

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO
RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

Asesor(a): CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ

Chota – Perú

2021



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Carranza Herrera Kelvin Jhoni

Código del alumno: **2014050128**

Correo electrónico: jhocar97@gmail.com

Teléfono: 995121443

DNI: 72645139

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

“EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA”

5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Mg. Ing. Benavides Núñez Claudia Emilia Teléfono: 959 008 297

Correo electrónico: cebenavidez@unach.edu.pe

D.N.I: 70609688

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
DNI: 72645130

03 DE FEBRERO DE 2022

**Evaluación de una mezcla asfáltica adicionando residuos de
neumáticos, Chota**

POR:

Kelvin Jhoni Carranza Herrera

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**

de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo

PRESIDENTE

Mg. Ing. Martha Gladis Huamán Tanta

SECRETARIO

Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez

VOCAL

AGRADECIMIENTOS

A Dios; porque él es el centro de todos mis logros, ya que sin su ayuda y dirección nada sería factible.

A mis queridos padres; por brindarme su constante apoyo incondicional y desmedido, siendo la base fundamental que me permitió emprender este proyecto de vida. A mis hermanos (as), cuñados (as), quienes se convirtieron juntamente con mis padres en promotores de mis sueños.

A mi asesora de tesis; quien siempre se mostró dispuesta a brindarme su apoyo y colaboración para poder desarrollar este proyecto. A mis profesores, quienes me han otorgado a través de la enseñanza el conocimiento necesario para poder desempeñarme con excelencia.

Mi gratitud con las personas que pude compartir durante este proceso formativo, y que directa e indirectamente se involucraron siendo parte motivadora para creer en mí y en la visión que tenía.

Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por darme la oportunidad de ser parte de esa gran familia que día a día crece en sus aulas con el objetivo de darle a las personas una mejor calidad de vida.

Kelvin Jhoni Carranza Herrera

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

Al dueño de la vida, quien por su gracia y misericordia me ha concedido la vida y la salud.

A mis padres quienes se esforzaron para verme realizado y culminar con este objetivo trazado en mi vida, a mis hermanos la fuente de motivación constante durante todo este proceso formativo; para ellos y para quienes estuvieron pendientes mostrando su apoyo para alcanzar mis sueños.

Kelvin Jhoni Carranza Herrera

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Justificación e importancia.....	19
1.4. Delimitación de la investigación	20
1.5. Limitaciones	20
1.6. Objetivos.....	21
1.6.1. Objetivo general	21
1.6.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	24
2.1.3. Antecedentes regionales	25
2.2. Marco teórico	26
2.2.1. Residuos de neumáticos	26
2.2.2. Pavimentos flexibles.....	31
2.2.3. Mezcla asfáltica	32
2.2.4. Componentes de una mezcla asfáltica en caliente.....	34
2.2.5. Propiedades de los agregados.....	38
2.2.6. Método Marshall para diseño de asfalto.....	41
2.2.7. Características de una mezcla asfáltica	42
2.2.8. Requisitos de una mezcla asfáltica en caliente.....	44
2.2.9. Cemento asfáltico modificado con polímeros	46
2.3. Definición de términos	47

CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	49
3.1. Hipótesis	49
3.2. Variables.....	49
3.2.1. Variable independiente.....	49
3.2.2. Variable dependiente.....	49
3.3. Operacionalización de variables	50
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	51
4.1. Ubicación geográfica del estudio.....	51
4.2. Unidad de análisis, población y muestra	55
4.2.1. Población.....	55
4.2.2. Muestra.....	56
4.2.3. Unidad de análisis	57
4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación	57
4.3.1. Tipo de investigación	57
4.3.2. Diseño de investigación.....	58
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
4.4.1. Técnicas de recolección de datos	61
4.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	62
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	63
4.6. Matriz de consistencia metodológica	63
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
5.1. Presentación de resultados	64
5.1.1. Características de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica	64
5.1.2. Propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico	77
5.1.3. Comparación de las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico	84
5.1.4. Propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado	92

5.1.5. Comparación de las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado.....	99
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	109
5.3. Contratación de hipótesis.....	116
CONCLUSIONES.....	122
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS.....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS.....	131
Anexo N° 1. Matriz de consistencia.....	131
Anexo N° 2. Panel fotográfico.....	132
Anexo N° 3. Análisis de costos unitarios.....	142
Anexo N° 4. Fichas técnicas.....	147
Anexo N° 5. Análisis estadístico.....	148
Anexo N° 6. Ensayos a los agregados.....	149
Anexo N° 7. Ensayos en la mezcla asfáltica.....	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de mezclas asfálticas	33
Tabla 2. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración	34
Tabla 3. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad.....	35
Tabla 4. Requerimientos para los agregados gruesos.....	35
Tabla 5. Requerimientos para los agregados finos.....	36
Tabla 6. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)	37
Tabla 7. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC).....	44
Tabla 8. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	45
Tabla 9. Mezcla asfáltica tipo superpave, vacíos llenos con asfalto (VFA).....	45
Tabla 10. Requisitos de adherencia.....	46
Tabla 11. Requisitos básicos de una mezcla asfáltica según el método Marshall.....	46
Tabla 12. Especificaciones del cemento asfáltico modificado con caucho	47
Tabla 13. Matriz de operacionalización de variables en estudio.....	50
Tabla 14. Ubicación geográfica de las canteras de agregados para la elaboración de la mezcla asfáltica	55
Tabla 15. Ensayos en agregados.....	55
Tabla 16. Resumen de diseño factorial múltiple de los especímenes con variación de cemento asfáltico	56
Tabla 17. Resumen de diseño factorial múltiple de los especímenes con variación de caucho triturado	56
Tabla 18. Número de veces que se repetirá los ensayos en la mezcla asfáltica modificada con diferentes porcentajes de caucho triturado	57
Tabla 19. Tipo de investigación según los principales criterios.....	58
Tabla 20. Fórmulas para el análisis de varianza ANOVA	59
Tabla 21. Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable .	62
Tabla 22. Contenido de humedad de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica.....	65
Tabla 23. Granulometría del agregado grueso de la cantera los Peroles	66
Tabla 24. Agregado grueso de la cantera Los Peroles con una o más caras fracturadas.....	68
Tabla 25. Agregado grueso de la cantera Los Peroles con dos o más caras fracturadas	68
Tabla 26. Chatas y alargadas de la cantera Los Peroles, Muestra 1	69
Tabla 27. Chatas y alargadas de la cantera Los Peroles, Muestra 2.....	69
Tabla 28. Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables en el agregado grueso de la cantera Los Peroles.....	70
Tabla 29. Granulometría de la cantera Conchán	71
Tabla 30. Equivalente de arena del agregado fino de la cantera Conchán	72

Tabla 31. Terrones de arcilla en el agregado fino de la cantera Conchán.....	72
Tabla 32. Límites de consistencia del agregado fino de la cantera Conchán	73
Tabla 33. Granulometría del agregado fino del río Doñaana	75
Tabla 34. Equivalente de arena del agregado fino del río Doñaana	76
Tabla 35. Límites de consistencia del agregado fino del río Doñaana	76
Tabla 36. Datos para el diseño de mezcla 85/100 de los agregados sin caucho.....	78
Tabla 37. Análisis granulométrico del diseño de mezcla 85/100 de los agregados sin caucho	78
Tabla 38. Diseño de mezcla asfáltica 1, con 4.5% de cemento asfáltico	79
Tabla 39. Características de la mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico, diseño 1.....	79
Tabla 40. Diseño de mezcla asfáltica 2, con 5.0% de cemento asfáltico	80
Tabla 41. Características de la mezcla asfáltica con 5.0% de cemento asfáltico, diseño 2.....	80
Tabla 42. Diseño de mezcla asfáltica 3, con 5.5% de cemento asfáltico	81
Tabla 43. Características de la mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico, diseño 3.....	81
Tabla 44. Diseño de mezcla asfáltica 4, con 6.0% de cemento asfáltico	82
Tabla 45. Características de la mezcla asfáltica con 6.0% de cemento asfáltico, diseño 4.....	82
Tabla 46. Diseño de mezcla asfáltica 5, con 6.5% de cemento asfáltico	83
Tabla 47. Características de la mezcla asfáltica con 6.5% de cemento asfáltico, diseño 5.....	83
Tabla 48. Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de cemento asfáltico.....	86
Tabla 49. Porcentaje óptimo de cemento asfáltico de la mezcla bituminosa para la elaboración de asfalto	91
Tabla 50. Diseño de mezcla asfáltica óptima, con 6.10% de cemento asfáltico	91
Tabla 51. Diseño de mezcla asfáltica con 1% de caucho	93
Tabla 52. Características de la mezcla asfáltica con 1% de caucho	93
Tabla 53. Diseño de mezcla asfáltica con 2% de caucho	94
Tabla 54. Características de la mezcla asfáltica con 2% de caucho	94
Tabla 55. Diseño de mezcla asfáltica con 3% de caucho	95
Tabla 56. Características de la mezcla asfáltica con 3% de caucho	96
Tabla 57. Diseño de mezcla asfáltica con 4% de caucho	97
Tabla 58. Características de la mezcla asfáltica con 4% de caucho	97
Tabla 59. Diseño de mezcla asfáltica con 5% de caucho	98
Tabla 60. Características de la mezcla asfáltica con 5% de caucho	98
Tabla 61. Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de caucho reciclado triturado	101
Tabla 62. Cantidad de materiales en m ³	106
Tabla 63. Costo por 1 m ³ de caucho reciclado triturado.....	106
Tabla 64. Propiedades de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica..	110

Tabla 65. Análisis granulométrico de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica	110
Tabla 66. Características de la mezcla asfáltica convencional según porcentaje de cemento asfáltico	112
Tabla 67. Características de la mezcla asfáltica con 6.10% de cemento asfáltico según porcentaje de sustitución del agregado fino por caucho reciclado triturado	114
Tabla 68. Dosificación de la mezcla óptima convencional y modificada con caucho reciclado triturado	115
Tabla 69. Características de la mezcla asfáltica convencional elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico y experimental con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado. Datos utilizados en el análisis estadístico ANOVA	117
Tabla 70. Análisis de varianza de la mezcla asfáltica convencional elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico y experimental elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	118
Tabla 71. Resumen del modelo de la mezcla convencional elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico y experimental elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	119
Tabla 72. Características de la mezcla asfáltica convencional con 6.1% de cemento asfáltico y la mezcla modificada con 1% de caucho reciclado triturado, respecto a los estándares de la EG-2013. Datos utilizados para el análisis estadístico ANOVA	120
Tabla 73. Análisis de varianza de la mezcla asfáltica convencional elaborada con 6.1% de cemento asfáltico y experimental elaborada con 1% de caucho reciclado triturado	121
Tabla 74. Resumen del modelo de la mezcla convencional elaborada con 6.1% de cemento asfáltico y experimental elaborada con 1% de caucho reciclado triturado.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación de residuos sólidos diarios por departamento (Tn/día), 2017.....	15
Figura 2. Ventas por segmentos en enero-febrero de 2021, en el Perú.....	16
Figura 3. Venta de vehículos pesados y ligeros en las regiones y provincias del Perú.....	17
Figura 4. Tipo de superficie de rodadura de la red departamental (km) en las provincias de la región de Cajamarca, 2018.....	18
Figura 5. Estado de conservación de las vías de la ciudad de Chota	18
Figura 6. Composición de las llantas	26
Figura 7. Procesos desarrollados en la fabricación de neumáticos	27
Figura 8. Proceso realizado en la valorización energética de neumáticos	28
Figura 9. Procesos de reutilización y reciclado de neumáticos.....	29
Figura 10. Proceso de uso del caucho (residuo de NFU) en la elaboración de mezcla asfáltica	30
Figura 11. Capas del pavimento flexible.....	31
Figura 12. Tanque portátil para producir mezclas asfálticas.....	33
Figura 13. Componentes de una mezcla asfáltica en caliente	37
Figura 14. Modelo de curva granulométrica ASTM D3515	38
Figura 15. Diferentes tamaños de partículas de material separadas tras el ensayo de análisis granulométrico	39
Figura 16. Método Marshall para el diseño de mezclas asfálticas	42
Figura 17. Ubicación del distrito de Chota	52
Figura 18. Ubicación del distrito de Conchán.....	52
Figura 19. Ubicación de la cantera de agregado grueso Los Peroles	53
Figura 20. Ubicación de la cantera de arena zarandeada del Río Doñaana.....	53
Figura 21. Ubicación de la cantera de agregado fino Conchán.....	54
Figura 22. Ubicación de las canteras.....	54
Figura 23. Diseño de investigación experimental	60
Figura 24. Curva granulométrica de la cantera Los Peroles.....	67
Figura 25. Gradación de la grava triturada de la cantera Los Peroles para el ensayo de caras fracturadas.....	67
Figura 26. Curva granulométrica de la muestra 1 y 2 de agregado grueso de la cantera Los Peroles para el ensayo de Chatas y alargadas	68
Figura 27. Gradación de grava de la cantera Los Peroles para ensayo de terrones de arcilla... ..	69
Figura 28. Curva granulométrica de la cantera Conchán	72
Figura 29. Curva de fluidez de la cantera Conchán	73
Figura 30. Curva granulométrica del agregado fino del río Doñaana	75

Figura 31. Curva de fluidez del agregado fino del río Doñaana	76
Figura 32. Curva granulométrica de la mezcla de agregados utilizado en el diseño de mezcla 85/100.....	78
Figura 33. Peso unitario de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico	87
Figura 34. Porcentaje de vacíos con aire de la mezcla asfáltica según porcentajes de cemento asfáltico	87
Figura 35. Porcentajes de vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico.....	88
Figura 36. Porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico según diseño de mezcla.....	88
Figura 37. Flujo (mm) en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico	89
Figura 38. Estabilidad (kg) en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico	89
Figura 39. Rigidez (kg/cm) en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico	90
Figura 40. Gravedad específica (gr/cm ³) de la mezcla bituminosa con diferentes porcentajes de cemento asfáltico.....	90
Figura 41. Peso unitario de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	102
Figura 42. Porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	102
Figura 43. Porcentaje de vacíos del agregado mineral en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	103
Figura 44. Flujo (mm) de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	103
Figura 45. Estabilidad (kg) de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	104
Figura 46. Relación estabilidad/flujo – rigidez (kg/cm) de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	104
Figura 47. Gravedad de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado	105
Figura 48. Costo para la preparación de 1 m ³ de mezcla asfáltica en caliente	107
Figura 49. Curva granulométrica de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica	111

RESUMEN

Los neumáticos fuera de uso tardan alrededor de 500 años en degradarse (Castro, 2015), pero su uso lejos de disminuir aumenta con el paso de los días, incrementando así el número de desechos de los mismos. En la presente investigación se ha tenido por objetivo “Caracterizar una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos con la finalidad de verificar sus propiedades según el manual de carreteras “Especificaciones técnicas Generales para Construcción” EG-2013 (MTC, 2013) para garantizar su posible uso en carreteras de la ciudad de Chota”. Se verificaron las propiedades del agregado grueso de la cantera Los Peroles, agregado fino de la cantera Conchán y arena zarandeada del río Doñaana, según las especificaciones de la EG-2013, luego se elaboraron los especímenes de la mezcla asfáltica con 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 y 6.5% de cemento asfáltico, verificando que todas las mezclas convencionales con diferentes porcentajes de cemento asfáltico, cumplen con las especificaciones técnicas de la EG-2013, a excepción de la mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico. Se elaboró y ensayo por Marshall, la mezcla asfáltica 85/100 con la dosificación óptima de cemento asfáltico (6.10%) y agregados de la provincia de Chota, sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5%. Concluyendo que la mezcla asfáltica óptima 85/100 con 6.10% de cemento asfáltico y 1% de caucho reciclado triturado cumple con la EG-2013, por lo que se garantiza su posible uso en carreteras de la ciudad de Chota.

