD : 300 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA DE ENSAYO : 2 018.09.06.

MTC E-114 (2 016) SUELOS. EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado fino	77



ING. RESPONSABLE
 Lima, 09 de Noviembre de 2 018





REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comprtamiento Mecánico de ls Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - Av. Perú, Callao, 2018" CANTIDAD : 300 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA DE ENSAYO : 2 018.09.06 al 13.

MTC E-209 (2 016) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*).

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado grueso	Pérdida o desgaste del agregado grueso	6,5



ING. RESPONSABLE
 Lima, 09 de Noviembre de 2 018





REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comptamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - Av. Perú, Callao, 2018" CANTIDAD : 300 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA DE ENSAYO : 2 018.09.05.

MTC E-207 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Agregado grueso	Tamaño Máximo Nominal: 3/4"	18
	Gradación: "B"	
	Número de Esferas: 11	



ING. RESPONSABLE
 Lima, 09 de Noviembre de 2 018





REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comprtamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - Av. Perú, Callao, 2018" CANTIDAD : 300 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA DE ENSAYO : 2 018.09.05 al 06

MTC E-206 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Agregado grueso	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,674
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,693
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,717
	Absorción (%)	0,72



ING. RESPONSABLE
 Lima, 09 de Noviembre de 2 018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel. : 481-3707

Fax : 481-0877



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comprtamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - Av. Perú, Callao, 2018" CANTIDAD : 300 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA DE ENSAYO : 2 018.09.05 al 08

MTC E-205 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Agregado fino	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,713
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,732
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,766
	Absorción (%)	0,70



[Signature]
 ING. RESPONSABLE
 Lima, 09 de Noviembre de 2 018





REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comprtamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - Av. Perú, Callao, 2018" CANTIDAD : 300 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA DE ENSAYO : 2 018.09.04.

NTP 400.040 (2 015) AGREGADOS. PARTÍCULAS CHATAS O ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO (*)

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Agregado grueso	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	0,7



ING. RESPONSABLE

Lima, 09 de Noviembre de 2 018





REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : "Comprtamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por vía Húmeda - Av. Perú, Callao, 2018" CANTIDAD : 300 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.09.03. FECHA DE ENSAYO : 2 018.09.04.

MTC E-210 (2 016) PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA EN EL AGREGADO GRUESO

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Agregado grueso	Partículas con una ó más caras de fractura	88,3
	Partículas con dos ó más caras de fractura	61,3



ING. RESPONSABLE
 Lima, 09 de Noviembre de 2 018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel. : 481-3707 Fax : 481-0877



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados.
 DOMICILIO LEGAL : A. H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica.
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica CANTIDAD : 250 y 350 kg.
 : incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú,
 : Callao. 2018"
 REFERENCIA : Oficio N° 183-2018-MTC/14.01. PRESENTACIÓN : Sacos de Polietileno.
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set y Oct. - 2018

MTC E - 517 (2000) CUBRIMIENTO DE LOS AGREGADOS CON MATERIALES ASFÁLTICOS (INCLUYE EMULSIONES) EN PRESENCIA DEL AGUA (STRIPPING) MEZCLAS ABIERTAS Y/O T.S.

IDENTIFICACIÓN	ADITIVO (% en peso del asfalto)	REVESTIMIENTO (%)	CUBRIMIENTO (%)
Cantera "SEOING" Agregado grueso	Sin Aditivo	100	+ 95
	0,50%	100	+ 95

Tipo de asfalto: Cemento asfáltico PEN 60/70
 Tipo de aditivo: Mejorador de Adherencia - Quimibond 3000.

Observaciones:

- Agregados y cemento asfáltico, porporcionados e identificados por el solicitante.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Ing. Responsable
 Lima, 30 de Octubre del 2018.



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados.
 DOMICILIO LEGAL : A. H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica.
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica CANTIDAD : 5 kg y 01 gl.
 : incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú,
 : Callao. 2018"
 REFERENCIA : Oficio N° 183-2018-MTC/14.01. PRESENTACIÓN : Sacos.
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set y Oct. - 2018

MTC E 220 (2000)* ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL WEBER)

IDENTIFICACIÓN	ADITIVO (% en peso del asfalto)	RESULTADO (GRADO)
		Desprendimiento Parcial - Desprendimiento Total
Cantera "SEOING" Agregado fino	Sin Aditivo	0 - 8
	0,50%	4 - 10

Tipo de asfalto: Cemento asfáltico PEN 60/70

Tipo de aditivo: Mejorador de Adherencia - Quimibond 3000.

Observaciones:

- Agregados y cemento asfáltico, porporcionados e identificados por el solicitante.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad



[Handwritten Signature]
 Ing. Responsable
 Lima, 30 de Octubre del 2018.



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PÉREZ
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E. Lt 9 - Callao
 PROYECTO : Tesis: "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú , Callao, 2018"
 REFERENCIA : Oficio N° 168 - 2018 - MTC/14.01
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.09.11

MUESTRA : Agregados
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 CANTIDAD : 800 g

FECHA DE ENSAYO : 2018.09.11 al 2018.09.12

MTC E - 219 (2 016) : SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Identificación	Resultado (mg/kg)
Agregado Grueso; Cantera SEOING	66
Agregado Fino; Cantera SEOING	660

Observaciones:

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Ing. Responsable
 Lima, 02 de Octubre del 2018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel. : 481-3707 Fax : 481-0877



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PÉREZ
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E. Lt 9 - Callao
 PROYECTO : Tesis: "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú , Callao, 2018"
 REFERENCIA : Oficio N° 168 - 2018 - MTC/14.01
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.09.11
 MUESTRA : Agregados
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 CANTIDAD : 800 g
 FECHA DE ENSAYO : 2018.09.11 al 2018.09.12

AASHTO T 330-07 : DETECCIÓN CUALITATIVA DE ARCILLAS NOCIVAS DEL GRUPO DE ESMECTITA EN (2011)* AGREGADOS, UTILIZANDO AZUL DE METILENO.

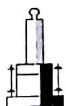
Identificación	Resultado (mg/g)
Agregado Fino; Cantera SEOING	8.0

Observaciones:

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante
- (*) Antes AASHTO TP - 57
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Ing. Responsable
 Lima, 02 de Octubre del 2018



Nombre:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y PESO ESPECÍFICO DE GRANOS DE CAUCHO	Norma: MTC E 111
Elaborado por:	Lugar:	Fecha:
FLORES PEREZ JHON RICHARD	LABORATORIO DE ESTUDIOS ESPECIALES DEL MTC	AGO.- SEP. 2018

Ensayo	Dosificación	Peso Total (kg)
Granulometría - Granos de caucho	Asfalto caucho (20%)	1000


Tamiz	Peso retenido (gr)	Peso acumulado (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
N°	(mm)	(mm)			
8	2.38	0	0	0	100
10	2	23	2.3	2.3	97.7
16	1.19	27	2.7	5	95
20	0.85	45	4.5	9.5	90.5
30	0.6	115	11.5	21	79
50	0.3	300	30	51	49
100	0.015	380	38	89	11
200	0.08	30	3	92	8
Fondo	-	80	8	100	0

Ensayo	Dosificación	Peso Total (kg)
Peso específico - Granos de caucho	Asfalto caucho (20%)	1000


Descripción	Unidad	Caucho 20 %
Fiola + H2o (1L) (A)	gr	1451.1
Granos de caucho (B)	gr	180
Caucho + fiola + H2o (C)	gr	1478
Fiola + H2o (1L) + caucho (E)	gr	1631.1
D = (E-C)	ml	153.1
Peso específico (kg/cm2) (B/D)	kg/cm3	1.18

IMPORTANTE: La interpretación ajena de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del usuario, salvo las recomendaciones expresadas adjuntas.

SOLICITANTE:


 Flores Perez, Jhon Richard

TÉCNICO RESPONSABLE


 P. SA GASTEGUI

Nombre:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Norma: MTCE 111
Elaborado por:	Lugar:	Fecha:
FLORES PEREZ JHON RICHARD	LABORATORIO DE ESTUDIOS ESPECIALES DEL MTC	AGO.- SEP. 2018

Ensayo	Dosificación	Peso Total (kg)
Granulometría - Granos de caucho	Asfalto caucho (10%)	1000

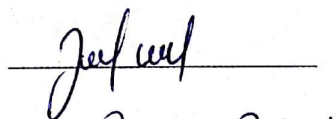
Tamiz	Peso retenido (gr)	Peso acumulado (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
N°	(mm)	(mm)			
8	2.38	0	0	0	100
10	2	22	2.2	2.2	97.8
16	1.19	32	3.2	5.4	94.6
20	0.85	55	5.5	10.9	89.1
30	0.6	115	11.5	22.4	77.6
50	0.3	300	30	52.4	47.6
100	0.015	350	35	87.4	12.6
200	0.08	46	4.6	92	8
Fondo	-	80	8	100	0

Ensayo	Dosificación	Peso Total (kg)
Peso específico - Granos de caucho	Asfalto caucho (10%)	1000

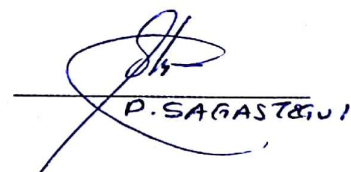
Descripción	Unidad	Caucho 10 %
Fiola + H2o (1L) (A)	gr	1451.1
Granos de caucho (B)	gr	180
Caucho + fiola + H2o (C)	gr	1480
Fiola + H2o (1L) + caucho (E)	gr	1631.1
D = (E-C)	ml	151.1
Peso específico (kg/cm2) (B/D)	kg/cm3	1.19

IMPORTANTE: La interpretación ajena de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del usuario, salvo las recomendaciones expresadas adjuntas.