Palabras clave: cemento asfáltico, caucho reciclado triturado, agregado fino, pavimento asfáltico.

ABSTRACT

End-of-life tires take about 500 years to degrade (Castro, 2015), but their use, far from decreasing, increases with each passing day, thus increasing their waste. The objective of the present research was to "Characterize an asphalt mixture by adding tire waste in order to verify its properties according to the road manual "General Technical Specifications for Construction" EG-2013 (MTC, 2013) to ensure its possible use in roads in the city of Chota". The properties of the coarse aggregate from Los Peroles quarry, fine aggregate from Conchán quarry and zarandeada sand from Doñaana river were verified, according to the specifications of the EG-2013, then the specimens of the asphalt mixture were elaborated with 4.5, 5.0, 5.5, 5.5, 6.0 and 6.5% of asphalt cement, verifying that all conventional mixes with different percentages of asphalt cement comply with the technical specifications of the EG-2013, with the exception of the asphalt mix with 4.5% of asphalt cement. The 85/100 asphalt mix was prepared and tested by Marshall with the optimum dosage of asphalt cement (6.10%) and aggregates from the province of Chota, replacing the dry weight of the fine aggregate with recycled crushed rubber in percentages of 1%, 2%, 3%, 4% and 5%. Concluding that the optimum asphalt mix 85/100 with 6.10% of asphalt cement and 1% of recycled crushed rubber complies with the EG-2013, thus guaranteeing its possible use in roads in the city of Chota.

Key words: asphalt cement, crushed recycled rubber, fine aggregate, asphalt pavement.

CAPÍTULO I.

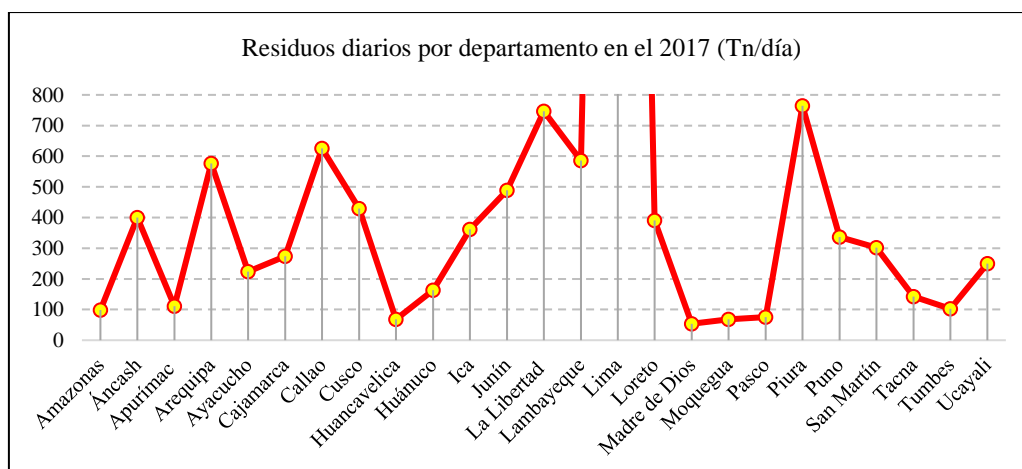
INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El pavimento flexible es ampliamente utilizado, el 95% del total de carreteras del mundo están hechas con mezclas asfálticas (Rahman, Mohajerani y Giustozzi, 2020). El asfalto se obtiene mezclando raciones predeterminadas de agregados (gruesos y finos), betún y relleno, que, después de los procesos de compactación, forman el pavimento flexible (Li, et al., 2018), pero muchas veces esté presenta problemas, lo que hace necesario incluir algunos aditivos para aumentar la adherencia (Hasan y Sugiarto., 2021). Un aditivo es capaz de fortalecer la mezcla asfáltica modificando sus características técnicas, además, puede mejorar sus efectos medioambientales. (Zarei et al., 2020)

El desperdicio ambiental causado por el desarrollo tecnológico e industrial está aumentando. En Perú, cada año se eliminan decenas de miles de toneladas de desechos industriales. Una de las formas más económicas y efectivas de eliminar estos desechos y proteger el medio ambiente es reciclar en una mezcla de asfalto en caliente. (Eisa, Basiouny y Youssef, 2018)

Figura 1. Generación de residuos sólidos diarios por departamento (Tn/día), 2017

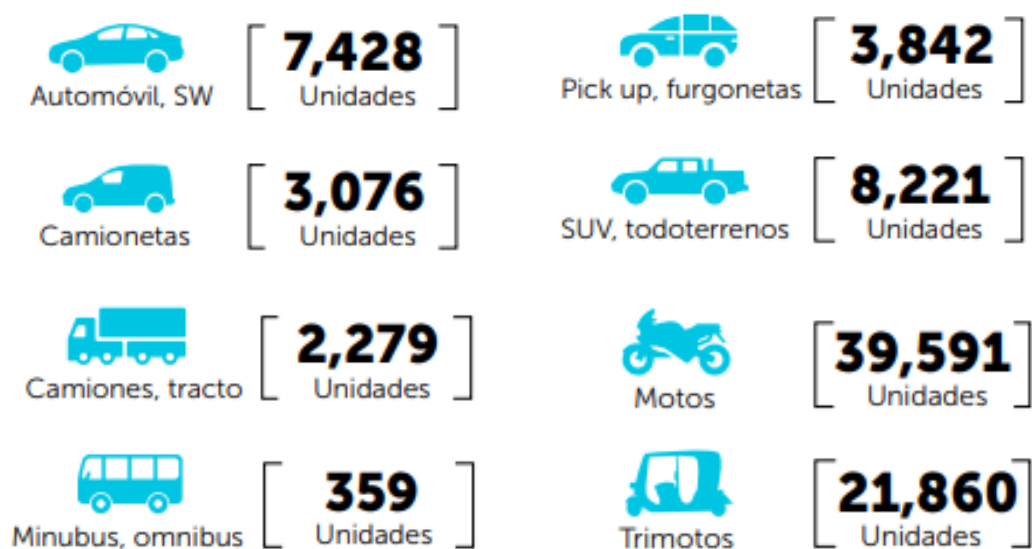


Nota: Instituto Nacional de Estadística (INEI, 2019, p. 441)

El rápido crecimiento de la adquisición de automóviles, durante las últimas décadas ha provocado el desguace de numerosos neumáticos y su eliminación se ha convertido en un desafío importante (Wang, et al., 2020). “En Cajamarca de 121 unidades diarias de neumáticos adquiridos, el 60% son desechados sin saber dónde terminan” (Cáceres, 2016). Los neumáticos están hechos de una mezcla de cauchos sintéticos y naturales, que evita que se degraden en los vertederos (McElvery, 2020), por ello, a medida que aumenta el número de neumáticos de desecho, es necesario aprovechar el material con el que se fabrican en otros usos constructivos (Issa, 2020).

Figura 2.

Ventas por segmentos en enero-febrero de 2021, en el Perú



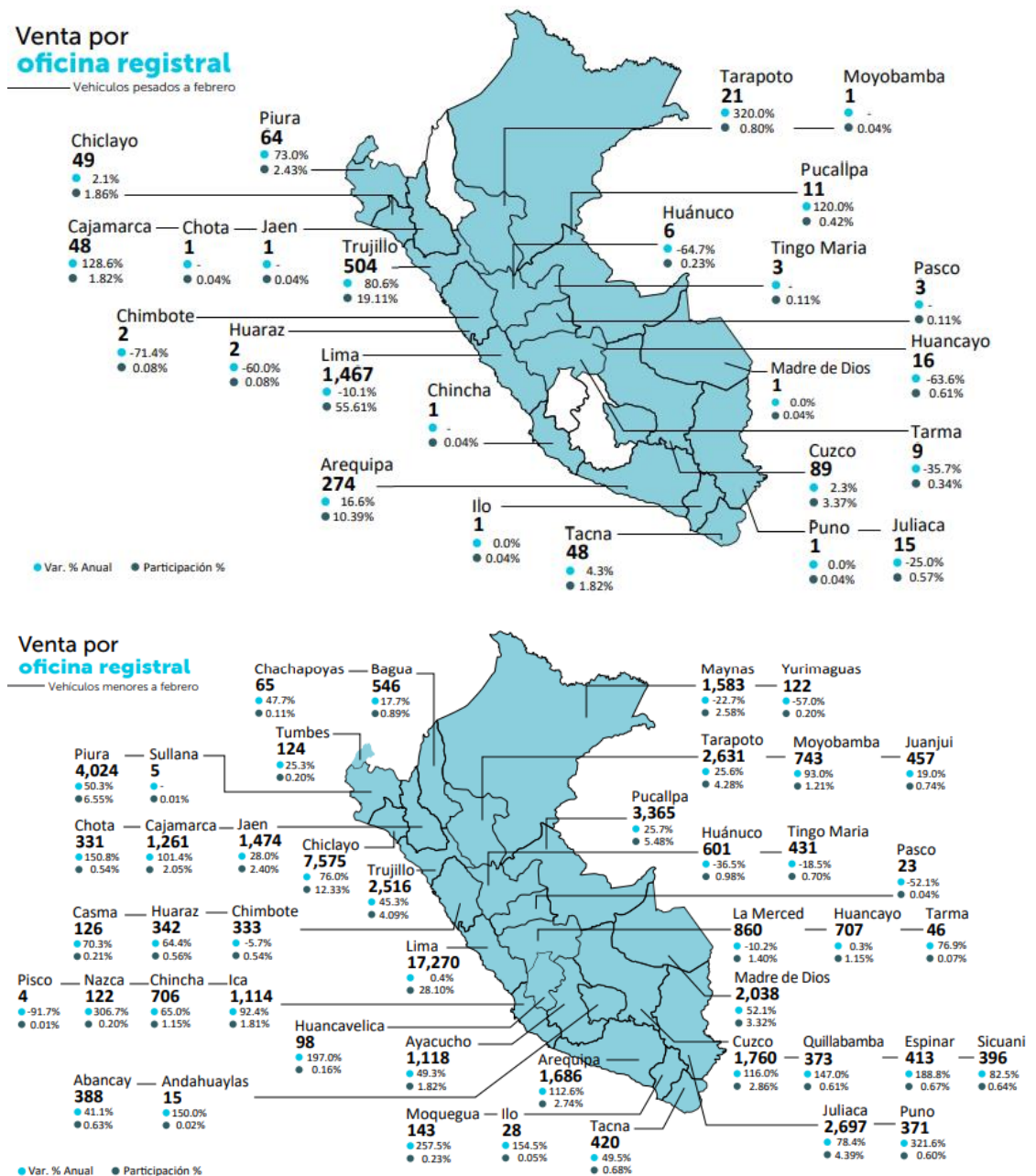
Nota: Asociación automotriz del Perú (AAP, 2021).

En la actualidad la mezcla de asfalto modificado con caucho granulado ha ganado un interés cada vez mayor como material de pavimentación sostenible, porque permite el reciclaje dando valor agregado a las llantas de desecho en pavimentos de asfalto duraderos (Yu, et al., 2020a). El reciclaje de caucho desmenuzado derivado de neumáticos de vehículos de desecho como modificador de asfalto es un enfoque eficaz de gestión de residuos con ventajas tanto de

ingeniería como medioambientales (Yu, et al., 2020b), pero, los agregados naturales presentan características propias que modifican la dosificación para una mezcla asfáltica combinada con caucho de llantas de desecho (Yan, et al., 2020), haciendo necesario su análisis comparativo de propiedades y desempeño (Khurshid, et al., 2019).

Figura 3.

Venta de vehículos pesados y ligeros en las regiones y provincias del Perú

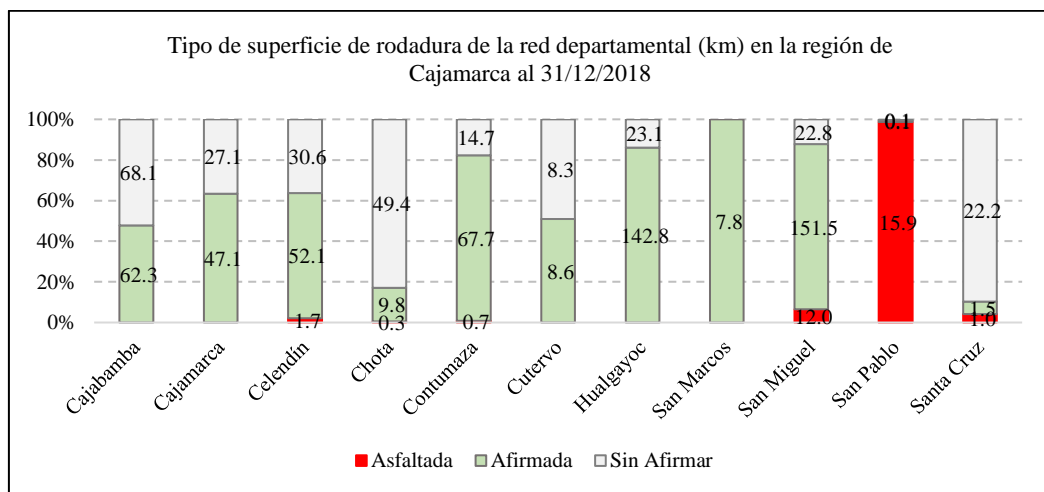


Nota: Asociación automotriz del Perú (AAP, 2021).

La mayor parte de la red vial nacional, departamental y vecinal del distrito y provincia de Chota está sin afirmar (MTC, 2018), lo que ha generado que el estado vial de la ciudad de Chota sea malo o regular (MPCH, 2018). Esta condición de deterioro en las vías Chotanas podría cambiar si se pavimentase las mismas, pero considerando que el pavimento asfáltico es fuertemente deteriorado por las precipitaciones pluviales, mismas que en la ciudad de Chota llegan hasta 115.05 mm/mes (Senamhi, 2021), se hace necesario plantear la mejora de la mezcla asfáltica, por medio de la adición de caucho, material que incrementa su resistencia a la tensión directa e indirecta (Xia, et al., 2021).

Figura 4.

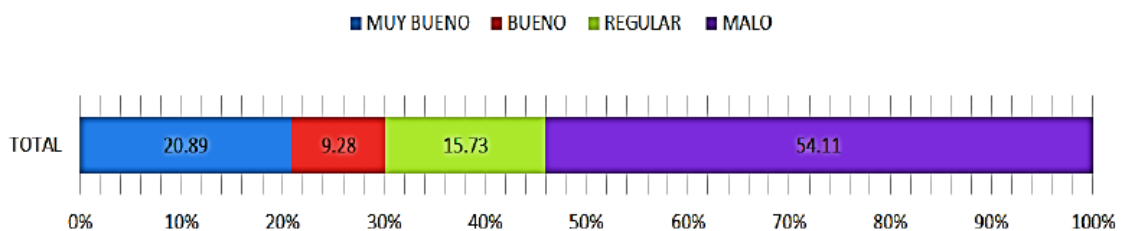
Tipo de superficie de rodadura de la red departamental (km) en las provincias de la región de Cajamarca, 2018



Nota: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2018).

Figura 5.

Estado de conservación de las vías de la ciudad de Chota



Nota: Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018).

Al elaborar una mezcla asfáltica, la cantidad de materiales varía para cada diseño, debido a las características típicas de los materiales (Yan, et al., 2020), por ello, es necesario caracterizar la mezcla asfáltica local, más aún cuando se busca darle un valor agregado por medio de la incorporación de residuos de neumáticos, de tal forma que se verifique o garantice que las particularidades técnicas de la mezcla asfáltica combinada con caucho granular, están dentro de los estándares normativos (Candra y Siswanto, 2019), debido a que el MTC (2013) establece que “Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia”, logrando así no sólo un beneficio ambiental, sino también técnico para su aplicación como pavimento asfáltico en las carreteras y calles del distrito y provincia de Chota.

1.2. Formulación del problema

Frente a lo descrito, el principal problema de la investigación ha sido descubrir el efecto de agregar residuos de neumáticos de caucho en la mezcla de asfáltica, por ello se planteó determinar ¿Cuál es la caracterización de la mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos en la ciudad de Chota?

1.3. Justificación e importancia

La investigación es importante porque busca analizar el efecto de agregar residuos de neumáticos de caucho en la mezcla de asfáltica (Candra y Siswanto, 2019). A través de este estudio se contribuye teóricamente a la base de información sobre las particularidades de los materiales, utilizados para la elaboración de una mezcla asfáltica, y como las características de esta mezcla cambian al adicionar residuos de neumáticos de caucho en base a la experimentación, dando así un valor agregado no solo para el conocimiento

científico sobre mezclas asfálticas sino también para el aprovechamiento de residuos neumáticos para fines constructivos.

La investigación determina la factibilidad de adicionar residuos de neumáticos de caucho a una mezcla asfáltica elaborada con agregados de las canteras de la provincia de Chota, con el fin de mejorar sus características técnicas y económicas, brindando una solución rentable para el mejoramiento de las carreteras Chotanas, que en la actualidad se encuentran en muy mal estado, pero reduciendo a la vez el impacto ambiental que genera su construcción en el entorno.

Los neumáticos utilizados en el presente estudio han sido recolectados de las afueras de la ciudad de Chota, estos insumos que han sido eliminados producen contaminación al medio ambiente, debido a que su degradación tarda cientos de años, por lo que su recolección y aplicación a la elaboración de una mezcla asfáltica coadyuva a disminuir el impacto ambiental de su desecho.

1.4. Delimitación de la investigación

Se desarrolló en la ciudad de Chota en un lapso de 12 meses de ejecución que se vieron interrumpidos por la pandemia covid-19, siendo así se desarrolló desde enero 2020 a marzo 2020, y desde agosto 2020 a abril 2021. Se utilizó arena fina de la cantera Conchán, arena zarandeada de la cantera Río Doñaana, agregado grueso de la cantera Los Peroles del distrito de Chota y neumáticos de caucho recolectados en Chota y triturados en la ciudad de Chiclayo.

1.5. Limitaciones

Una limitación fue que en la ciudad de Chota era difícil encontrar un equipo de trituración de neumáticos, es decir estos tenían que ser reducidos a unidades más pequeñas por medio del corte para ser triturados, por lo que se decidió realizar este proceso en Chiclayo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Caracterizar una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos con la finalidad de verificar sus propiedades según el Manual de Carreteras “Especificaciones técnicas Generales para Construcción” EG-2013 (MTC, 2013) para garantizar su posible uso en carreteras de la ciudad de Chota.

1.6.2. Objetivos específicos

- Verificar las características del agregado grueso de la cantera los Peroles, agregado fino de la cantera Conchán, arena zarandeada del río Doñaana y caucho triturado reciclado obtenido a partir de neumáticos fuera de uso, de la provincia de Chota.
- Determinar las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con cemento asfáltico al 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% del peso de la mezcla, y agregados de la provincia de Chota.
- Comparar la mezcla asfáltica 85/100 en caliente elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico, para determinar la dosificación óptima que cumple con los estándares del “Manual de Carreteras EG-2013” (MTC, 2013).
- Determinar las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con la dosificación óptima de cemento asfáltico y agregados de la provincia de Chota, sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5%.
- Comparar la mezcla asfáltica 85/100 en caliente elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado de neumáticos fuera de uso, para determinar la dosificación óptima que cumple con los estándares del “Manual de Carreteras EG-2013” (MTC, 2013).

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Siswanto et al. (2017) en su artículo científico “Marshall properties of asphalt concrete using crumb rubber modified of motorcycle tire waste” tuvieron como objetivo explicar el efecto de los residuos de neumáticos de motocicleta (CRM) sobre las características Marshall de la mezcla asfáltica. Utilizaron dos tipos de gradaciones de agregados, y siete niveles de contenido de CRM, 0, 0.5, 1, 1.5, 3, 4.5 y 6% en peso de agregado. Los resultados indican que la adición de CRM de residuos de neumáticos de motocicleta aumenta la estabilidad Marshall de ambas mezclas. Concluyendo que la adición de 1% de CRM del peso total de la mezcla es la mejor combinación.

Issa (2020) en su artículo “The impact of adding waste tire rubber on asphalt mix design” tuvo como objetivo investigar el impacto del uso del caucho de los neumáticos de desecho, en la mezcla de asfalto. El ensayo de marshal, así como el ensayo de ductilidad se realizaron teniendo en cuenta los porcentajes de betún: 4, 4.5, 5, 5.5 y 6%. El contenido óptimo de asfalto y caucho se investigó aplicando varias mezclas de prueba que contienen diferentes porcentajes de asfalto y caucho de caucho: 95% y 5% de caucho, 90% y 10% de caucho, 85% y 15% de caucho, y 80% y 20%, respectivamente. Los resultados indican que el 10% y el 15% del caucho satisfacen las normas y especificaciones.

Cárdenas (2017) en su tesis de maestría “Evaluación de la resistencia mecánica de mezclas asfálticas elaboradas con asfalto modificado con aceites lubricantes” tuvo por objetivo evaluar en laboratorio, mediante el ensayo

Marshall, el comportamiento de la resistencia mecánica, de una mezcla asfáltica en caliente, cuando se le adiciona al asfalto aceite lubricante de desecho o usado usados llegando a la conclusión que las temperaturas óptimas de mezcla y compactación para mezclas asfálticas elaboradas con aceite usado, disminuyen a medida que se va adicionando aceite al asfalto, por lo que se pueden catalogar como mezclas tibias, lo cual puede disminuir los costos energéticos para la fabricación de pavimentos y aumentar las distancias a las que se pueden transportar.

Castro (2018) en su tesis “Investigación sobre mezclas asfálticas en frío 100% recicladas con adición de residuos sólidos” tiene por fin, conocer la influencia en las particularidades dinámicas y mecánicas de mezclas asfálticas, elaboradas con caucho reciclado de llanta y calamina, concluyendo que el módulo de rigidez en las mezclas con adición de caucho al utilizar la compactación con el martillo Marshall casi siempre disminuye con la adición de caucho a todas las temperaturas. Con 3.2% de emulsión a 5°C y 0.5Hz con 0.25% de caucho la resistencia de la mezcla asfáltica disminuye 19%. Con 3.45% la disminución es mayor con un valor de 44% para la mezcla con 0.75% de caucho, es decir el módulo se reduce de 3556 MPa a 1991 MPa bajo la misma frecuencia.

Martinez et al, (2018) en su investigación “Estudio de mezclas asfálticas recicladas (reclaimed asphalt pavement) modificadas con diferentes porcentajes de weo (waste engine oil)” determinó las particularidades (Físico- mecánicas) de mezclas asfálticas recicladas, con diferentes porcentajes de aceite de motor usado, concluyendo que, las mezclas asfálticas, portan recuperación de propiedades y características asfálticas que se pierden con el desgaste y el pasar del tiempo en la estructura.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Segovia y Paco (2020) en su proyecto de tesis “Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto” el cual tuvieron como objetivo analizar el aprovechamiento de los neumáticos reciclados para su utilización como aditivo en la mezcla asfáltica. Llegando a la conclusión que el proceso de granulado de caucho de neumáticos lo constituye como un aditivo del asfalto, permitiendo dar mejores propiedades al pavimento flexible y dar una extensión a la vida útil de las vías que lo utilizan.

Chávarri y Falen (2020) en su investigación “Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima” tuvo como objetivo elaborar una propuesta de concreto eco-sostenible a base de caucho reciclado para la elaboración de pavimento en la ciudad de Lima. Concluyendo que el caucho triturado, reduce la huella de carbono, y logra obtener ventajas en sus propiedades.

Alvarez y Carrera (2017) en su proyecto de tesis “Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica” la cual tuvo como objetivo establecer la influencia de la adición del triturado de los residuos de llantas, en las particularidades físicas de mezclas asfálticas, según Marshall, para instaurar su uso, en el diseño y la construcción de pavimentos flexibles. La mezcla se diseñó con 5% de asfalto 20% de agregado pasa 3/4”, 35% triturado pasa 1/2”, 20% de arena lavada zarandeada, otro 20% en arena triturada y un 1.5 % de GCR. Concluyendo que dicha mezcla consume la estabilidad y flujo de la norma MTC.

2.1.3. Antecedentes regionales

Cervera (2016) en su exploración “Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016” tuvo como objetivo utilizar partículas de caucho reciclados (PCR) en la fabricación de pavimentos flexibles usándose como un agregado, sin alterar la composición del cemento asfáltico (PEN 85/100) que cumpla con los requerimientos de estabilidad y flujo, para pavimento flexibles, dados en la normatividad. Utilizó caucho de neumáticos reciclados en cantidades de 0.5% y 1% con respecto al peso de los agregados. Concluyó que, las partículas de caucho reciclado mejoran la interrelación del flujo con la estabilidad de un 50%, así mismo, el precio de aplicación se incrementa en 5.05%, pero en un plazo de 5 años, los costos se reducen en 8.4% respecto al pavimento tradicional.

Macedo (2016) como parte de su tesis en maestría “Evaluación de compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo (C. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca - Hualgayoc de la carretera Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca” tuvo como objetivo, valorar la compatibilidad del cemento asfáltico PET 120/150 mejorado, con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito, así mismo, determinar su consecuencia en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica. Realizó ensayos en laboratorio para conocer las propiedades de los agregados, determinando que la adherencia entre el agregado y cemento asfáltico, era deficiente por lo que empleó el aditivo Quimibond 3000. El diseño de mezcla asfáltica, lo hizo en base a la metodología Marshall, concluyendo que existen mejoras significativas en la mezcla asfáltica.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Residuos de neumáticos

Los neumáticos son unos elementos fungibles imprescindibles para la circulación de vehículos dado que son el elemento de contacto entre el vehículo y la calzada, son elementos con un elevado nivel tecnológico, y su valor añadido es importante debido tanto a los materiales que los componen como a su tecnología de fabricación (Sánchez & Guzmán, 2013), sus compuestos son caucho sintético, caucho natural, carbón negro, agentes químicos y fibras de refuerzo (Pérez, 2006).

Figura 6.

Composición de las llantas



Nota: Adaptado de (Martín, 2015). Elaboración propia.

El proceso productivo de los neumáticos se lleva a cabo en los centros de producción a lo largo de todo el mundo, en función de la línea de productos que se desarrolle en cada planta, el proceso consta de las fases: aprovisionamiento de materias primas, mezclado y triturado, construcción o ensamblado, vulcanización e inspección, se suelen seleccionar neumáticos de manera aleatoria a lo largo de la cadena de producción que son cortados por la mitad e inspeccionados mediante rayos X, lo que permite su examen a nivel interno (UGT Castilla y León, 2019).

Figura 7.

Procesos desarrollados en la fabricación de neumáticos



Nota: (UGT Castilla y León, 2019).

En la actualidad, la fabricación masiva de neumáticos, y las dificultades, para su correcto manejo, una vez ya utilizados, constituyen uno de los problemas ambientales más graves de los últimos años a nivel mundial. Esto se debe a que, un neumático, necesita grandes cantidades de energía, para su fabricación y, para evitar que forme parte de vertederos clandestinos, requiere un proceso de reciclaje especializado una vez finalizada su vida útil (Uriarte-Miranda et al., 2018).

Figura 8.

Proceso realizado en la valorización energética de neumáticos



Nota: (UGT Castilla y León, 2019).