SOLICITANTE:


Flores Pérez, Jhon Richard

TÉCNICO RESPONSABLE


P. SAGASTEGUI

Nombre:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Norma: MTC E 111
Elaborado por:	Lugar:	Fecha:
FLORES PEREZ JHON RICHARD	LABORATORIO DE ESTUDIOS ESPECIALES DEL MTC	AGO.- SEP. 2018

Ensayo	Dosificación	Peso Total (kg)
Granulometría - Granos de caucho	Asfalto caucho (5%)	1000


Tamiz	Peso retenido (gr)	Peso acumulado (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
N°	(mm)	(mm)			
8	2.38	0	0	0	100
10	2	20	2	2	98
16	1.19	30	3	5	95
20	0.85	50	5	10	90
30	0.6	120	12	22	78
50	0.3	280	28	50	50
100	0.015	400	40	90	10
200	0.08	20	2	92	8
Fondo	-	80	8	100	0

Ensayo	Dosificación	Peso Total (kg)
Peso específico - Granos de caucho	Asfalto caucho (5%)	1000

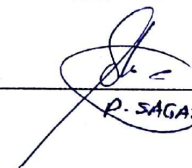
Descripción	Unidad	Caucho 5 %
Fiola + H2o (1L) (A)	gr	1451.1
Granos de caucho (B)	gr	180
Caucho + fiola + H2o (C)	gr	1475
Fiola + H2o (1L) + caucho (E)	gr	1631.1
D = (E-C)	ml	156.1
Peso específico (kg/cm2) (B/D)	kg/cm3	1.15

IMPORTANTE: La interpretación ajena de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del usuario, salvo las recomendaciones expresadas adjuntas.

SOLICITANTE:


Flores Perez, Jhon Richard.

TÉCNICO RESPONSABLE


P. SAGASTEGUI

Anexo 6: Reporte de ensayos para mezcla asfáltica



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018". CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 REFERENCIA : Oficio N° 168-2018-MTC/14.01. PRESENTACIÓN : Sacos
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set. y Oct. 2018.

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
- N° de golpes por cara :			75			
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % * :	5,5		5,7		5,9	
- Peso Especifico bulk, g/cm ³ :	2,376		2,383		2,389	
- Vacíos, % :	4,6		4,1		3,5	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, % :	73,1		76,3		79,4	
- V.M.A., % :	17,3		17,3		17,2	
- Estabilidad, kg (kN) :	1281,1	(12,564)	1234,4	(12,105)	1169,2	(11,466)
- Flujo, mm (10 ⁻² pulg) :	3,8	(15,1)	3,9	(15,3)	3,9	(15,3)
- Absorción de Asfalto, % :			0,13			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg) :	3346,0	(8,0)	3172,0	(8,0)	3016,0	(8,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C :			140 - 145			
Proporciones de mezcla :						
(1) Agregado grueso, % ** :			30,0			
(2) Agregado fino, % ** :			70,0			
(3) Aditivo, % *** :			0,5			
Materiales :						
Tipo de Asfalto :			PEN 60 - 70 (proporcionado por el solicitante)			
Agregado grueso :			Cantera "Seoing"			
Agregado fino :			Cantera "Seoing"			
Aditivo :			Mejorador de adherencia (Quimibond 3000).			

Nota :
 (*) Porcentaje en peso de la mezcla total
 (**) Porcentaje en peso de los agregados
 (***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Observaciones :
 Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



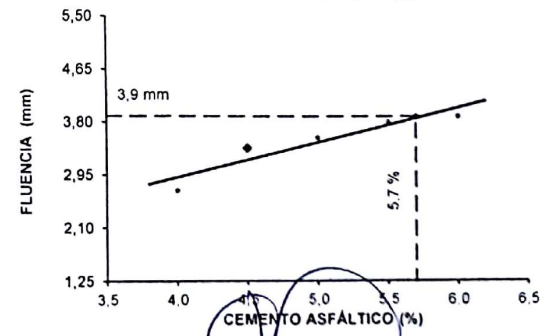
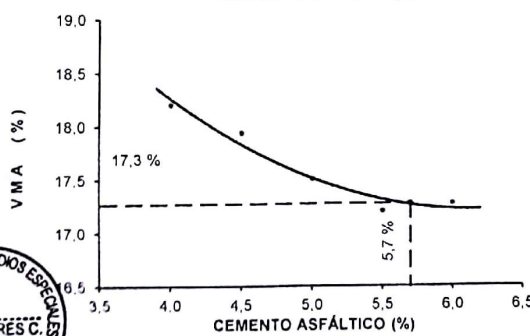
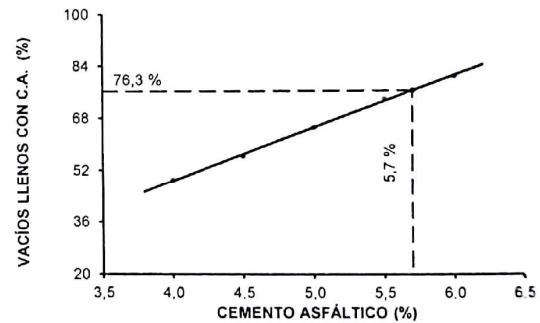
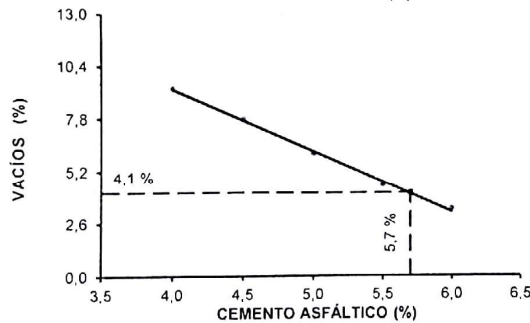
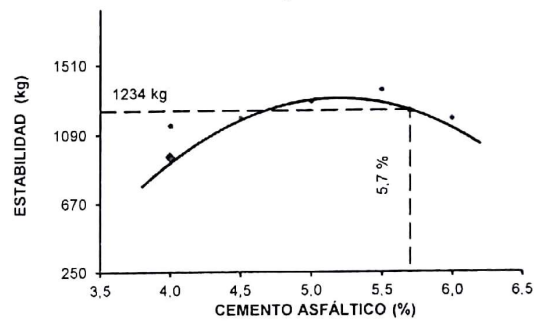
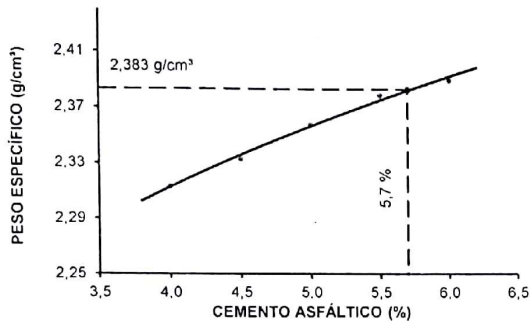
CONTROL DE CALIDAD - D.E.E. A.E. DIAZ C.
 Ing. Responsable.
 Lima, 26 de Octubre del 2018



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ. MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018". CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 REFERENCIA : Oficio N° 168-2018-MTC/14.01. PRESENTACIÓN : Sacos
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set. y Oct. 2018.

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



Ing. Responsable.
 Lima, 26 de Octubre del 2018

CONTROL DE CALIDAD - DEE
A.E. DIAZ C.
MEZCLAS ASFÁLTICAS





REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : A. H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú,
 Callao, 2018". PRESENTACIÓN : Sacos
 REFERENCIA : Oficio N° 183-2018-MTC/14.01
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018, FECHA DE ENSAYO : Set y Oct - 2018.

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :	MEZCLA ASFÁLTICA CON 5% DE CAUCHO					
- N° de golpes por cara :						
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % * :	6,0		6,2		6,4	
- Peso Especifico bulk, g/cm ³ :	2,353		2,363		2,367	
- Vacíos, % :	5,0		4,2		3,7	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, % :	73,3		76,5		79,8	
- V.M.A., % :	18,5		18,6		18,4	
- Estabilidad, kg (kN) :	1151,6	(11,293)	1202,4	(11,791)	1217,8	(11,943)
- Flujo, mm (10 ⁻² pulg) :	4,3	(16,9)	4,5	(17,6)	4,6	(18,0)
- Absorción de Asfalto, % :			0,19			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg) :	2685,0	(7,0)	2692,0	(7,0)	2657,0	(7,0)

Proporciones de mezcla :	
(1) Agregado grueso, % ** :	30,0
(2) Agregado fino, % ** :	70,0
(3) Filler mineral, % ** :	-,-
(7) Aditivo, % *** :	0,5

Materiales :	
Tipo de Asfalto :	PEN 60 - 70 + 05% de Caucho
Agregado grueso :	Cantera "Seoing"
Agregado fino :	Cantera "Seoing"
Aditivo :	Mejorador de adherencia (Quimibond 3000).