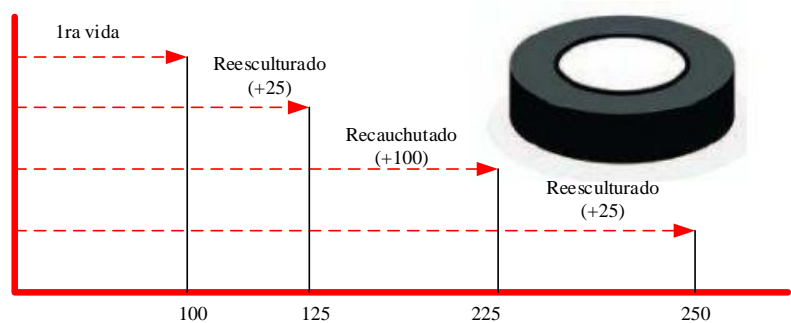
A pesar que los NFU no aparezcan en el listado de residuos peligrosos, su almacenamiento en vertederos informales representa un riesgo ambiental importante, el peligro reside en la composición química compleja de los NFU y la gran cantidad presente en el territorio (Tirel, 2017), por lo que se han propuesto el uso de diversos métodos de recuperación de neumáticos y destrucción de sus componentes peligrosos, tales como: reutilización, recauchutado y reciclado de neumáticos (Castro, 2007).

Figura 9.

Procesos de reutilización y reciclado de neumáticos

REUTILIZACIÓN

El recauchutado del neumático usado es un proceso que permite reutilizar la carcasa del neumático, al colocar una nueva banda de rodadura, siempre que conserve las cualidades que garanticen su uso, como si fuera uno nuevo. La reutilización alarga la vida útil del neumático.



RECICLADO

Como aprovechamiento de los materiales, se puede señalar que existen diversos procedimientos para anular las características elásticas de los desperdicios del caucho, dotándoles nuevamente de propiedades plásticas como las del caucho no vulcanizado.

- Regeneración.** Fabricación de otros productos de caucho.
- Termólisis.** Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos.
- Pirólisis.** Se obtiene gas, aceite y coque.
- Incineración.** Se obtiene monóxidos de carbono, óxidos de zinc.
- Trituración mecánica**



Nota: Adaptado de (Castro, 2007).

El grano de caucho reciclado derivado de “Neumáticos fuera de uso” (NFU), puede ser utilizado confiablemente, para mejorar las particularidades mecánicas de las mezclas asfálticas, según asevera Alvarez y Carrera (2017), así mismo, Campaña, Galeas y Guerrero (2015) aseveran que las propiedades del asfalto modificado con polvo de caucho, son muy sensibles al proceso de mezcla, por lo

que su validez de uso depende del diseño Marshall que se aplique y los agregados que lo acompañen. Los ligantes y mezclas con asfalto caucho, son una alternativa ecológica, en la disposición de desechos de llantas, la secuela de la miga de goma en el rendimiento de la mezcla era singularmente provechoso, ya que las mezclas con los más altos porcentajes de goma de miga, tenían la mayor resistencia a las deformaciones plásticas (Alvarez y Carrera, 2017).

Figura 10.

Proceso de uso del caucho (residuo de NFU) en la elaboración de mezcla asfáltica



Nota: (Castro, 2007).

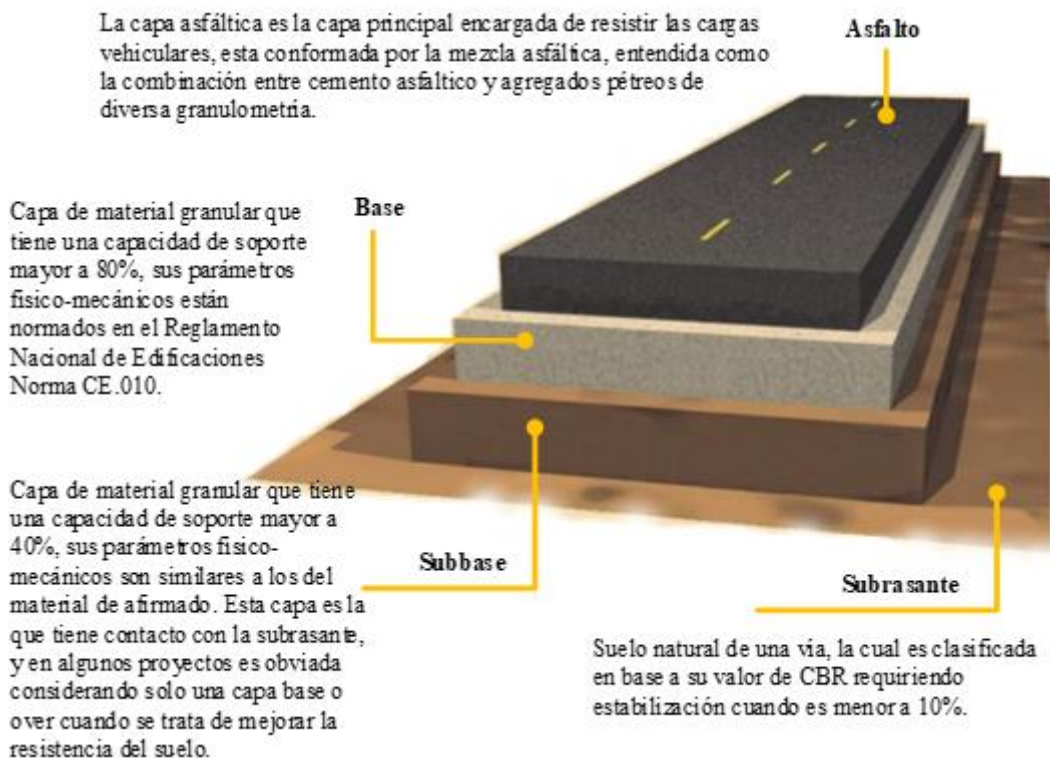
La miga de caucho se puede incorporar en mezclas bituminosas en una de dos maneras; mediante el proceso seco o el proceso húmedo: En el proceso seco, se añade el polvo de neumático para el mezclador de planta de asfalto como si se tratara de otro tipo de agregado, en el proceso húmedo, se añade el polvo de neumático para el aglutinante de betún. De esta manera, en primer lugar, modifica las propiedades del betún. La principal diferencia entre estas dos técnicas es que el método húmedo modifica más eficazmente las propiedades del aglutinante ya que las partículas de caucho miga interactúan directamente con él. (Alvares y Carrera, 2017)

2.2.2. Pavimentos flexibles

El pavimento flexible se define como un conjunto de capas hechas de material granular (como el afirmado, sub-base y/o base), y una carpeta asfáltica elaborada de material bituminoso que funciona como aglomerantes mezclados con agregado grueso y fino y algunos aditivos (Fernandez, 2020), cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales en ellas (Osuna, 2008), sirve como una capa protectora de la sub-rasante, que mejora la capacidad portante del sitio y permite que se soporte el tráfico, las cargas dinámicas y los factores ambientales (Vargas et al., 2017). Cuya mezcla asfáltica se puede realizar en caliente o en frío, en el caso del reciclado en frío se tritura el material y se mezcla con aditivos estabilizadores como cemento o emulsión asfáltica. Para los reciclados en caliente, se adiciona cemento asfáltico (Bejarano, 2020).

Figura 11.

Capas del pavimento flexible



2.2.3. *Mezcla asfáltica*

“Las mezclas asfálticas son la combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico, se elaboran normalmente en plantas mezcladoras, pero en algunos casos pueden fabricarse in situ” (Quispe y Torres, 2020), “soportan directamente las acciones de las ruedas de los vehículos y transfieren adecuadamente las cargas a las capas inferiores de la estructura del pavimento, proporcionando unas condiciones adecuadas de rodamiento” (Tueros, 2017). Las mezclas asfálticas por su temperatura de puesta en obra pueden ser mezclas asfálticas en caliente, “Se fabrican con asfaltos a temperaturas elevadas, en el rango de los 150°, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos; la puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores al ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y compactarse adecuadamente” o mezclas asfálticas en frío “El ligante suele ser una emulsión asfáltica (debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.” (Padilla, 2004).

Las mezclas asfálticas están compuestas aproximadamente por 90% de agregados pétreos grueso y fino, 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Estos componentes son de gran relevancia para el buen funcionamiento del pavimento; el ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos, que más influyen, tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total (Padilla, 2004). Pero para determinar específicamente las proporciones adecuadas de asfalto y agregados a utilizar en la elaboración de asfalto se utiliza el método Marshall, ya que es ampliamente usado en el diseño de mezclas asfálticas de pavimentación en nuestro país (Quispe y Torres, 2020).

Tabla 1.

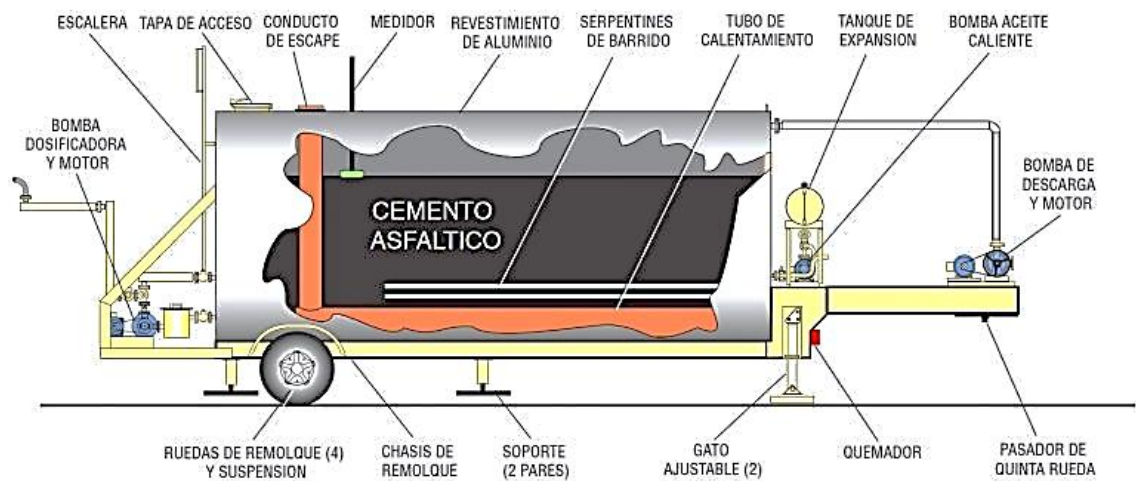
Clasificación de mezclas asfálticas

Parámetro de clasificación	Tipo de mezcla
Fracciones de agregado empleadas	Masilla
	Mortero
	Concreto
	Macadam
Temperatura de puesta en obra	En frío
	En caliente
Huecos en la mezcla (h)	Cerradas ($h < 6\%$)
	Semicerradas ($6\% < h < 12\%$)
	Abiertas ($h > 12\%$)
	Porosas ($h > 20\%$)
Tamaño máximo del agregado (t máx)	Gruesas (t máx > 10 mm)
	Finas (t máx < 10 mm)
Estructura del agregado	Con esqueleto mineral
	Sin esqueleto mineral
Granulometría	Continuas
	Discontinuas

Nota: (Padilla, 2004).

Figura 12.

Tanque portátil para producir mezclas asfálticas



Nota: (Yepes, 2014).

2.2.4. Componentes de una mezcla asfáltica en caliente

a) Cemento asfáltico

“Es un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos” (Tueros, 2017). Se define al cemento asfáltico, como un cementante de color marrón oscuro a negro, en el que sus componentes predominantes son los asfaltenos, que pueden ser naturales, u obtenidos como residuo en la refinación del petróleo crudo (Aguilar, 2019). El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C.

Tabla 2.

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Características	Ensayo	Grado Penetración					
		PEN 60 –70		PEN 85 – 100		PEN 120 – 150	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pruebas sobre el material bituminoso							
Penetración, 25° C 100 g.,5 s, 0.1 mm	MTC E 304	60	70	85	100	120	150
Punto inflamación, °C	MTC E 312	232		232		218	
Ductilidad 25° C, 5 cm/min	MTC E 306	100		100		100	
Solubilidad de tricloro-etileno, %	MTC E 302	99.0		99.0		99.0	
Susceptibilidad Térmica	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Pruebas sobre la película delgada a 163 °C, 3.2 mm, 5h							
Pérdida de masa %	ASTMD1754		0.8		1.0		1.3
Penetración retenida después del ensayo de película fina %	MTC E 304	52+		47+		42+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min	MTC E 306	50		75		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.

Nota: (MTC, 2013, p. 480)

Tabla 3.*Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad*

Características	Ensayo	Grado de Viscosidad			
		AC- 5	AC - 10	AC - 20	AC - 40
Viscosidad absoluta, 60° poises	MTC E 308	500+100	1000+200	2000+400	4000+800
Viscosidad Cinemática 135°C St- mín.	MTC E 301	110	150	210	300
Penetración, 25° C 100 g.,5 s mín.	MTC E 304	120	70	40	20
Punto inflamador, COC °C mín.	MTC E 303	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mín.	MTC E 302	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
Viscosidad absoluta, 60° C, poises – Máx.	MTC E 304	2.500	5.000	10.000	20.000
Ductilidad, 25° C, 5 cm/min, cm mín.	MTC E 306	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾	MTC E 314	Negativos para todos los grados			

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo.

Nota: (MTC, 2013, p. 481).

b) Agregados

Es un material mineral duro e inerte, que cuenta con partículas graduadas o fragmentos. “Los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada y polvo de roca. El agregado constituye entre el 90 y el 95 por ciento, en peso y entre el 75 y el 85 por ciento, en volumen” (Tueros, 2017).

Tabla 4.*Requerimientos para los agregados gruesos*

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18 máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	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.

Nota: (MTC, 2013, p. 568).

* 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.

Tabla 5.

Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209		18% máx
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max.4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción **	MTC E 205	0.50% máx.	0.50% máx.

Nota: (MTC, 2013, p. 568).

**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.

c) **Filler o polvo mineral**

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, que deberá cumplir la norma AASTHO M-303. La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshal (MTC, 2013).

Tabla 6.

Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm. (Nº 8)	21	-
4,75 mm. (Nº 4)	18	-
9,5 mm. (3/8")	16	16
12,5 mm. (1/2")	15	5
19 mm. (3/4")	14	14
25 mm. (1")	13	13
7,5 mm. (1 1/4")	12	12
50 mm. (2")	11.5	10.5

Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la Subsección 423.02(c) de la EG-2013. Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

Nota: (MTC, 2013, p. 568).

Figura 13.

Componentes de una mezcla asfáltica en caliente

PIEDRA CHANCADA TAMAÑO
MAXIMO DE 3/4"



ARENA GRUESA PASA MALLA N°8
Y RETIENE MALLA N° 200



MATERIAL FINO PASA MALLA 200
LIMO-ARCILLA-CEMENTO-CAL



CEMENTO ASFALTICO CALENTADO
A 150 MÁXIMO 180 °C

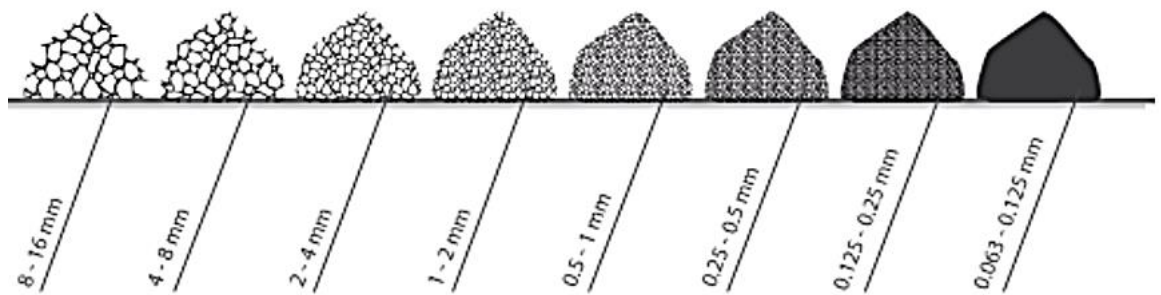


$$\% \text{Que pasa} = \frac{\text{Peso que pasa}}{PT} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

En la ecuación 4, el porcentaje que pasa el tamiz es igual a la división del peso que pasa entre el peso total, multiplicado por 100, a fin que se exprese el mismo en porcentaje.

Figura 15.

Diferentes tamaños de partículas de material separadas tras el ensayo de análisis granulométrico



Nota: (Putzmeister, 2021)

b) Plasticidad (MTC E 110)

“Propiedad que tiene un suelo por el cual es capaz de soportar deformaciones rápidas (dentro de un rango de humedad dado), sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse o romperse cuando se somete a fuerzas de compresión” (Rojas, 2013).

$$LL = W^n \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \dots \dots \dots (5)$$

En la ecuación 5, el límite líquido (LL), se determina al aplicar la fórmula que correlaciona el número de golpes requerido para cerrar la ranura (N), con el contenido de humedad del suelo (Wn).

c) Partículas fracturadas (MTC E 210)

Es la superficie angular, áspera y rugosa, o rota de un agregado ocasionada por chancado u otro medio artificial, o por medio natural (MTC, 2016).

$$P = \frac{F}{(F+N)} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

En la ecuación 6, el porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas (P) es igual a la división de la masa o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturas (F), entre la suma del mismo con la masa o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas o que no entran en el criterio de partícula fracturada (N).

d) Equivalente de arena (MTC E 114)

“Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos” (MTC 2014).

$$SE = (Lectura\ de\ arena / Lectura\ de\ arcilla) \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

En la ecuación 7, el equivalente de arena (SE) es igual a la división entre la lectura del nivel de arena y el nivel arcilla estimado en el ensayo.

e) Partículas planas y alargadas (MTC E 221)

Las partículas chatas o alargadas pueden interferir con la consolidación y dificultar la colocación de los materiales. Se define como índice de aplanamiento de una fracción de agregado el porcentaje en peso, de las partículas que la forman, cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción. Se define como índice de alargamiento de una fracción de agregado el porcentaje en peso, de las partículas que la forman, cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción (MTC, 2016).

$$índice\ de\ aplanamiento\ de\ la\ fracción\ (Iai) = \frac{Pai}{Pi} \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

En la ecuación 8, el índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula, en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, Pai, que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial, Pi, de dicha fracción.

$$índice\ de\ alargamiento\ de\ la\ fracción\ (Ili) = \frac{Pli}{Pi} \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

En la ecuación 9, el índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula, en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, Pli, retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial, Pi, de dicha fracción.

f) Resistencia al desgaste los ángeles (MTC E 207)

Es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero (MTC, 2016).

g) Angularidad del agregado fino (MTC E 222)

El porcentaje de vacíos con aire presente en las partículas menores de 2,36 mm (pasante malla N° 8), levemente compactados (MTC, 2016).

$$A^\circ = \frac{v - \frac{w}{Gsb}}{v} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

En la ecuación 10, la angularidad (A°) se determina según el peso del agregado fino (w) de gravedad específica bruta (GSb) que llena el cilindro de volumen desconocido (v).

h) Pérdida de sulfato de magnesio (MTC E 209)

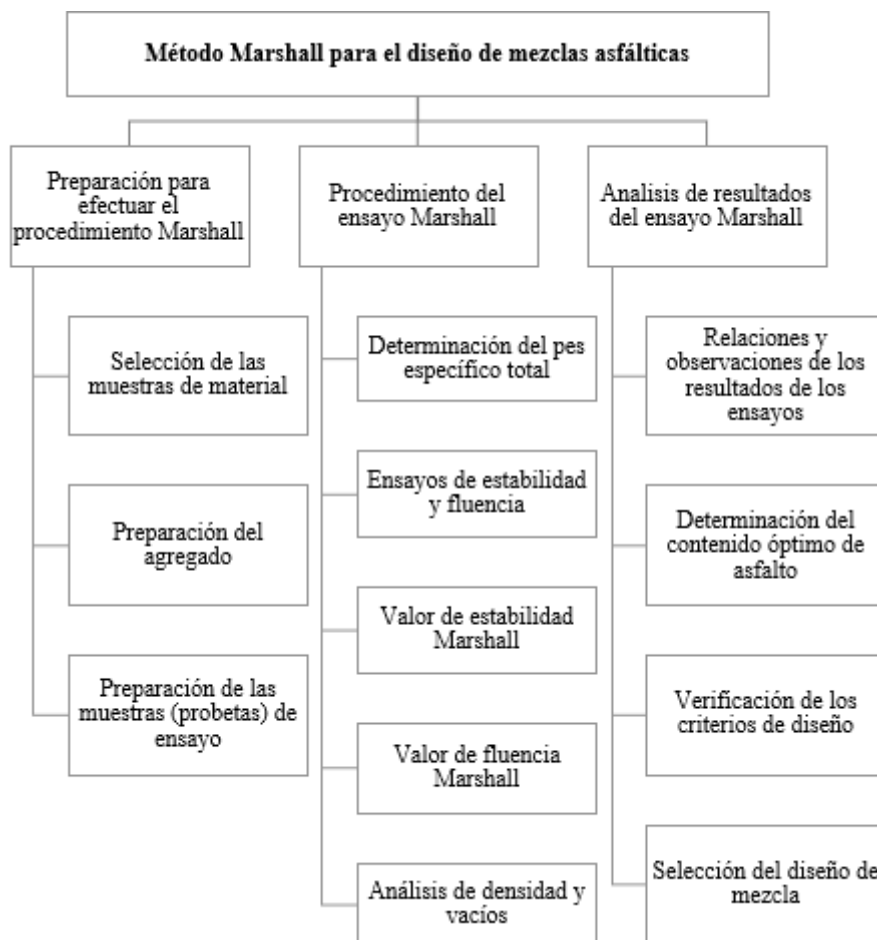
Resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. (MTC, 2016)

2.2.6. Método Marshall para diseño de asfalto

Determina el contenido óptimo de asfalto para un tipo de granulometría y cemento asfáltico en una mezcla, según sus contenidos volumétricos y sus propiedades físico-mecánicas (Quispe y Torres, 2020). “El método de ensayo Marshall, consta de tres procedimientos, estos son: determinación de la gravedad específica, la medida de la estabilidad y flujo, y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas” (Tueros, 2017).

Figura 16.

Método Marshall para el diseño de mezclas asfálticas



Nota: Adaptado de (ASPHALT INSTITUTE, 1992, pp. 71-82).

2.2.7. Características de una mezcla asfáltica

a) Densidad (MTC E 508)

Los pesos específicos teóricos máximos y las densidades de mezclas bituminosas para pavimentación son ambas propiedades fundamentales cuyos valores son influenciados por la composición de la mezcla en términos de tipos y cantidades de agregados y materiales bituminosos. El peso específico máximo es empleado en el cálculo de vacíos de aire en mezclas compactadas, así también para el cálculo de la cantidad de bitumen absorbido por el agregado, y finalmente para proveer valores referenciales para la compactación de mezclas empleadas en pavimentación. (MTC, 2016)

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots(11)$$

En la ecuación 11, el peso específico es igual a la división del peso de la muestra seca al aire en gramos (A) entre la resta del mismo con el peso de la muestra en agua en gramos (C).

$$\text{Peso en el aire} = \frac{A}{A+D-E} \dots\dots\dots(12)$$

En la ecuación 12, el peso en el aire es igual a la división del peso de la muestra seca al aire en gramos (A) entre la suma del mismo con el peso del recipiente lleno con agua a 25 °C en gramos (D) restado a la vez por el peso del recipiente lleno con agua y muestra a 25°C en gramos (E).

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{(A+F)-(G+H)} \times \frac{dw}{0.9970} \dots\dots\dots(13)$$

En la ecuación 13, si la temperatura de ensayo difiere significativamente de 25 °C, se corrigen los efectos de la temperatura, utilizando datos como: el peso de la muestra seca al aire (A), el peso del picnómetro (Tipo F) lleno con agua a la temperatura de ensayo, el peso del picnómetro (Tipo G) lleno con agua y muestra a la temperatura de ensayo, la corrección por expansión térmica del asfalto (H) y el peso unitario del agua a la temperatura de ensayo (dw).

b) Modulo resiliente

Es el valor estimado según la norma de ensayo ASTM D4123-82 (1995), a la temperatura y frecuencia de tesón de carga que define la norma, compactando las probetas con 75 golpes por cara. Si este valor de módulo no se cumple, será necesario rediseñar la mezcla hasta lograr su cumplimiento (MTC, 2013).

c) Adherencia (MTC E 520)

“La adherencia en la mezcla asfáltica es uno de los pilares dentro del proceso de construcción vial, es la variable del pavimento en la que se debe cumplir y garantizar las principales propiedades de las mezclas asfálticas” (Urrego y Ruiz,

2016). El ensayo MTC E 520, cubre la determinación del porcentaje de adherencia entre un ligante bituminoso y un espécimen del agregado grueso que se va a utilizar en un pavimento asfáltico (MTC, 2016).

d) Resistencia a la fatiga

Es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Expresa la capacidad de la mezcla a deformarse repetidamente sin fracturarse (Urrego y Ruiz, 2016).

e) Flujo

“El flujo se forma por la deformación máxima que se obtiene en la probeta de concreto asfáltico al momento en que se produce la falla por la aplicación de la carga. El flujo se expresa en centésimas de pulgada” (Urrego y Ruiz, 2016).

2.2.8. Requisitos de una mezcla asfáltica en caliente

Según el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, la mezcla asfáltica en caliente debe cumplir con ciertos requisitos o estándares para su uso en la construcción de pavimentos flexibles. Tales requisitos se describen en las siguientes tablas:

Tabla 7.

Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25.0 mm (1")	100		
19.00 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 (Nº 4)	43 – 54	51 – 68	65 – 87
2.00 mm (Nº 10)	29 – 45	38 – 52	43 – 61
425 µm (Nº 40)	14 – 25	17 – 28	16 – 29
180 µm (Nº 80)	8 – 17	8 – 17	9 – 19
75 µm (Nº 200)	4 – 8	4 – 8	5 – 10

Nota: (MTC, 2013, p. 568).

Tabla 8.*Requisitos para mezcla de concreto bituminoso*

Parámetros de Diseño	Clase de mezcla		
	A	B	C
Marshall (MTC E 504)			
1. Compactación, núm. de golpes por lado	75	50	50
2. Estabilidad mínima (kN)	8.15	5.44	4.53
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 (VAM)	Ver Tabla 6		
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 min.		

Nota: (MTC, 2013, p. 578).

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

(2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.

(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est./flujo sea de la menor magnitud posible.

(4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.

El Índice de Compactabilidad se define como: $\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 5}$

Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Tabla 9.*Mezcla asfáltica tipo superpave, vacíos llenos con asfalto (VFA)*

Tráfico (millones de ejes equivalentes)	VFA
≤ 0.3	70-80
>0.3-3	65-78
>3	65-75

Nota: (MTC, 2013, p. 580).

Tabla 10.*Requisitos de adherencia*

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000	>3000*
Adherencia (Agregado grueso)	MTC E 517	+95	
Adherencia (Agregado fino)	MTC E 220	4 mín. **	
Adherencia (mezcla)	MTC E 521		+95
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283		80 mín.

Nota: * mayor a 3000 msnm y zonas húmedas o lluviosas, ** grado inicial de desprendimiento. (MTC, 2013, p. 578).

Tabla 11.*Requisitos básicos de una mezcla asfáltica según el método Marshall*

Requisitos básicos de una mezcla asfáltica	
<i>f</i> Numero de golpes de compactación en cada lado del espécimen	75
<i>f</i> Estabilidad (kg.)	680
<i>f</i> Fluencia, en 0.01"	8 – 18
<i>f</i> Vacíos en la mezcla, en %	3 – 5
<i>f</i> Vacíos llenos de asfalto, en %	75 - 85

Nota: (MTC, 2013)

2.2.9. *Cemento asfáltico modificado con polímeros*

El principal componente del neumático es el caucho: casi la mitad de su peso. La fabricación de neumáticos concentra un gran porcentaje de la industria del caucho constituyendo el 60 % de la producción anual del mismo. Este se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su principal función es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento. (Navarrete, 2019)

El cemento asfáltico modificado con polímeros, es un material bituminoso aglomerante, de consistencia sólida, al que se le agrega un polímero para mejorar sus propiedades visco-elásticas, utilizados para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente (MTC, 2013). Este material bituminoso debe cumplir con

los requisitos de calidad establecidos en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Tabla 12.

Especificaciones del cemento asfáltico modificado con caucho

Características	Normas	Mínimo		
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
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
Resilencia, 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).

Nota: (MTC, 2013, p. 703).

2.3. Definición de términos

Asfalto. El asfalto es una sustancia bituminosa que resulta de la destilación del petróleo esta posee características de adherencia e impermeabilidad, y es empleado a modo de revestimiento o pavimento (Parra y Gallo, 2018).

Mezcla asfáltica. Las mezclas asfálticas están compuestas de un cemento asfálticos donde su agregado es de diferentes tamaños. Así mismo tiene una gran importancia en la determinación de muchos aspectos del comportamiento de la carretera (Quispe y Torres, 2020).

Neumáticos. Es importante en el control del balanceo e inclinación del automóvil. Es decir la carga normal del neumático tiene un efecto directo sobre la rigidez en las curvas y longitudinal (Muñoz y Zevallos, 2021).

Pavimento flexible. Es una estructura de pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la sub-rasante natural o estabilizada (Tueros, 2017).

Residuos de neumáticos. Fueron diseñados con la finalidad de resistir diversas disposiciones mecánicas y meteóricas como resistente al ozono, al brillo, lo cual hace que sean invulnerable con el paso del tiempo. Ante ello es importante tomar medidas de manejo adecuado de los neumáticos para su reincorporación a la cadena de gestión, con lo que se evitará los diversos problemas (Segovia y Paco, 2020).