Nota :
 (*) Porcentaje en peso de la mezcla total
 (**) Porcentaje en peso de los agregados
 (***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Observaciones :
 Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Ing. Responsable.
 Lima, 26 de Octubre del 2018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

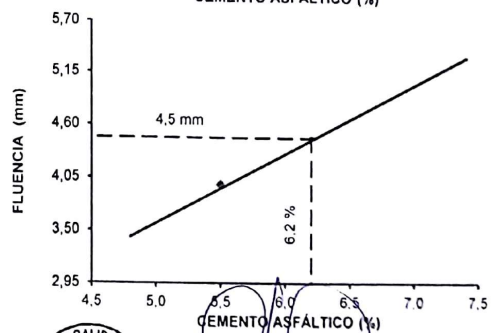
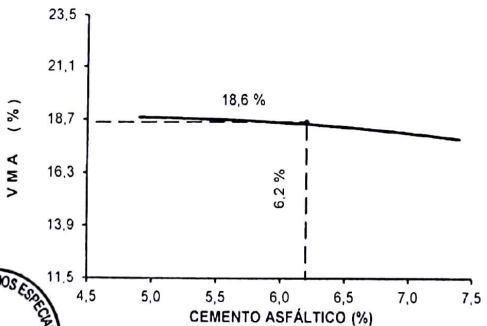
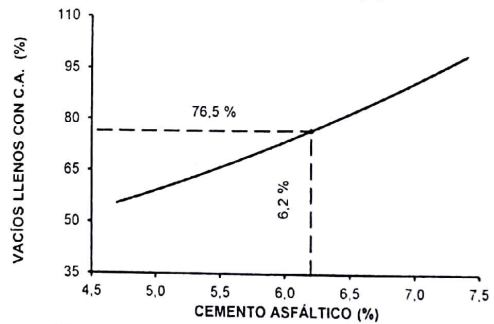
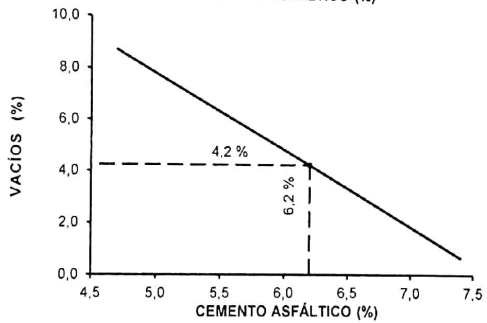
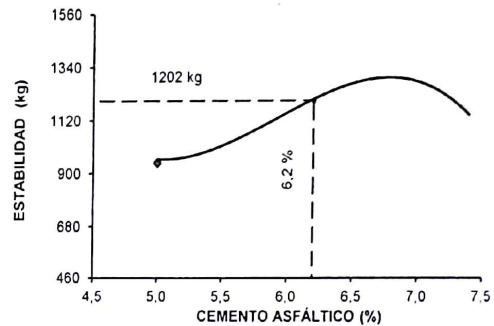
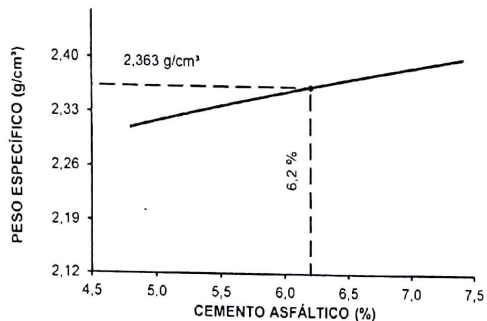
Tel. : 481-3707 Fax : 481-0677



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ. MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018". PRESENTACIÓN : Sacos
 REFERENCIA : Oficio N° 183-2018-MTC/14.01
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018, FECHA DE ENSAYO : Set y Oct - 2018.

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



Ing. Responsable.
Lima, 26 de Octubre del 2018



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ. MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018". CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 REFERENCIA : Oficio N° 168-2018-MTC/14.01 PRESENTACIÓN : Sacos
 FECHA DE RECEPCIÓN Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set. y Oct. 2018

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :	MEZCLA ASFÁLTICA CON 10% DE CAUCHO					
- N° de golpes por cara :						
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5,4		5,6		5,8	
- Peso Especifico bulk, g/cm ³	2,268		2,283		2,290	
- Vacíos, %	9,0		8,2		7,6	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	57,3		60,3		63,5	
- V.M.A., %	21,0		20,8		20,5	
- Estabilidad, kg (kN)	1241,8	(12,178)	1260,4	(12,360)	1274,8	(12,502)
- Flujo, mm (10 ⁻² pulg)	4,5	(17,8)	4,5	(17,6)	4,6	(18,2)
- Absorción de Asfalto, %			0,09			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	2754,0	(7,0)	2825,0	(7,0)	2762,0	(7,0)

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	30,0
(2) Agregado fino, % **	70,0
(3) Aditivo, % ***	0,5

Materiales :

- Tipo de Asfalto : PEN 60 - 70 + 10% de Caucho
- Agregado grueso : Cantera "Seoing"
- Agregado fino : Cantera "Seoing"
- Aditivo : Mejorador de adherencia (Quimibond 3000).

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (**) Porcentaje en peso de los agregados
- (***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Observaciones :
 Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Ing. Responsable.
 Lima, 26 de Octubre del 2018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

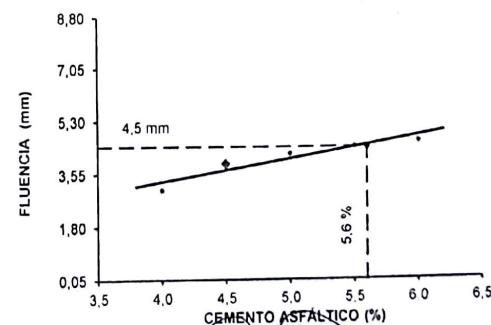
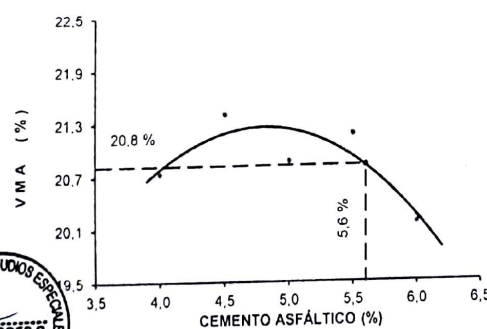
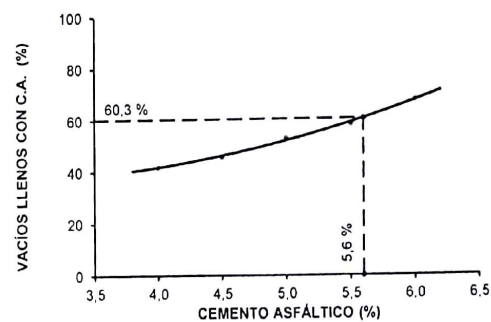
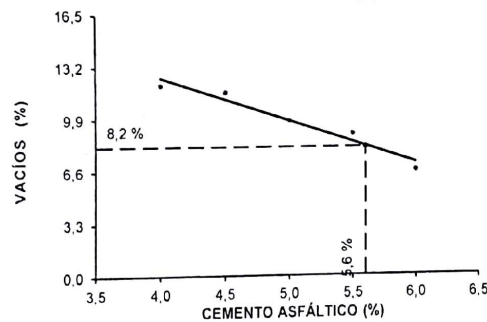
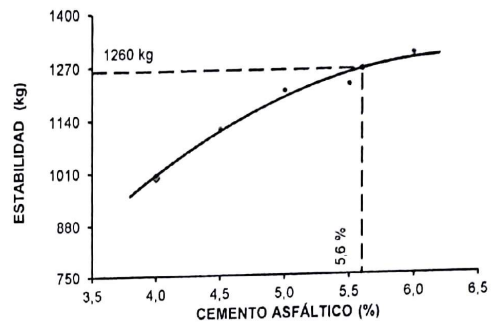
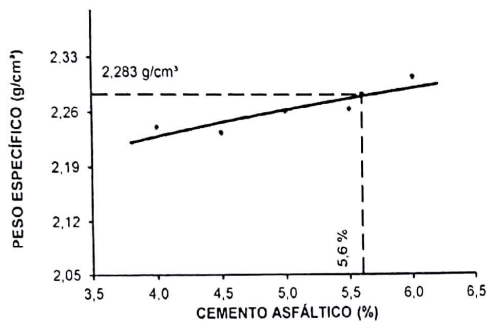
Tel.: 481-3707 Fax: 481-0877



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018". CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 REFERENCIA : Oficio N° 168-2018-MTC/14.01 PRESENTACIÓN : Sacos
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set. y Oct. 2018

ASTM-D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



CONTROL DE CALIDAD - D.E.
A.E. DIAZ C.
 Ing. Responsable.
 Lima, 26 de Octubre del 2018





REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018".
 REFERENCIA : Oficio N° 168-2018-MTC/14.01 PRESENTACIÓN : Sacos
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set. y Oct. 2018

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :	MEZCLA ASFALTICA CON 20% DE CAUCHO					
- N° de golpes por cara :						
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5,2		5,4		5,6	
- Peso Especifico bulk, g/cm ³	2,252		2,256		2,261	
- Vacios, %	10,0		9,5		9,1	
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	53,4		55,5		57,7	
- V.M.A., %	21,4		21,4		21,4	
- Estabilidad, kg (kN)	1094,6	(10,734)	1104,4	(10,830)	1094,7	(10,736)
- Flujo, mm (10 ² pulg)	6,5	(25,7)	6,4	(25,4)	6,9	(27,4)
- Absorción de Asfalto, %			0,11			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	1676,0	(4,0)	1715,0	(4,0)	1575,0	(4,0)

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	30,0
(2) Agregado fino, % **	:	70,0
(3) Aditivo, % ***	:	0,5

Materiales :

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70 + 20% de Caucho
Agregado grueso	:	Cantera "Seoing"
Agregado fino	:	Cantera "Seoing"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia (Quimibond 3000)

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total
 (**) Porcentaje en peso de los agregados
 (***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Observaciones :
 Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Ing. Responsable.
 Lima, 26 de Octubre del 2018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 · Rimac.