CAPÍTULO III.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Las características de la mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos presenta diferencia significativa respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica convencional elaborada con agregados locales de la ciudad de Chota, en base a los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013 (MTC, 2013).

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

La variable independiente “Residuos de neumáticos” representa el grano de caucho reciclado de neumáticos que han cumplido con el tiempo de vida útil, por lo mismo han sido desechados, y pasan por un proceso de recolección, trituración y clasificación para su uso como agregado en la elaboración de mezcla asfáltica.

3.2.2. Variable dependiente

La variable dependiente “Mezcla asfáltica” se obtiene al combinar agregados pétreos y un ligante asfáltico en caliente, pero como parte de la investigación, esta variable ha sido modificada adicionando a la mezcla, residuos de neumáticos, para definir como los porcentajes de caucho varían las características del compuesto, tales como: gradación, gravedad específica, estabilidad, % de vacíos y adherencia.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 13. Matriz de operacionalización de variables en estudio

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	
				Indicadores	Ítem
Variable independiente	Es el grano de caucho reciclado de neumáticos que han cumplido su tiempo de vida útil.	Proceso de obtención de los residuos de neumáticos	Son los pasos para el procesamiento mecánico de los NFU	Recolección de NFU	
				Trituración mecánica	
				Separación del caucho	
Residuos de neumáticos		Propiedades del caucho triturado	Características de peso y gradación	Granulometría	%
				Peso específico	g/cm ³
Variable dependiente	“Las mezclas asfálticas son la combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico, se elaboran normalmente en plantas mezcladoras, pero en algunos casos pueden fabricarse in situ” (Quispe y Torres, 2020).	Propiedades del agregado grueso	Material mineral grueso que cumple los estándares de la EG-2013	Granulometría	%
				Terrones de arcilla	%
				Humedad natural	%
				Partículas chatas y alargadas	%
				Caras fracturadas	%
		Propiedades del agregado fino de cerro	Material mineral fino que cumple los estándares de la EG-2013	Granulometría	%
				Equivalente de arena	%
				Terrones de arcilla	%
				Plasticidad	%
				Humedad natural	%
		Propiedades del agregado fino de río	Relleno de origen mineral que mejora la adherencia agregado asfalto	Granulometría	%
				Humedad natural	%
				Equivalente de arena	%
				Plasticidad	%
Mezcla asfáltica		Diseño de mezclas Marshall 85/100	Proceso para definir la cantidad de cemento asfáltico y agregados	Sin caucho	%
				Con 1% caucho	%
				Con 2% caucho	%
				Con 3% caucho	%
				Con 4% caucho	%
		Propiedades de la mezcla asfáltica	Características que definen la calidad de la mezcla asfáltica según los estándares de la EG-2013.	Gravedad específica	g/cm ³
				Gradación	%
				Estabilidad	%
				Vacíos	%
				Adherencia	%

CAPÍTULO IV.

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica del estudio

La investigación se ubica geográficamente en la ciudad de Chota, distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, situada en las coordenadas UTM WGS84 Zona 17S 759834.47 m E, 9274104.96 m S a una altura de 2,388 msnm (MPCH, 2018). Los agregados que se utilizaron para la producción de la mezcla asfáltica en caliente, se encuentran enmarcados dentro del distrito de Conchán y del distrito de Chota, ambos ubicados dentro de la jurisdicción de la provincia de Chota. De la cantera Conchán, ubicada en el distrito del mismo nombre, se obtuvo el agregado fino, de la cantera Los Peroles y de la cantera del Río Doñaana se obtuvieron respectivamente el agregado grueso y complemento del agregado fino, ambas canteras están ubicadas en el distrito de Chota. Los NFU fueron recolectados a las afueras de la ciudad de Chota en botaderos, pero su proceso de trituración mecánica se tuvo que llevar a cabo en la ciudad de Chiclayo, perteneciente a la región de Lambayeque, puesto que en este distrito hay fabricas dedicadas al reciclaje de NFU por medio del procesamiento mecánico en diferentes TMN, eligiendo para el estudio un $TMN < \frac{3}{4}$ ". Los ensayos de mecánica de materiales y diseño Marshall se realizaron en el laboratorio GSE de la ciudad de Chota. El cemento asfáltico para la mezcla se obtuvo de forma comercial a través de la adquisición por intermedio del laboratorio de mecánica de materiales y pavimentos.

Figura 17.

Ubicación del distrito de Chota

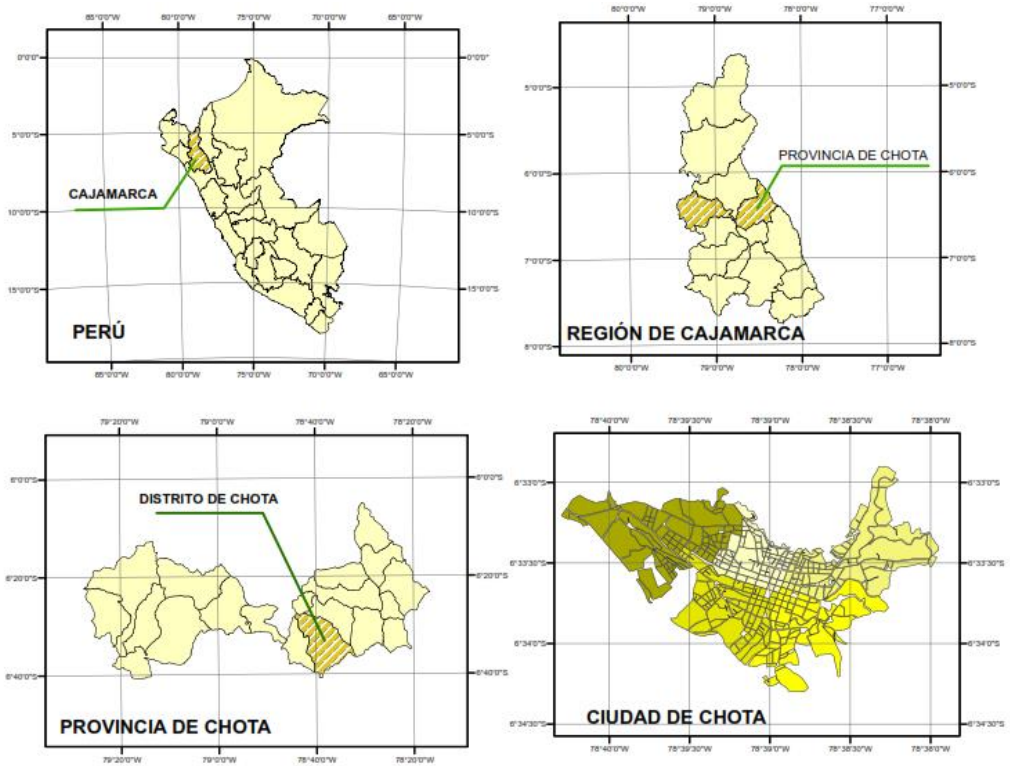


Figura 18.

Ubicación del distrito de Conchán

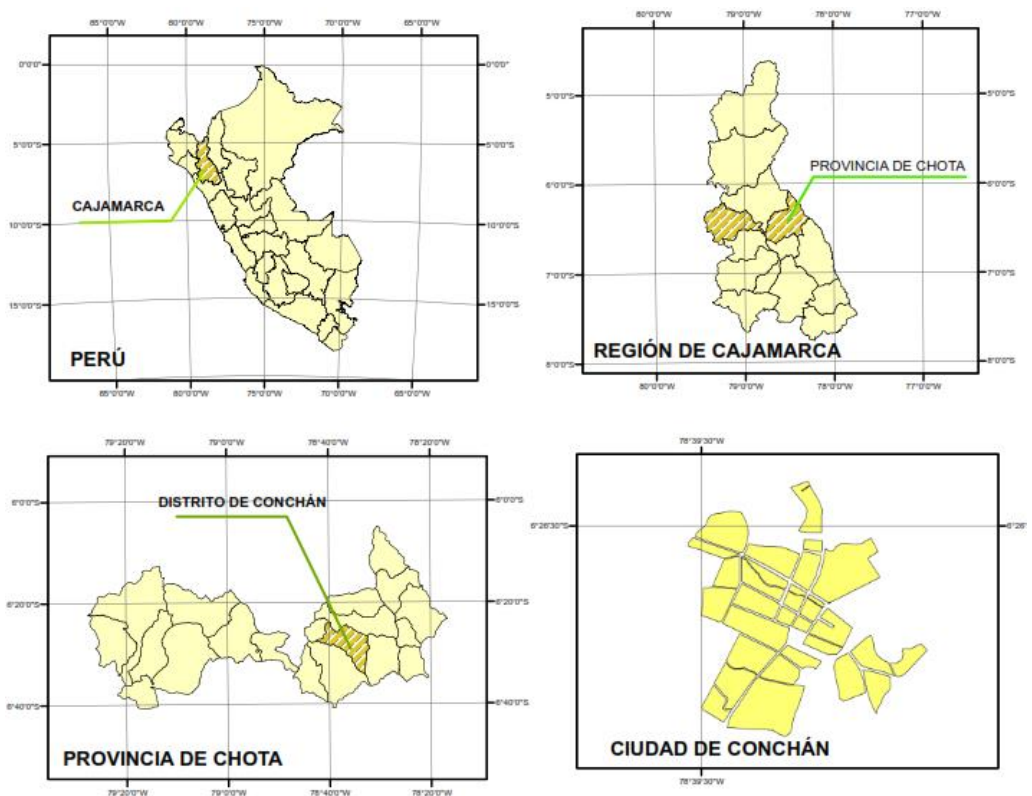


Figura 19.

Ubicación de la cantera de agregado grueso Los Peroles

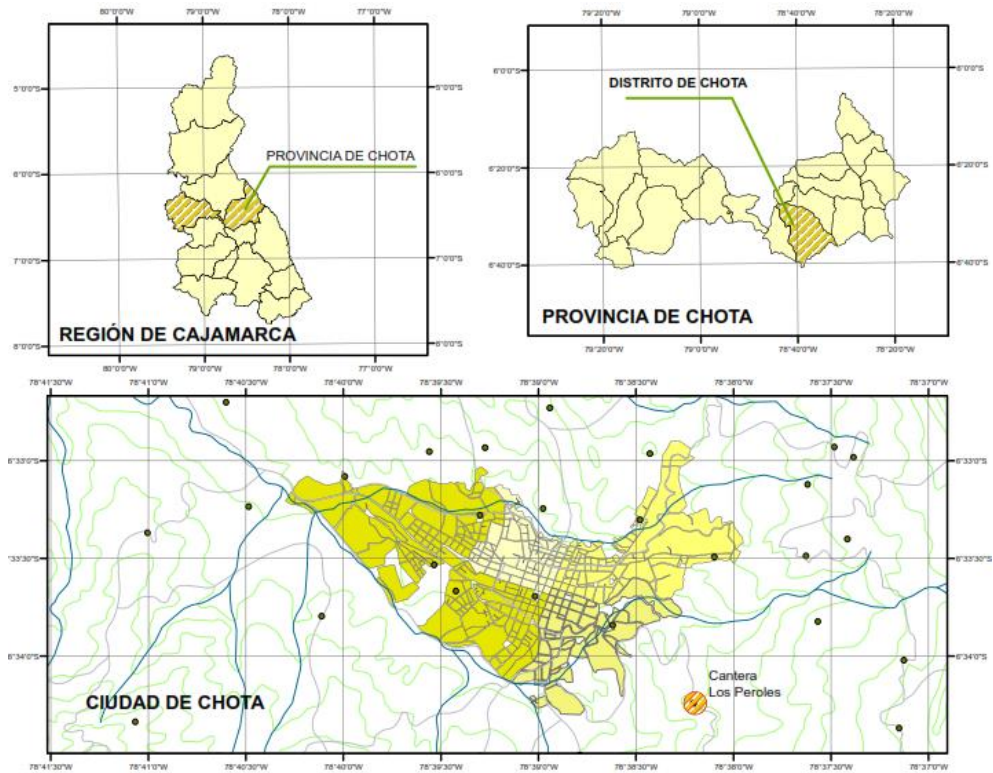


Figura 20.

Ubicación de la cantera de arena zarandeada del Río Doñaana

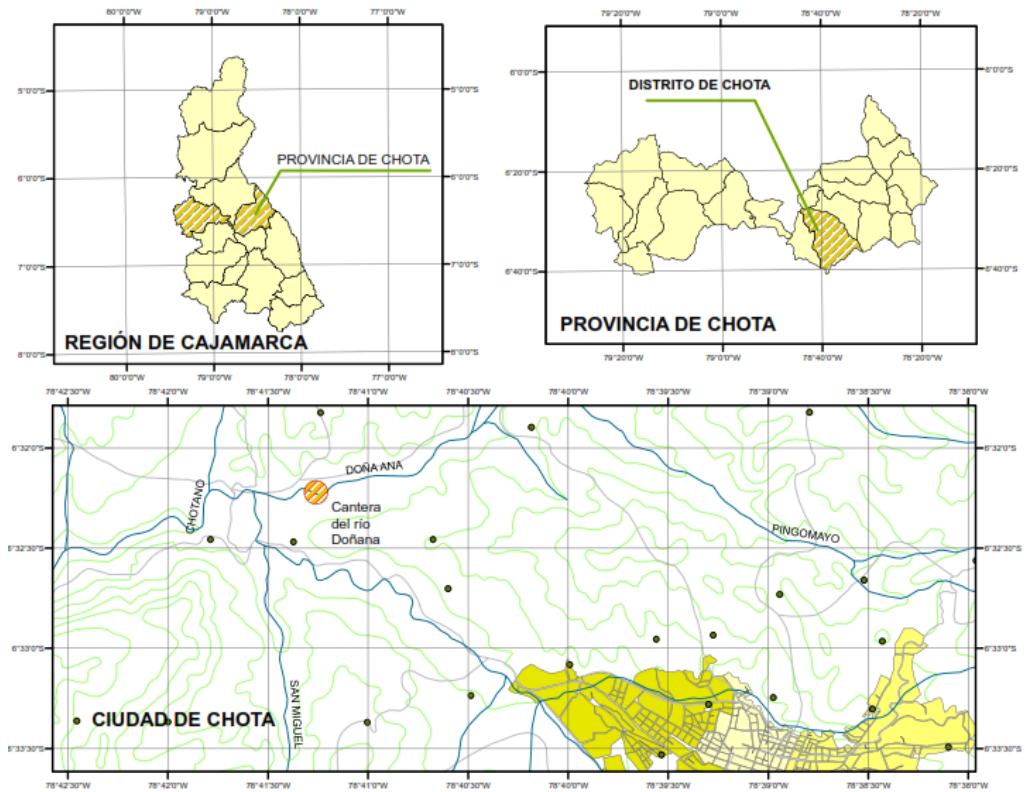


Figura 21.

Ubicación de la cantera de agregado fino Conchán

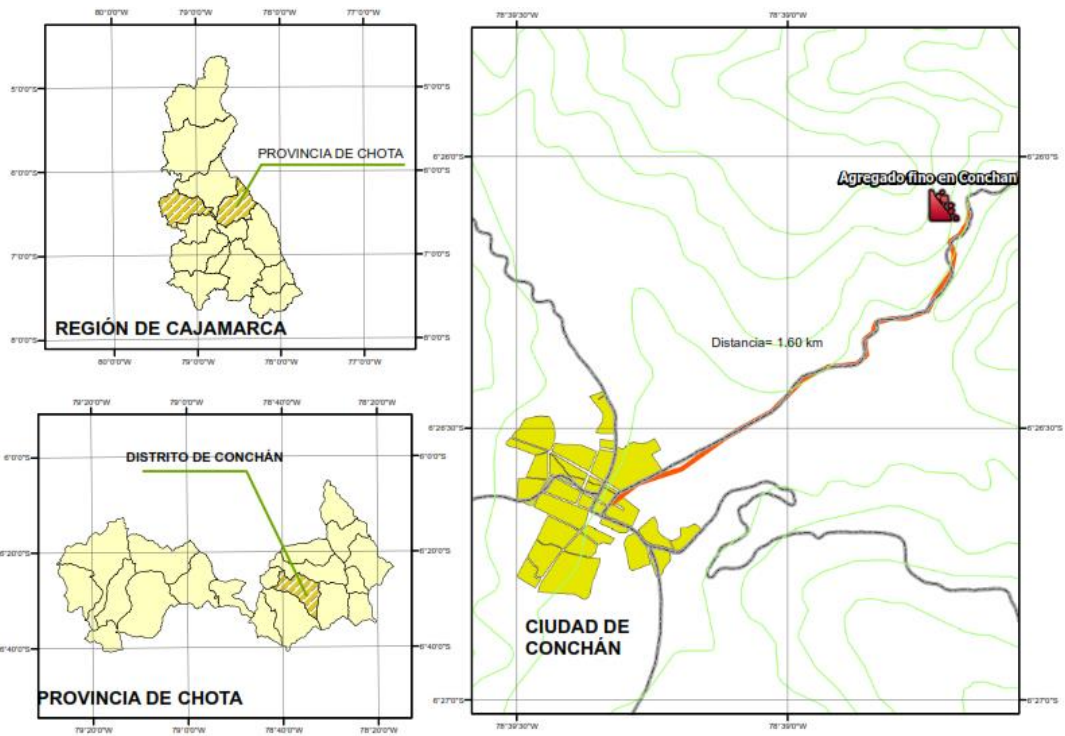
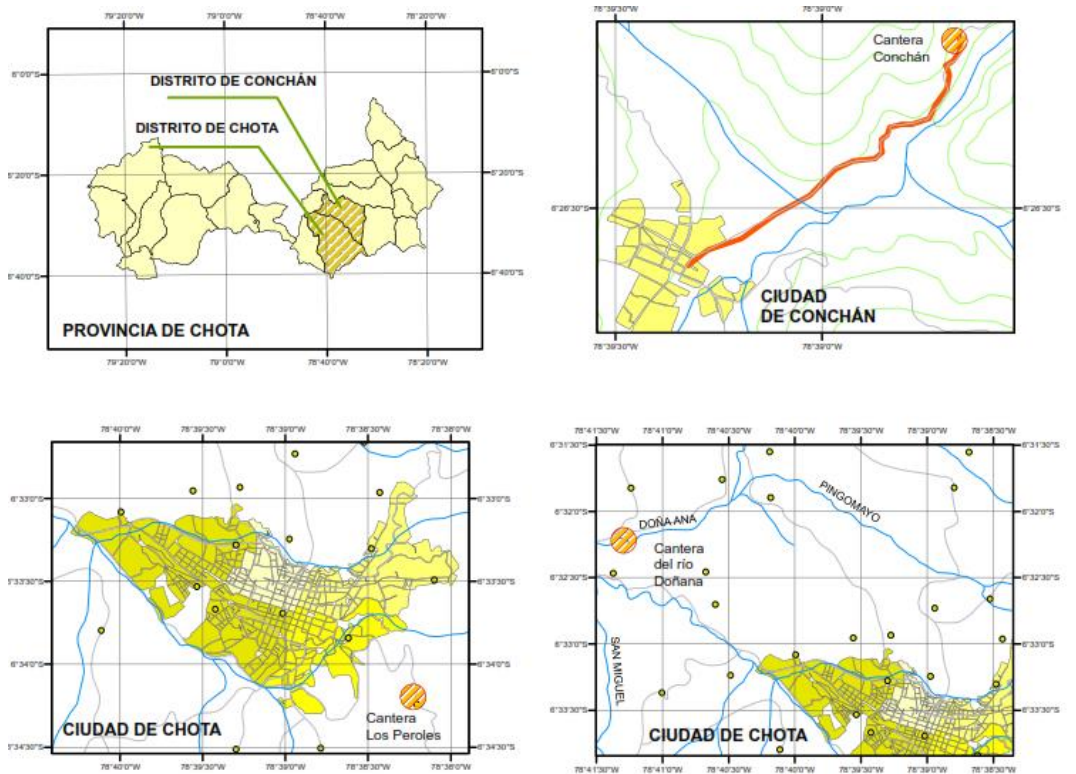


Figura 22.

Ubicación de las canteras



4.2. Unidad de análisis, población y muestra

4.2.1. Población

La mezcla asfáltica elaborada con cemento asfáltico, agregado fino de la cantera Conchán, agregado fino de la cantera de arena zarandeada denominada Río Doñaana y agregado grueso de la cantera Los Peroles, modificada con la sustitución de caucho triturado obtenido de los residuos de neumáticos fuera de uso (llantas de vehículos), abandonados en la periferia de la ciudad de Chota.

Tabla 14.

Ubicación geográfica de las canteras de agregados para la elaboración de la mezcla asfáltica

Denominación de la cantera	Tipo de agregado	Distrito de ubicación	Coordenadas geográficas	
			X	Y
Cantera Conchán	Fino	Conchán	760462.00 m E	9288129.00 m S
Cantera Los Peroles	Grueso	Chota	763871.48 m E	9269943.72 m S
Cantera del río Doñaana	Filler	Chota	755779.10 m E	9276866.35 m S
Residuos de neumáticos*	Caucho	Chota	757696.02 m E	9274781.77 m S

*Los residuos de neumáticos se recolectaron en indistintos lugares de la periferia de la ciudad de Chota, pero principalmente de la ubicación geográfica referida en la Tabla 14.

Los agregados con los que se ha elaborado la mezcla asfáltica han pasado por los ensayos descritos en la Tabla 15, a fin de comprobar sus propiedades según los estándares del “Manual de carreteras: Especificaciones Generales para la Construcción” EG-2013 del MTC (2013).

Tabla 15.

Ensayos en agregados

Ensayo	Caucho reciclado	Agregado fino de cerro	Agregado grueso	Agregado fino de río
Granulometría	X	X	X	X
Caras fracturadas		X		
Chatas y alargadas		X		
Terrones de arcilla		X	X	
Humedad natural		x	X	X
Equivalente de arena			X	X
Plasticidad			X	X

4.2.2. Muestra

El muestreo del estudio se realizó en el software Minitab 19, a través de un DOE diseño experimental completamente al azar, inicialmente se determinó el número de muestras para ensayos con diferentes cantidades de cemento asfáltico (4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% del peso de la mezcla), siendo cinco tratamientos, con tres repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales por ensayo gravedad específica, estabilidad, vacíos y adherencia (Tabla 16), definido el porcentaje de cemento asfáltico, la cantidad de especímenes modificados con caucho triturado serán seis tratamientos (0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de caucho triturado), incluyendo al testigo, de tres repeticiones, dando un total de 18 unidades experimentales por ensayo de gradación, gravedad específica, estabilidad, vacíos y adherencia (Tabla 17).

Tabla 16.

Resumen de diseño factorial múltiple de los especímenes con variación de cemento asfáltico

Factores: 2	Réplicas: 3
Corridas base: 20	Total, de corridas: 60
Bloques base: 1	Total, de bloques: 1

Tabla 17.

Resumen de diseño factorial múltiple de los especímenes con variación de caucho triturado

Factores: 2	Réplicas: 3
Corridas base: 30	Total, de corridas: 90
Bloques base: 1	Total, de bloques: 1

La muestra está integrada por tres briquetas de cada diseño de mezcla asfáltica 85/100 elaborada en caliente con cemento asfáltico al 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% del peso de la mezcla, agregado fino de la cantera Conchán, arena zarandeada del río Doñaana y agregado grueso de la cantera Los Peroles, a fin de definir una mezcla óptima para ser modificada con 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de

caucho triturado recolectado a partir de residuos de neumáticos fuera de uso abandonados en la periferia de la ciudad de Chota, como sustituto parcial del peso del agregado fino (arena de Conchán + arena zarandeada del río Doñaana).

Tabla 18.

Número de veces que se repetirá los ensayos en la mezcla asfáltica modificada con diferentes porcentajes de caucho triturado

Ensayo	Porcentaje de caucho triturado como sustituto parcial del agregado fino en peso						Total
	0	1	2	3	4	5	
	Gradación	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
Gravedad específica	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	18.00
Estabilidad	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	18.00
Vacíos	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	18.00
Adherencia	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	18.00
Total	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	90.00

4.2.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es la mezcla asfáltica modificada con caucho triturado reciclado como sustituto parcial del 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% del peso del material fino, integrado por la suma de la arena de la cantera Conchán + la arena zarandeada de la cantera del río Doñaana. Así mismo, también se analizarán las propiedades de los agregados, debido a que su validación es importante, para garantizar el cumplimiento del manual de carreteras EG-2013 del MTC (2013).

4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

4.3.1. Tipo de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo, los resultados obtenidos son cuantificables y han sido obtenidos por un proceso ordenado. El tipo de investigación según su finalidad es aplicado, porque se utilizan conocimientos conocidos definidos en la EG-2013 para diseñar y analizar la mezcla asfáltica modificada por caucho triturado. Según los objetivos de la investigación es

descriptiva porque se describe e interpreta la información obtenida. Según la fuente de datos es primaria, se ha realizado en el laboratorio GSE de la ciudad de Chota. Según el control de diseño de la prueba es experimental, se altera la variable dependiente por medio de la variable independiente. Según la fuente de datos es primaria, porque la información se recolecta por medio de la experimentación y no se obtiene de fuentes bibliográficas. Según la temporalidad es transversal, se realiza en un tiempo y lugar específico definido en la delimitación del estudio. Según el contexto donde sucede la investigación es de laboratorio, debido a que en este se ha diseñado y analizado la mezcla asfáltica. Y por último según la intervención disciplinaria es interdisciplinaria porque la mecánica de materiales se relaciona con la mecánica de pavimentos.

Tabla 19.

Tipo de investigación según los principales criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde sucede	Laboratorio
Intervención disciplinaria	Interdisciplinaria.

4.3.2. Diseño de investigación

Es experimental por diseño de bloques completamente al azar, con seis tratamientos incluyendo al testigo, tres repeticiones y 18 unidades experimentales.

$$Y_{ij} = u + t_i + E_{ij} \dots \dots \dots (14)$$

En la ecuación 14, se aplica el modelo aditivo lineal para $i= 1, 2, \dots, t$ número de tratamientos y $j= 1, 2, \dots, r$ número de repeticiones, donde Y_{ij} es la observación del mayor aumento/rendimiento con el i -ésimo tratamiento en la j -

ésima repetición, μ es el efecto de la media general, τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento, E_{ij} es el efecto del error experimental con el i -ésimo abono orgánico en el j -ésima repetición.

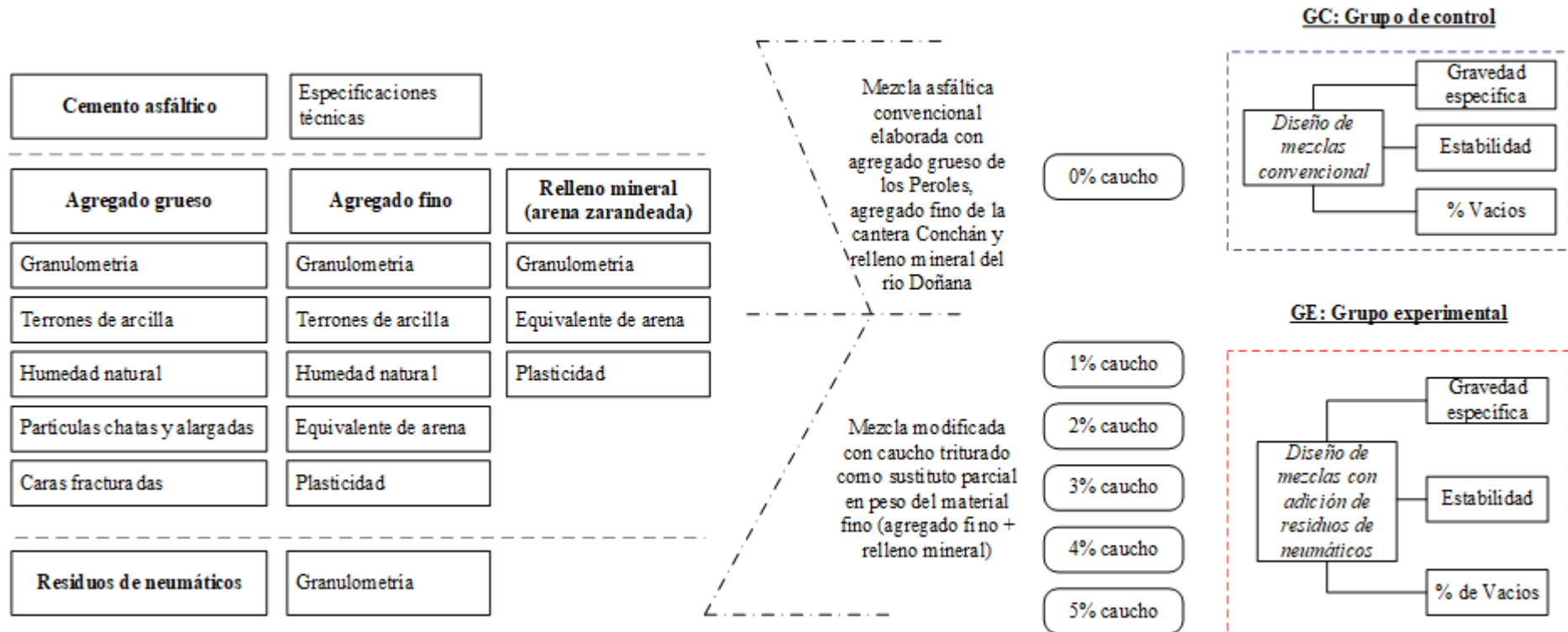
Tabla 20.