Tel.: 481-3707

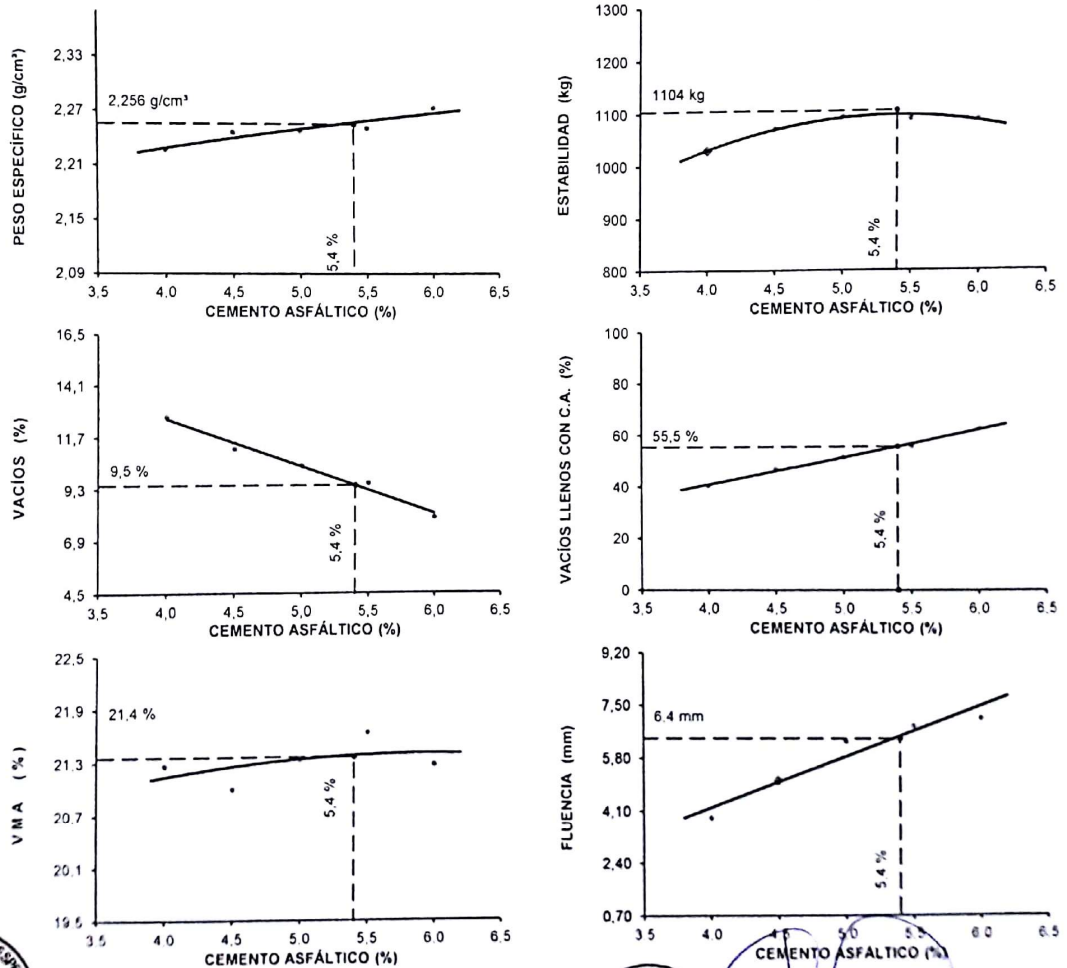
Fax: 481-0677



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE	: JHON RICHARD FLORES PEREZ.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018".	CANTIDAD	: 250 - 350 kg.
REFERENCIA	: Oficio N° 168-2018-MTC/14.01	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: Setiembre - 2018.	FECHA DE ENSAYO	: Set. y Oct. 2018

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



Ing. Responsable.
Lima, 26 de Octubre del 2018



LABORATORIO



DEE

Av Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel. 481 3707 Fax: 481-0677



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL
GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES

EFFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS (ENSAYO INMERSIÓN - COMPRESIÓN) MTC E 518	CÓDIGO : FMA-005
	VERSIÓN : 1.2
	VIGENCIA : 31/12/2018

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ **REGISTRO** : 075-2018/HOL
PROYECTO : Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Calle, 2018 **FECHA** : 8/11/2018

MEZCLA DE AGREGADOS : **LIGANTE BITUMINOSO**
CANTERA : CANTERA SEOING **TIPO DE ASFALTO** : Sólido
AGREGADO GRUESO : 30 % **CLASIFICACIÓN** : PEN 60/70 + 5% de Caucho
AGREGADO FINO : 70 % **TEMP. DE MEZCLA (°C)** : 175-180
MEJORADOR ADHERENCIA : 0.5 % peso de asfalto

N°	DENOMINACIÓN	ESPECÍMENES DE PRUEBA								
		INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24 H.				BAÑO DE AIRE A 25° C POR 24 HORAS				
		1	2	3	PROMEDIO	1	2	3	PROMEDIO	
1	DIÁMETRO PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	10.17	10.15	10.16	10.16	10.14	10.15	10.14	10.14
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	10.65	10.59	10.55	10.60	10.50	10.58	10.62	10.57
3	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	g	1,971.4	1,972.7	1,969.0	1,971.0	1,955.4	1,969.5	1,966.2	1,963.7
4	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	g	1,974.3	1,974.2	1,974.1	1,974.2	1,957.3	1,971.5	1,968.7	1,965.8
5	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	g	1,139.9	1,139.0	1,141.2	1,140.03	1,130.2	1,138.2	1,137.8	1,135.4
6	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	cm³	834.4	835.2	832.9	834.17	827.1	833.3	830.9	830.4
7	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (MTC E 506)	g/cm³	2.363	2.362	2.364	2.363	2.263	2.263	2.366	2.364
8	PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO (MTC E 506)	g/cm³		2.468		2.468		2.468		2.468
9	VACÍOS DE AIRE (MTC E 505)	kg	4.3	4.3	4.2	4.25	4.2	4.3	4.1	4.20
10	CARGA MÁXIMA	kg	3,233.0	3,259.0	3,239.0	3,243.7	4,039.0	4,020.0	4,055.0	4,038.0
11	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	kg/cm²	39.8	40.3	40.0	40.0	50.0	49.7	50.2	50.0
12	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	MPa	3.90	3.95	3.92	3.91	4.90	4.87	4.92	4.9

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)		
DENOMINACIÓN	INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24 H.	BAÑO DE AIRE A 25° C POR 24 HORAS
PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	3.93	4.90
ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)		80.1

OBSERVACIONES :

- La mezcla de los agregados para su utilización en el ensayo fue realizada por el Solicitante.
- El contenido óptimo de asfalto (6.2%) utilizado en el ensayo fue proporcionado por el Solicitante.
- Asfalto PEN 60/70 + 5% de Caucho y Aditivo Mejorador de Adherencia proporcionado por el Solicitante.

CALDERÓN DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
Rég. CIP N° 148564

Jr. B. Ramírez Peña 316 Urb. Garagay
 San Martín de Porres - Lima - Perú
 Tel +511 01-5676991, RPM: 954050569
 RPC: 994618850 e-mail: holivera@holperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES E.I.R.L.
GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES

EFFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS (ENSAYO INMERSIÓN - COMPRESIÓN) MTC E 518	CÓDIGO FMA - 005
	VERSIÓN : 1.2
	VIGENCIA : 31/12/2018

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PÉREZ **REGISTRO** : 075-2018/HOL
PROYECTO : Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao, 2018 **FECHA** : 8/11/2018

MEZCLA DE AGREGADOS : **CANTERA** : CANTERA SEONG **LIGANTE BITUMINOSO** : **TIPO DE ASFALTO** : Sólido
AGREGADO GRUESO : 30 % **CLASIFICACIÓN** : PEN 60/70
AGREGADO FINO : 70 % **TEMP. DE MEZCLA (°C)** : 140 - 145
MEJORADOR ADHERENCIA : 0,5 % peso del asfalto

N°	DENOMINACIÓN	ESPECÍMENES DE PRUEBA											
		INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24 H.			BAÑO DE AIRE A 25° C POR 24 HORAS			PROMEDIO			PROMEDIO		
1	DIÁMETRO PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	10,14	10,15	10,13	10,14	10,14	10,15	10,14	10,14	10,14	10,14	10,14
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	10,36	10,45	10,40	10,43	10,44	10,53	10,54	10,50	10,50	10,50	10,50
3	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	g	1,955,4	1,956,7	1,955,2	1,955,8	1,947,3	1,954,4	1,954,2	1,952,0	1,952,0	1,952,0	1,952,0
4	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	g	1,957,0	1,958,2	1,957,6	1,957,6	1,949,0	1,956,7	1,956,7	1,954,8	1,954,8	1,954,8	1,954,8
5	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	g	1,134,6	1,135,2	1,135,0	1,134,97	1,130,2	1,134,0	1,136,6	1,136,6	1,136,6	1,136,6	1,136,6
6	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	cm³	822,4	823,0	822,5	822,63	818,8	822,1	822,1	821,2	821,2	821,2	821,2
7	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (MTC E 505)	g/cm³	2,378	2,378	2,377	2,378	2,378	2,378	2,377	2,377	2,377	2,377	2,377
8	PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO (MTC E 508)	g/cm³	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478
9	VACÍOS DE AIRE (MTC E 505)	%	4,0	4,0	4,1	4,05	4,0	4,1	4,1	4,08	4,08	4,08	4,08
10	CARGA MÁXIMA	kg	2,845,0	2,855,0	2,839,0	2,846,3	2,859,0	2,865,0	2,839,0	2,854,3	2,854,3	2,854,3	2,854,3
11	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	kg/cm²	35,2	35,3	35,2	35,2	47,8	47,8	47,5	47,7	47,7	47,7	47,7
12	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	MPa	3,45	3,46	3,45	3,45	4,69	4,69	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)		
DENOMINACIÓN	INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24 H.	BAÑO DE AIRE A 25° C POR 24 HORAS
PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	3,46	4,66
ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)	73,9	134,6

OBSERVACIONES :
 - La mezcla de los agregados para su utilización en el ensayo fue realizada por el Solicitante.
 - El contenido óptimo de asfalto (5,7%) utilizado en el ensayo fue proporcionado por el Solicitante.
 - Asfalto PEN 60/70 y Aditivo Mejorador de Adherencia proporcionado por el Solicitante.

CALDERÓN DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 148564

Jr. B. Ramírez Peña 316 Urb. Garagay
 San Martín de Porres - Lima - Perú
 Tel. *511.01-5676991, RPM: 954050569
 RPC: 994618850 e-mail: holivera@holperu.pe



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ. **MUESTRA** : Agregados.
DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.
PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao - 2018". **CANTIDAD** : 250 - 350 kg.
REFERENCIA : Oficio N° 168-2018-MTC/14.01. **PRESENTACIÓN** : Sacos.
FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018 **FECHA DE ENSAYO** : Set. y Oct. 2018

AASTHO T-283 (2003)* RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.

MEZCLA ASFÁLTICA : Mezcla Asfáltica - PEN 60-70 + 5% de Caucho
 Grava chancada (Cantera Seoing) : 30,0 %
 Arena chancada (Cantera Seoing) : 70,0 %
 Contenido óptimo de asfalto PEN 60-70 + 5% de Caucho : 6,2 %
 Aditivo "Quimibond 3000" (% en peso del asfalto) : 0,5 %

Acondicionamiento de Muestra	En Seco ^(d)			En Húmedo ⁽¹⁾		
	2	3	5	1	4	6
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	6,7			7,0		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	102,06	96,33	99,45	68,95	79,97	73,37
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St _g , St _t)	99,28			74,10		
Daño por humedad (visual) ⁽²⁾	No presenta			2		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			presenta agregados fracturados.		

Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St_t/St_g) = 74,63%

Nota:

- (1) Acondicionamiento húmedo: - 18°C +/- 3°C por 16 horas luego a 60°C +/- 1.0°C por 24 horas.
- (2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

Observaciones:

(*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests.
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario


 x 
 Ing. Responsable
 Lima, 8 de Noviembre del 2018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0877



REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : JHON RICHARD FLORES PEREZ. MUESTRA : Agregados.
 DOMICILIO LEGAL : A.H. Andrés Avelino Cáceres Mz. E Lt. 9 - Callao. IDENTIFICACIÓN : La que se indica.
 PROYECTO : "Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica Incorporando Caucho por Vía Húmeda - Avenida Perú, Callao - 2018". CANTIDAD : 250 - 350 kg.
 REFERENCIA : Oficio N° 168-2018-MTC/14.01. PRESENTACIÓN : Sacos.
 FECHA DE RECEPCIÓN : Setiembre - 2018. FECHA DE ENSAYO : Set. y Oct. 2018

AASHTO T-283 (2003)* RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.

MEZCLA ASFÁLTICA : Mezcla Asfáltica Convencional
 Grava chancada (Cantera Seoing) : 30,0 %
 Arena chancada (Cantera Seoing) : 70,0 %
 Contenido óptimo de asfalto PEN 60-70 : 5,7%
 Aditivo "Quimibond 3000" (% en peso del asfalto) : 0,5 %

Acondicionamiento de Muestra	En Seco ^(d)			En Húmedo ⁽¹⁾		
	II	III	VI	I	IV	V
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	6,7			7,3		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	76,52	77,98	77,06	62,90	60,86	62,03
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St _d , St _t)	77,19			61,93		
Daño por humedad (visual) ⁽²⁾	No presenta			No presenta		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St_t/St_d) = 80,23%

Nota:

- (1) Acondicionamiento húmedo: - 18°C +/- 3°C por 16 horas luego a 60°C +/- 1.0°C por 24 horas.
- (2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

Observaciones:

(*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests.
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario



X

Ing. Responsable
 Lima, 8 de Noviembre del 2018



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677

Anexo 7: Certificados de calibración de equipos de laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LCT-A-188-2017

CON VALOR OFICIAL

SEGÚN CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N° 084-2016 / INACAL-DA

N° Exp: 170794

PÁGINA: 1 de 10

Fecha de emisión :
2017-07-19

1.- CLIENTE : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - OFICINA GENERAL ADMINISTRATIVA.

2.- DIRECCIÓN : Jr. Zorritos N° 1203 - Cercado de Lima.

3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN : INDECOPI - SNM PC-018 (2° Edición Junio 2009)
Procedimiento para la calibración o caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termóstatico.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN : Determinación de la distribución interna de temperatura del medio isoterma comparada con las indicaciones de su propio termómetro, mediante el método de comparación directa.

5.- PATRONES DE REFERENCIA Y TRABAJO (VIM3 5.6 y 5.7)

Trazabilidad metrológica (VIM3 2.41)	Nombre del patrón	Código del patrón	Certificado de Calibración
DM INACAL - PERÚ	Termómetro digital	MT 021	INACAL LT-274-2016
SNM INDECOPI-PERÚ	Termómetro multicanal	MT 009/1	RELES LCT-A-027-2017

El patrón de trabajo utilizado para la calibración Código MT 009/1 con certificado de RELES fue calibrado con el patrón de referencia Código MT 021 que tiene asegurada su trazabilidad metrológica a los patrones de la Dirección de Metrología - INACAL.

6.- MEDIO ISOTERMO CALIBRADO :

(*) ESTUFA			
Marca	: MEMMERT	Código	: USA-150
Modelo	: UFE 500	Procedencia	: Alemania
Serie	: G511.0887		

7.- CONDICIONES DE REFERENCIA (VIM3 4.11) :

Lugar de Calibración :
Área de Suelos y Agregados - MTC.
Av. Túpac Amaru N° 150 - Rímac.

Condiciones ambientales durante la calibración :

	Inicio	Final
Temperatura Ambiental	23,2 °C	23,9 °C
Humedad Relativa	62,7 %	61,4 %

Para otras condiciones de referencia, véase la página 4 de este documento.



8.- FECHA DE CALIBRACIÓN :

2017-07-18

JEFE DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN	RESPONSABLE DE DIVISIÓN
 Ing. Elías Casimira Calle. Reg. CIP N° 141675	 Javier Yáñez Tascayco.

Prohibida la reproducción parcial de este documento sin autorización escrita de RELES S.R.L.
 Jr. Pomabamba N° 774 - Breña Telf: 4246152 / 3301720 / 6523200 Fax: 6523213 (102) Ventas: Anexo (101)
 metrologia@reles.com.pe ventas@reles.com.pe www.reles.com.pe



METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Universitaria Norte 8903 - Comas - Lima 7 - Central Telefónica: (511) 557-2727 / 557-3745 Telefax: (511) 557-2611
Sucursal Of. Av. Canadá 1557 - La Victoria - Lima 13 - Central Telefónica: (511) 224-4400
Telefax: (511) 226-8811 Nextel: 109*8844 / 109*8846 RPM *481570
E-mail: ventas@metroil.com.pe / web: www.metroil.com.pe

INFORME TÉCNICO N° 163-2013

EXP. : 34898
Fecha de emisión: 2013-12-17
Página 1 de 2

1. **SOLICITANTE** : DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES - DGCyF - MTC
DIRECCIÓN : Av. Tupac Amaru N° 150 – Rimac.

2. **EQUIPO** : COPA CASAGRANDE CON RANURADOR
Marca : ELE INTERNATIONAL
Modelo : 24-0441/02
N° de serie : H081210
Código de Identifi. : USA-139 (*)
Procedencia : U.S.A.
Material de la copa : Bronce

3. **FECHA Y LUGAR DE LA VERIFICACIÓN**
La verificación se realizó el 2013-12-16 en el laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.

4. **MÉTODO DE VERIFICACIÓN**
La verificación se efectuó por comparación con patrones certificados.

5. **TRAZABILIDAD**
Los resultados de la medición tienen trazabilidad a los patrones nacionales del SNM-INDECOPI. Se utilizó:
Pie de rey de código IL-089 con Certificado de Calibración LLA-141-2013 de METROIL S.A.C.
Balanza de código IM-010 con Certificado de Calibración M-0990-2013 de METROIL S.A.C.
Regla metálica de código IL-026 con Certificado de Calibración LLA-316-2013 del SNM-INDECOPI.
Bloque plano paralelo de 10 mm de código IL-102 con certificado de calibración LLA-222-2012 del SNM-INDECOPI.
Proyector de perfiles de código IL-032 con certificado de calibración CL-400-2012 de METROIL S.A.C.

6. **CONDICIONES AMBIENTALES**
Temperatura Ambiental: 20,6 °C **Humedad Relativa:** 57,6 % H.R.

7. **OBSERVACIONES**
 - Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación informe técnico N° 163-2013
 - Se utilizó una esfera de acero de 10,2 mm de diámetro, la cual se dejó caer libremente desde una altura de 250 mm hacia la base del equipo copa casagrande para verificar que la altura de rebote se encuentre entre el 77% y el 90 % de la altura de caída inicial.
 - El resultado de la medición corresponde a un promedio de 5 mediciones para cada punto de verificación.
 - La incertidumbre ha sido calculada con un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza aproximado del 95 %.
 - Se ajustó la caída de la copa respecto de su base una altura de 10 mm.(*) Indicado en una etiqueta adherido al instrumento.


LUCIO ASTETE SORIANO
Laboratorio de Longitud y Ángulo



Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI - SNA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROIL S.A.C.
F-M-160 / Agosto 2010 / Rev. 00

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 552 - 2017***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	17879
2. Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
3. Dirección	Jr. Zorrito N° 1203 Lima - Lima - LIMA.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	6000 g
División de escala (d)	0,2 g
Div. de verificación (e)	2 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R31P6
Número de Serie	8336410412
Capacidad mínima	4,0 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA

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.

METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.

5. Fecha de Calibración 2017-11-27

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2017-11-29


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGM - A - 1762 - 2018

Página 1 de 3

1. Expediente	: V2-18420	<i>Función</i>
2. Solicitante	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
3. Dirección	: Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima	<i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.</i>
4. Instrumento	: BALANZA	
Funcionamiento	: NO AUTOMÁTICO	
Alcance de Indicación	: 0 g a 620 g	
Intervalo de escala (d)	: 0,01 g	<i>Misión</i>
Intervalo de escala de verificación (e)	: 0,1 g	
Clase de Exactitud	: II	
Capacidad Mínima (*)	: 0,5 g	<i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i>
Marca	: KERN	
Modelo	: 474-32	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Procedencia	: NO INDICA	<i>Visión</i>
Número de Serie	: 022510091	
Código de Identificación	: USA-113	
Ubicación	: UNIDAD DE SUELOS Y AGREGADOS	<i>Ser el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional según las exigencias y competencias de la industria, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i>
Fecha de Calibración	: 2018 - 10 - 19	
Fecha de Emisión	: 2018 - 10 - 22	
Lugar de Calibración	: INSTALACIONES DE MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	

5. Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según el procedimiento PC-011 4ª edición: 2010 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II" de INACAL.

6. Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) y de la Clase de Exactitud de la balanza.
Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
La balanza ha sido calibrada hasta un alcance de 620 g
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Luis Sánchez García
Supervisor del Laboratorio

Quím. Marlene Acuña Anca
C. Q. P.: 1009
Jefe de Calidad



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 SGTF-017-2017**

Página 1 de 2

- 1. Expediente** : 23082 - 17
- 2. Solicitante** : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
- 3. Dirección** : Av. Túpac Amaru Nro. 150 Rímac - Lima - Lima
- 4. Equipo / Instrumento** : AGITADOR PARA EQUIVALENTE DE ARENA
- Tipo de Indicación** : Digital
- Medición** : RPM
- Intervalo de indicación** : 0 seg a 99,99 seg
- Resolución** : 0,01 seg
- Marca** : SOILTEST
- Modelo** : CL-232
- Número de serie** : No Indica
- Procedencia** : U.S.A
- Código de identificación** : USA - 138 (*)
- Ubicación** : Unidad de Suelos y Agregados
- 5. Fecha de calibración** : 2017-08-15
- 6. Fecha de emisión** : 2017-08-29
- 7. Lugar de calibración** : Instalaciones del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Función

Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión

Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión

Convertimos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

8. Procedimiento de calibración empleado

La calibración se realizó empleando el método de comparación entre el número de revoluciones programadas en la centrifuga a calibrar y las mediciones obtenidas por el tacómetro patrón utilizando el procedimiento SG NORTEC S.R.L. PTSG28-01: Calibración de Tacómetros.

9. Observaciones

(*) Código indicado en una etiqueta adherida y/o grabado al instrumento.

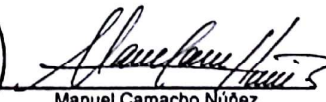
Los resultados presentados son el resultado de un promedio de 10 mediciones para cada valor de revolución.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Manuel Camacho Núñez
 Supervisor de Laboratorio

HCSG038-01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGM - A - 1902 - 2018

Página 1 de 3

1. Expediente	: V2-18434	Función
2. Solicitante	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	<i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.</i>
3. Dirección	: AV. TUPAC AMARU NRO. 150 - RIMAC - LIMA - LIMA	
4. Instrumento	: BALANZA	
Funcionamiento	: NO AUTOMÁTICO	Misión <i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i>
Alcance de Indicación	: 0 g a 6000 g	
Intervalo de escala (d)	: 0,1 g	
Intervalo de escala de verificación (e)	: 1 g	
Clase de Exactitud	: III	
Capacidad Mínima (*)	: 2 g	
Marca	: ADAM EQUIPMEN CO LTD	
Modelo	: ADG 6000L	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Procedencia	: NO INDICA	
Número de Serie	: AE068A99619	Visión <i>Ser el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional según las exigencias y competencias de la industria, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i>
Código de Identificación	: UMA-210	
Ubicación	: UNIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Fecha de Calibración	: 2018 - 11 - 13	
Fecha de Emisión	: 2018 - 11 - 14	
Lugar de Calibración	: INSTALACIONES DE MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	

5. Método de Calibración Empleado
La calibración se realizó por comparación entre las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido mediante pesas patrones según el procedimiento PC-001, 3ra Edición: 2009 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII" de INACAL

6. Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) y de la Clase de Exactitud de la balanza.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

La balanza ha sido calibrada hasta un alcance de 6000 g

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Luis Sánchez García
Supervisor del Laboratorio

Quím. Marlene Aduña Anca
C.Q.P.: 1009
Jefe de Calidad



HCSG021-09

Av. Ramón Castilla N° 154, Urb. Playa Rimac, Callao 572 2630 / 572 1691

ventas@sgnortec.com sgnortec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE DOCUMENTO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 SGTH-593-16**

Página 1 de 12

- 1. Expediente : 21911 - 16
- 2. Solicitante : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
- 3. Dirección : Av. Tupac Amaru 150 - Rimac
- 4. Equipo de Medición : BAÑO DE TEMPERATURA CONSTANTE
 - Marca : HUMBOLT
 - Modelo : H-1390
 - Número de Serie : 965
 - Procedencia : No Indica
 - Código de Identificación : UMA - 216
 - Temperatura de trabajo : 25 °C, 30 °C, 35 °C, 50 °C, 60 °C
 - Tolerancia : ± 1 °C
 - Ventilación : Forzada
 - Carga : 40 % aproximadamente
 - Ubicación : Unidad de Mezclas y Asfaltos

Función

Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión

Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión

Convertirnos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

5. Instrumento de Medición

Nombre	Marca/Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Controlador	AUTONICS / TZ4ST	No Indica	0 °C a 80°C	0,1 °C	DIGITAL

- 6. Fecha del Servicio : 2016-12-21 al 2016-12-23
- 7. Fecha de Emisión : 2016-12-28

8. Procedimiento de Caracterización Empleado

La calibración se realizó empleando un termómetro patrón con 10 termopares, según el Procedimiento PC-019 "Procedimiento para la Calibración de Baños termostático". Primera Edición - Abril 2009. SNM - INDECOPI.

9. Observaciones

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de aproximadamente 2 horas por punto de calibración. La calibración se realizó en las instalaciones de MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Manuel Camacho Muñoz
 Supervisor de Laboratorio TEMPERATURA Y HUMEDAD



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 SGL - 260 - 2017**

Página 1 de 2

- 1. Expediente** : 23083-17
- 2. Solicitante** : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
- 3. Dirección** : Av. Tupac Amaru 150 - Rímac - Lima - Lima
- 4. Instrumento de Medición** : RELOJ COMPARADOR
- Tipo de indicación** : Analógico
- Intervalo de indicación** : 0 Pulg a 1 Pulg
- Resolución** : 0,01 Pulg
- Marca** : SOILTEST
- Modelo** : AP-171
- Número de serie** : No Indica
- Procedencia** : U.S.A
- Código de Identificación** : UMA - 240 (*)
- Ubicación** : No Indica
- 5. Fecha de Calibración** : 2017-09-09
- 6. Fecha de Emisión** : 2017-09-11
- 7. Lugar de Calibración** : Instalaciones de SG NORTEC S.R.L. - Laboratorio de Longitud.

Función

Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión

Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión

Ser el laboratorio de calibración líder dentro del mercado nacional según las exigencias y competencias de la industria, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

8. Procedimiento de Calibración Empleado

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del Reloj comparador y bloques patrón de longitud tomando como referencia el procedimiento PC - 014 "Procedimiento de calibración de Comparadores de Cuadrante (usando bloques) ". Segunda Edición - Diciembre 2001. SNM - INDECOPI.

9. Observaciones

(*) Código indicado en una etiqueta adherida y/o grabado al instrumento.

El equipo pertenece a la Máquina de Estabilidad MARSHALL ELÉCTRICA MECÁNICA de Código: UMA - 240 Para una mejor aproximación de lectura, la resolución del instrumento se subdividió en 10 partes iguales de 0,001 Pulg.


Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.




 Manuel Camacho Núñez
 Supervisor de Laboratorio

HCSG029-01

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGTH - 447 - 2018**

Página 1 de 10

1. Expediente : V2-18427
2. Solicitante : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
3. Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima
4. Equipo de Medición : HORNO
- Marca : SOILTEST
- Modelo : L-12A-8
- Número de Serie : 97176-17
- Procedencia : No Indica
- Código de Identificación : UMA-204
- Temperatura de trabajo : 60 °C, 110 °C, 140 °C y 163 °C
- Tolerancia : ± 3 °C / ± 5 °C
- Ventilación : Natural
- Carga : % 30 Aproximadamente
- Ubicación : UNIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Función
Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión
Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión
Convertimos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

5. Instrumento de Medición

Nombre	Marca/Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Controlador e Indicador	Autonics / TZN4S	No Indica	0 °C a 180 °C	0,1 °C	Digital

6. Fecha de Calibración : 2018-09-27 al 2018-09-28

7. Fecha de Emisión : 2018-10-12

8. Procedimiento de Calibración Empleado

La calibración se realizó empleando un termómetro patrón con 10 termopares, según el Procedimiento PC-018 "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

9. Observaciones

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de aproximadamente 2 horas por punto de calibración. La calibración se realizó en las instalaciones de MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el equipo cumple con los límites de temperatura.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

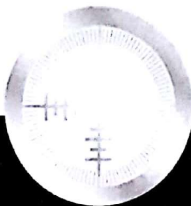
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.




Ana Zola Chonón Núñez
Supervisor de Laboratorio

HCSG037-01



Av. Ramón Castilla N° 154, Urb. Playa Rimac, Callao 572 2630 / 572 1691

ventas@sgnortec.com sgnortec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGTH - 446 - 2018

Página 1 de 10

1. Expediente : V2-18427
2. Solicitante : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
3. Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima
4. Equipo de Medición : HORNO
- Marca : MEMMERT
- Modelo : S-25
- Número de Serie : F-NR822862
- Procedencia : Alemania
- Código de Identificación : UMA-203
- Temperatura de trabajo : 60 °C, 110 °C, 140 °C y 163 °C
- Tolerancia : ± 3 °C / ± 5 °C
- Ventilación : Natural
- Carga : % 40 Aproximadamente
- Ubicación : UNIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Función
Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión
Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión
Convertirnos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

5. Instrumento de Medición

Nombre	Marca/ Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Controlador e Indicador	Autonics / TZN4S	No Indica	0 °C a 180 °C	0,1 °C	Digital

6. Fecha de Calibración : 2018-09-21 al 2018-09-24

7. Fecha de Emisión : 2018-10-12

8. Procedimiento de Calibración Empleado

La calibración se realizó empleando un termómetro patrón con 10 termopares, según el Procedimiento PC-018 "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

9. Observaciones

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de aproximadamente 2 horas por punto de calibración.

La calibración se realizó en las instalaciones de MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Durante la calibración y bajos las condiciones en que ésta ha sido hecha, el equipo cumple con los límites de temperatura.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.




Ana Zola Chonón Núñez
Supervisor de Laboratorio

HCSG037-01



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGTH - 445 - 2018**

Página 1 de 10

1. Expediente : V2-18427
2. Solicitante : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
3. Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima
4. Equipo de Medición : HORNO
- Marca : HUMBOLDT
- Modelo : 30GCLAB OVEN
- Número de Serie : No Indica
- Procedencia : No Indica
- Código de Identificación : UMA-202
- Temperatura de trabajo : 60 °C, 110 °C, 140 °C y 163 °C
- Tolerancia : $\pm 3 \text{ °C} / \pm 5 \text{ °C}$
- Ventilación : Forzada
- Carga : 30 % Aproximadamente
- Ubicación : UNIDA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
5. Instrumento de Medición

Nombre	Marca/ Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Controlador e Indicador	Autonics / TZN4S	No Indica	0 °C a 200 °C	0,1 °C	Digital

6. Fecha de Calibración : 2018-10-18
7. Fecha de Emisión : 2018-10-22

8. Procedimiento de Calibración Empleado

La calibración se realizó empleando un termómetro patrón con 10 termopares, según el Procedimiento PC-018 "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

9. Observaciones

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de aproximadamente 2 horas por punto de calibración. La calibración se realizó en las instalaciones de MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el equipo cumple con los límites de temperatura.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Función

Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión

Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

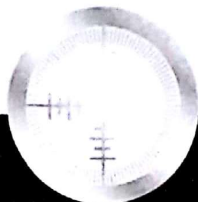
Visión

Convertimos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.



Ana Zola Chonón Núñez
Ana Zola Chonón Núñez
Supervisor de Laboratorio

HCSG037-01



INFORME DE MANTENIMIENTO IMSG- 748 -2017

Página 1 de 1



1. Fecha : 2017-09-06 al 2017-09-07
 2. Expediente : 23083-17
 3. Solicitante : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 4. Dirección : Av. Túpac Amaru Nro. 150 - Rímac - Lima - Lima
 5. Equipo / Instrumento : EYECTOR DE MUESTRAS

Fecha Emisión : 2017-09-11

Marca	: HUMBOLDT MGF CO	Div. Escala	: No Indica
Modelo	: No Indica	Clase/Exactitud	: No Indica
N° de Serie	: No Indica	Cod / Identificación	: UMA-218
Procedencia	: No Indica	Ubicación	: Unidad de Mezclas Asfálticas
Cáp. Máxima Temp	: No Indica		

Tipo de Mantenimiento : PREVENTIVO CORRECTIVO

6. Reporte Inicial

- Estado Operativo.
- Hidrolina del equipo sucio.
- Disco superior del equipo desnivelado.

7. Detalle del servicio

- Desmontaje general del equipo
- Limpieza y lijado de la caja y gata del equipo.
- Limpieza y pulido del disco superior del equipo.
- Lijado y nivelación del disco superior del equipo.
- Cambio de hidrolina de la gata.
- Corrección de las varillas de la gata.
- Limpieza y pulido de las varillas de la gata.
- Pintado de la caja del equipo.
- Pintado de la gata.
- Prueba de buen funcionamiento del equipo.

8. Recomendaciones

- Evitar golpes y caídas del equipo.
- Cambio periódico de la hidrolina de la gata.
- Limpieza periódica del equipo.

9. Conclusión

- El equipo se dejó operativo.



Jonathan Sanchez G.
Jonathan Sanchez G.
Área de Mantenimiento

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGTH - 449 - 2018**

Página 1 de 8

1. Expediente : V2-18427
2. Solicitante : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
3. Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima
4. Equipo de Medición : ESTUFA
- Marca : NÜVE
- Modelo : FN 500 P
- Número de Serie : 05-6419
- Procedencia : No Indica
- Código de Identificación : UMA-274
- Temperatura de trabajo : 110 °C, 140 °C y 163 °C
- Tolerancia : ± 3 °C / ± 5 °C
- Ventilación : Forzada
- Carga : 60 % Aproximadamente
- Ubicación : UNIDA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Función

Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión

Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión

Convertimos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

5. Instrumento de Medición

Nombre	Marca/ Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Controlador e Indicador	Nuve / FN 500 P	No Indica	0 °C a 250 °C	1 °C	Digital

6. Fecha de Calibración : 2018-10-01 al 2018-10-02

7. Fecha de Emisión : 2018-10-18

8. Procedimiento de Calibración Empleado

La calibración se realizó empleando un termómetro patrón con 10 termopares, según el Procedimiento PC-018 "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

9. Observaciones

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de aproximadamente 2 horas por punto de calibración.

La calibración se realizó en las instalaciones de MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el equipo cumple con los límites de temperatura.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.




Ana Zola Chonón Nuñez
Supervisor de Laboratorio

HCSG037-01



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGM - A - 1790 - 2018

Página 1 de 3

1. Expediente	: V2-18420	<i>Función</i>
2. Solicitante	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
3. Dirección	: Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima	<i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metroológica en nuestros clientes.</i>
4. Instrumento	: BALANZA	
Funcionamiento	: NO AUTOMÁTICO	
Alcance de Indicación	: 0 g a 6100 g	
Intervalo de escala (d)	: 0,1 g	<i>Misión</i>
Intervalo de escala de verificación (e)	: 0,1 g	
Clase de Exactitud	: II	<i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i>
Capacidad Mínima (*)	: 5 g	
Marca	: OHAUS	
Modelo	: EXPLORER	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Procedencia	: NO INDICA	<i>Visión</i>
Número de Serie	: F0331119480367	
Código de Identificación	: UMA-211	
Ubicación	: UNIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	<i>Ser el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional según las exigencias y competencias de la industria, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i>
Fecha de Calibración	: 2018 - 10 - 25	
Fecha de Emisión	: 2018 - 10 - 26	
Lugar de Calibración	: INSTALACIONES DE MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	

5. Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según el procedimiento PC-011 4ª edición: 2010 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II" de INACAL.

6. Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) y de la Clase de Exactitud de la balanza.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

La balanza ha sido calibrada hasta un alcance de 6100 g
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



[Firma]
Luis Sánchez García
Supervisor del Laboratorio

[Firma]
Quim. Marlene Acuña Anca
C.Q.P. 1009
Jefe de Calidad



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGM - A - 1889 - 2018

Página 1 de 3

1. Expediente	: V2-18434	<i>Función</i>
2. Solicitante	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
3. Dirección	: Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima	<i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metroológica en nuestros clientes.</i>
4. Instrumento	: BALANZA	
Funcionamiento	: NO AUTOMÁTICO	
Alcance de Indicación	: 0 g a 15000 g	
Intervalo de escala (d)	: 0,1 g	<i>Misión</i>
Intervalo de escala de verificación (e)	: 1,0 g	
Clase de Exactitud	: II	<i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i>
Capacidad Mínima (*)	: 5 g	
Marca	: OHAUS	
Modelo	: RANGER	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Procedencia	: No indica	<i>Visión</i>
Número de Serie	: 2591355 - 7CE	
Código de Identificación	: UMA - 224	
Ubicación	: Unidad de Mezclas Asfálticas	<i>Ser el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional según las exigencias y competencias de la industria, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i>
Fecha de Calibración	: 2018 - 11 - 08	
Fecha de Emisión	: 2018 - 11 - 12	
Lugar de Calibración	: INSTALACIONES DE MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	

5. Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según el procedimiento PC-011 4ª edición: 2010 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II" de INACAL.

6. Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) y de la Clase de Exactitud de la balanza.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.


SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.


El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

La balanza ha sido calibrada hasta un alcance de 15000 g

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.




Luis Sánchez García
Supervisor del Laboratorio


Quim. Marlene Acuña Anca
C.Q.P.: 1009
Jefe de Calidad





- EQUIPOS PARA LABORATORIO Y PRODUCTOS QUÍMICOS
- SEGURIDAD, RESCATE Y EQUIPAMIENTO MÉDICO
- INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
- EQUIPOS INDUSTRIALES
- SERVICIOS DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACION

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
ATM-3501117**

Fecha de emisión:
13-12-2017

1. **SOLICITANTE** : **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES**
 Dirección : Av. Túpac Amaru 150, Rímac, Lima, Perú

2. **EQUIPO** : **VACUOMETRO**
 Tipo : Analógico
 Marca : DYNAMIC
 Modelo : No indica
 Nº Serie : No indica
 Procedencia : No indica
 Alcance máximo : 0 pulg. Hg
 División mínima : -0.5 pulg. Hg
 Diámetro de caja : 2"
 Tipo de rosca : 1/4" NPT

3. **VARIABLE A CALIBRAR** : **PRESION**

4. **FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACION**
 Calibrado el 16-11-17 en el Laboratorio de MEQUIM S.A.

5. **METODO DE CALIBRACION**
 PC-004 "Procedimiento de Calibración de Manómetros, Vacuómetros y Manovacuumetros de Trabajo de Deformación Elástica" 1ra. Edición, Junio – 2000, SNM-INDECOPI.


6. **TRAZABILIDAD**
 El procedimiento de calibración tiene trazabilidad sobre los Estándares de Calidad Certificados por ISO 9001:2000.

7. **RESULTADOS DE MEDICION**
 En el cuadro de resultados se mostraran los valores del error de la medición y el cálculo de la incertidumbre estándar de la medición.

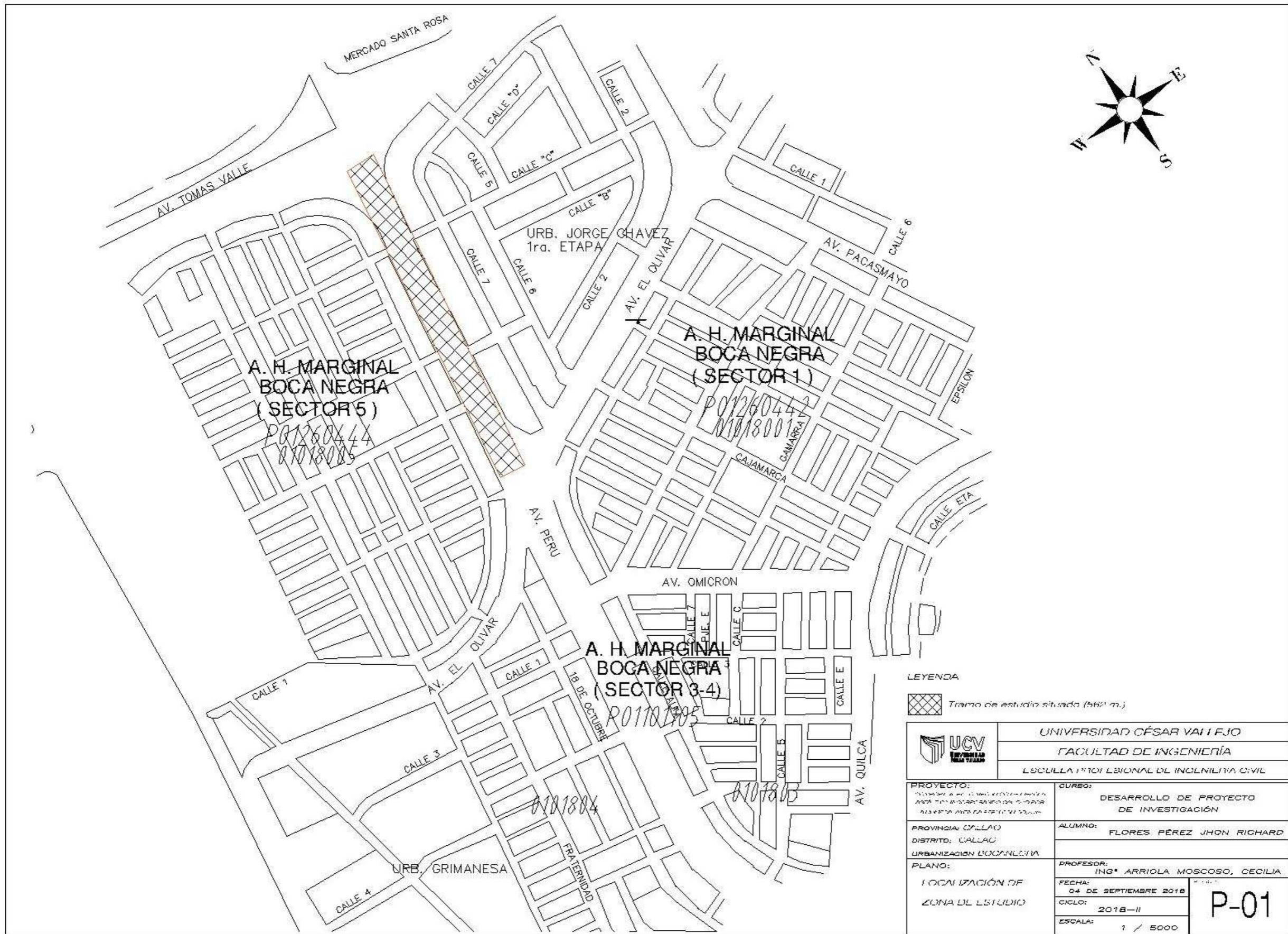
Evaluación de tipo A de la incertidumbre estándar.

La *evaluación de tipo A* de la incertidumbre estándar es el método de evaluación basado en el *análisis estadístico* de una serie de observaciones. La misma puede ser aplicada cuando se han realizado varias observaciones independientes de la magnitud X bajo las mismas condiciones. Sólo cuando existe suficiente resolución en el proceso de medición, la dispersión de las observaciones podrá observarse, puesto que se obtendrá un grupo de valores al repetir la medición en condiciones prácticamente iguales, algunos de los cuales pueden o no repetirse.

Las observaciones individuales difieren en valor debido a las variaciones aleatorias en las magnitudes que las afectan, es decir, debido a los efectos aleatorios.


 JOSE LUIS
 CHANG ALVARADO
 INGENIERO MECÁNICO
 Reg. CIP N° 138195

Anexo 8: Plano de ubicación



LEYENDA

Tramo de estudio situado (hatched area)

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	CURSO: DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PROVINCIA: CALLAO DISTRITO: CALLAO URBANIZACIÓN: URBANIZACIÓN BOCA NEGRA	ALUMNO: FLORES PÉREZ JOHN RICHARD
PLANO: LOCALIZACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO	PROFESOR: ING. ARIOLA MOSCOSO, CECILIA
	FECHA: 04 DE SEPTIEMBRE 2018
	CICLO: 2018-II
	ESCALA: 1 / 5000

P-01

Anexo 9: Panel fotográfico

PANEL FOTOGRÁFICO



Agregado grueso y fino en horno a 145 ± 5 °C



Ensayo de adherencia, mezclado de agregados con bitumen (asfalto) y equipo de compactación



Desmolde de briquetas y ensayo Marshall



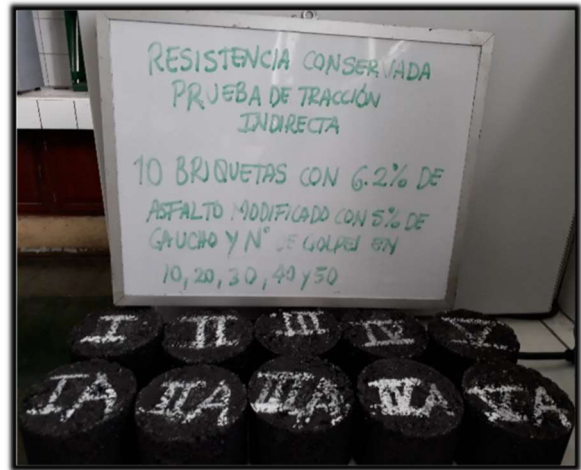
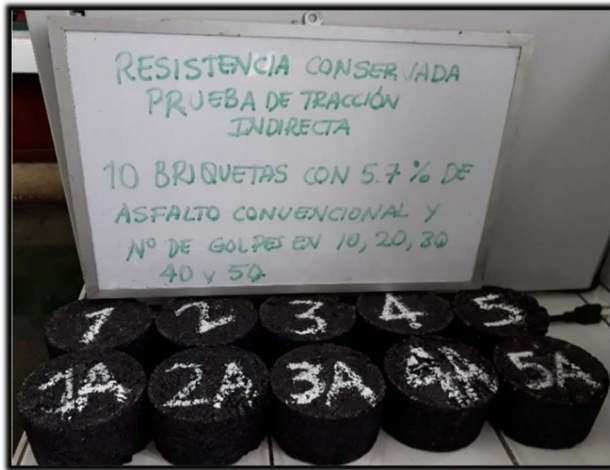
Asfalto modificado con 5% granos de caucho y asfalto convencional (0%)



Briquetas de mezcla asfáltica convencional ensayadas



Briquetas de mezcla asfáltica modificadas con granos de caucho al 10% y 20%



Briquetas de mezcla asfáltica convencional y modificada para ensayo de resistencia conservada



Briquetas de mezcla asfáltica convencional y modificada acondicionadas en presión al vacío



Briquetas de mezcla asfáltica convencional y modificada acondicionadas al congelamiento y baño amarilla



Briquetas de mezcla asfáltica convencional para para realizar ensayo de resistencia inmersión compresión

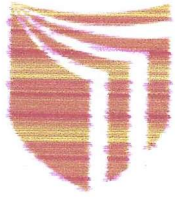


Briquetas de mezcla asfáltica modificada para realizar ensayo de resistencia inmersión compresión



Perdida de adherencia entre el bitumen asfalto caucho y los agregados de la mezcla asfáltica modificada

Anexo 10: Otros



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

FLORES PEREZ, JHON RICHARD

TITULADO:

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO CAUCHO POR VÍA HÚMEDA, AVENIDA PERÚ, CAJAO, 2018

PARA OBTENER EL BACHILLER O TÍTULO DE:

INGENIERO (A) CIVIL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 15/12/2018

NOTA O MENCIÓN : 15 (Quince)



ING. FELIMÓN CÓRDOVA SALCEDO
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, *Arriola Moscoso, Cecilia*

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

“ *Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica*
..... *incorporando caucho por vía húmeda, avenida*
..... *Perú, Callao, 2018.*
..... ”

del (de la) estudiante *Flores Perez, Jhon Richard*

constato que la investigación tiene un índice de similitud de *15* % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha. *Olivos 14 de Diciembre del 2018*

.....
Firma
Nombres y apellidos del (de la) docente:

..... *Cecilia Arriola Moscoso*

DNI: *43851809*

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Flores Pérez, Jhon Richard, identificado
con DNI N° 45654352

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“ Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica
incorporando caucho por vía húmeda, avenida
Perú, Callao, 2018.

.....”;
en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Jhon Richard Flores Pérez
FIRMA
DNI: 45654352

FECHA: 15 de Diciembre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando
caucho por vía húmeda – avenida Perú, Callao, 2018

AUTOR

Flores Perez, Jhon Richard

DOCENTE

MSc. Cecilia Arriola Moscoso

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura vial

Lima Perú

2018



Resumen de coincidencias

15 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante | 3 % |
| 2 | Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante | 3 % |
| 3 | repositorio.ucv.edu.pe
Fuente de Internet | 2 % |
| 4 | www.idu.gov.co
Fuente de Internet | 1 % |
| 5 | upcommons.upc.edu
Fuente de Internet | 1 % |
| 6 | repository.javeriana.ed...
Fuente de Internet | 1 % |
| 7 | repositorio.upao.edu.pe | 1 % |