Fórmulas para el análisis de varianza ANOVA

FV	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	(r-1)	$\frac{\sum X^2 \cdot j}{t} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$	$\frac{SCr}{r-1}$	$\frac{CMb}{CMe}$
Tratamientos	(t-1)	$\frac{\sum X^2 \cdot i}{r} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$	$\frac{SCt}{t-1}$	$\frac{CMt}{CMe}$
Error	(r-1)(t-1)	Diferencia	$\frac{SCe}{(r-1)(t-1)}$	
Total	rt-1	$\sum X^2_{ij} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$		

Figura 23.

Diseño de investigación experimental



4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas de recolección de datos

Observación. Toda investigación inicia con un proceso de observación, donde se verifica las propiedades de los materiales en su estado natural para luego pasar a la experimentación (manipulados).

Análisis de laboratorio. Está integrado por los ensayos de laboratorio a los agregados (residuos de neumáticos o también denominado caucho reciclado, agregado grueso, agregado fino y relleno mineral), y ensayos en las mezclas asfálticas (mezcla asfáltica 85/100 convencional y modificada con 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de caucho triturado).

Ensayos en agregados y relleno mineral

- Granulometría (ASTM C 136, MTC E 204)
- Terrones de arcilla (ASTM C142, AASHTO T-112, MTC E 212)
- Humedad natural (ASTM D 2216, MTC E 108-2000)
- Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791, MTC E 221)
- Caras fracturadas (ASTM D 5821, MTC E 210)
- Equivalente de arena (ASTM D2419, AASHTO T176, MTC E 114)
- Plasticidad (MTC E 110 – MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 90)

Ensayos en mezclas asfálticas (método de diseño Marshall)

- Granulometría (MTC E204, ASTM C136, AASHTO T27)
- Ensayo Marshall (ASTM D 1559, AASHTO T-245)
- Gravedad específica (ASTM D 2041, AASHTO T 2019, MTC E 508)
- Estabilidad
- Vacíos (ASTM D 3203, MTC E 505)
- Adherencia (ASTM D 1664, MTC E 517)

Comparación. Contrasta el diseño de una mezcla asfáltica convencional (0% de caucho) con la mezcla modificada con caucho triturado reciclado en remplazo del 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de peso del material fino (agregado fino de la cantera Conchán + relleno mineral o arena zarandeada de la cantera del río Doñaana).

4.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha de observación. Es la fuente a través de la cual se recoge la información preliminar de los materiales, previo al proceso de experimentación.

Formatos de laboratorio. Son formatos donde se muestra los resultados de los ensayos de laboratorio a los agregados (residuos de neumáticos o también denominado caucho reciclado, agregado grueso, agregado fino y relleno mineral), diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall y ensayos en las mezclas asfálticas (mezcla asfáltica 85/100 convencional y modificada con 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de caucho triturado).

Matriz de comparación. Resumen de los resultados de laboratorio de la mezcla asfáltica convencional y la mezcla modificada con caucho reciclado triturado.

Tabla 21.

Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Variable independiente	Proceso de obtención de residuos de neumáticos	Observación	Ficha de observación
Residuos de neumáticos	Procedo de clasificación del caucho triturado	Tamizado	Curva granulométrica
Variable dependiente	Informe de ensayos en agregados	Análisis de laboratorio en agregados	Formatos de ensayos de laboratorio
	Informes de diseño de mezcla asfáltica Marshall	Análisis de laboratorio en la mezcla de asfalto	Formatos de ensayos de laboratorio en la mezcla de asfalto
	Informe de mezcla sin caucho y con caucho	Comparación	Matriz de comparación

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

Para el procesamiento y análisis de información se utilizaron softwares computacionales, como:

- ArcGIS 10.5, se ha utilizado para procesar los puntos marcados de cada una de las canteras de agregados en planos de ubicación.
- Microsoft Excel 2016, se ha utilizado para procesar los datos de los ensayos de laboratorio en agregados y mezclas asfálticas.
- Minitab 2019, se ha utilizado para realizar el tratamiento estadístico.

4.6. Matriz de consistencia metodológica

En el Anexo N° 1.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. *Características de los agregados*

Los agregados que se utilicen para la elaboración de mezcla asfáltica tienen que cumplir las especificaciones técnicas generales del Manual de carreteras EG-2013 (MTC, 2013), por ello se han verificado las propiedades de gradación, caras fracturadas, partículas chatas y alargadas, terrones de arcilla y humedad natural para el agregado grueso de la cantera Los Peroles; granulometría, equivalente de arena, terrones de arcilla, humedad natural y plasticidad para el agregado fino de la cantera Conchán; granulometría, equivalente de arena y plasticidad para la arena zarandeada del río Doñaana, material que se utilizado también como agregado fino; así mismo se ha verificado la gradación para el caucho triturado reciclado obtenido a partir del procesamiento de neumáticos fuera de uso recolectados en los exteriores de la ciudad de Chota, y triturados mecánicamente en la ciudad de Chiclayo, a fin de que tuviera una gradación similar al agregado de remplazo (agregado fino= arena de Conchán + arena del río Doñaana).

Al realizar el ensayo de contenido de humedad de los agregados de la provincia de Chota utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica, tales como: piedra de los Peroles, arena de Conchán y arena de río Doñaana, se tomaron tres muestras de cada agregado, determinando que el contenido de humedad promedio descrito en la Tabla 22, ascendía a 0.50%, 2.44% y 2.74% respectivamente, siendo así, el agregado fino presenta mayor contenido de humedad que el agregado grueso, es decir tiene mayor cantidad de agua retenida en las muestras de material.

Tabla 22.*Contenido de humedad de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica*

Contenido de humedad (%)	Piedra de los Peroles	Arena Conchán	Arena de río Doñaana
Muestra 1	0.49%	2.36%	2.77%
Muestra 2	0.53%	2.44%	2.77%
Muestra 3	0.48%	2.52%	2.69%
Promedio	0.50%	2.44%	2.74%

Para el ensayo granulométrico del agregado grueso de la cantera Los Peroles del distrito de Chota (Tabla 23), se tomaron cinco muestras de grava de las cuales el 100% del agregado pasa el tamiz $\frac{3}{4}$ ", mientras que en el tamiz N° 200, tan solo pasa el porcentaje de agregado grueso de 0.60%, 0.50%, 0.60%, 1.30% y 0.80% para la muestra 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente; siendo así la muestra con menor porcentaje que pasa es la muestra 2, y la muestra con mayor porcentaje que pasa es la muestra 4, con una diferencia de 0.80%; sin embargo, las cinco muestras de grava de la cantera los Peroles presentan curvas granulométricas similares tal como se muestra en la Fig. 24, por lo que se evidencia uniformidad en el material granular del agregado grueso de la cantera Los Peroles. Para el ensayo de caras fracturas de agregado grueso se ha utilizado dos muestras de grava triturada de la cantera los Peroles, cuya gradación se muestra en la Fig. 25, llegando a determinar que el agregado grueso de la cantera los Peroles con una o más caras fracturas para la muestra 1 y 2 equivale a 99.90% y 99.80%, respectivamente, mientras que el agregado con dos o más caras fracturadas de la muestra 1 y 2 equivale a 87.90% y 89.30%, respectivamente. Para el ensayo de chatas y alargadas del agregado grueso se ha utilizado la curva granulométrica de la muestra 1 y 2 de la cantera Los Peroles, mostrada en la Fig. 26, para la muestra 1 el porcentaje de partículas chatas y alargadas equivale a 7.70% (Tabla 26) y la muestra 2 tiene un porcentaje

de chatas y alargadas de 7.90% (Tabla 27), en la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 - Materiales Tabla 423.01 Requerimientos para los agregados gruesos partículas chatas y alargadas Norma ASTM 4791 - Se requiere como máximo 10%, por lo que cumple con los estándares normativos. Para el ensayo de terrones de arcilla se utilizó la gradación de grava de la cantera Los Peroles, que se muestra en la Fig. 27, determinando que el porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables equivale a 0.20% (Tabla 28), “en la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 - Inciso C. Gradación, el material de la mezcla debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznales” según ensayo MTC E 212, por lo que el agregado grueso de la cantera Los Peroles cumple con los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013.

Tabla 23.

Granulometría del agregado grueso de la cantera los Peroles

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa					Promedio
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	
1"	25.40	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.050	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.700	79.70	78.70	78.40	81.90	79.20	79.58
N° 4	4.750	11.70	11.70	12.90	14.80	14.10	13.04
N° 8	2.360	3.40	3.20	3.70	4.40	4.30	3.80
N° 50	0.300	2.10	1.80	2.30	3.00	2.50	2.34
N° 200	0.075	0.60	0.50	0.60	1.30	0.80	0.76

Figura 24.

Curva granulométrica de la cantera Los Peroles

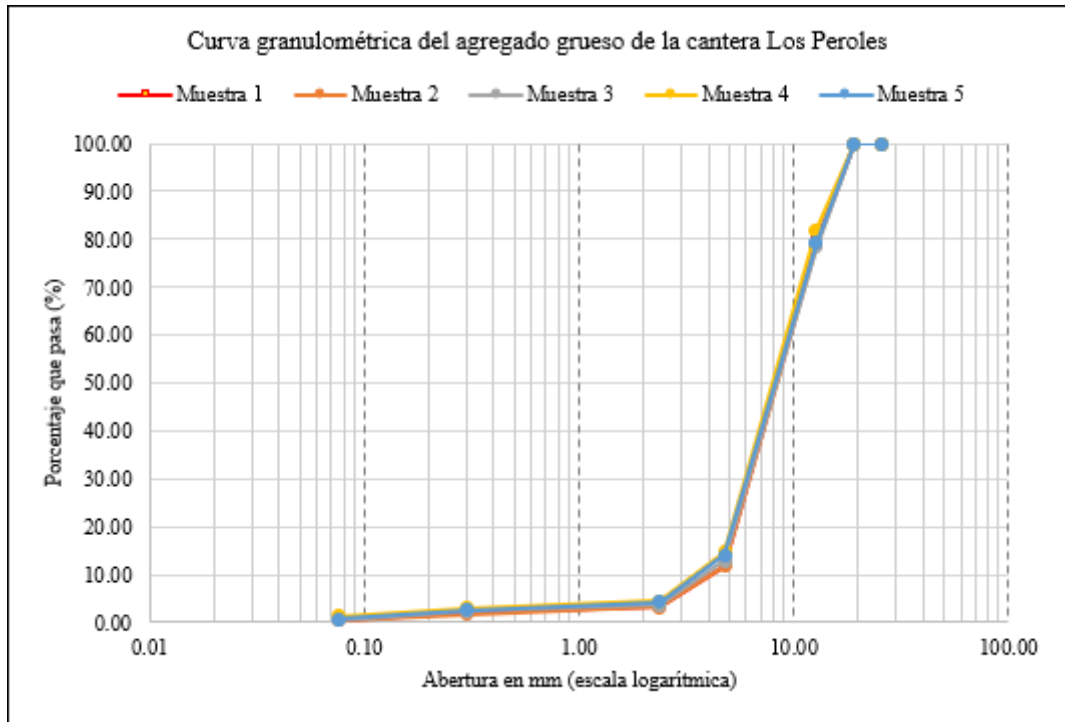


Figura 25.

Gradación de la grava triturada de la cantera Los Peroles para el ensayo de caras fracturadas

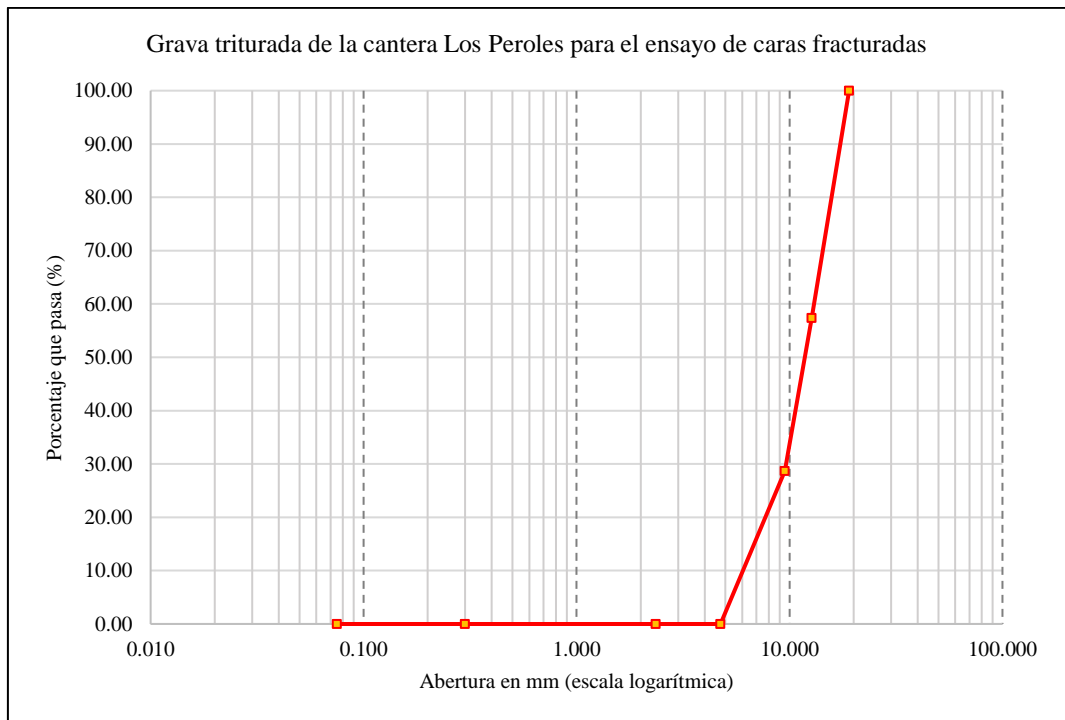


Tabla 24.

Agregado grueso de la cantera Los Peroles con una o más caras fracturadas

Pasa tamiz	Retiene tamiz	Muestra 1		Muestra 2	
		% retenida gradación original (D)	Promedio de caras fracturadas (E)	% retenida gradación original (D)	Promedio de caras fracturadas (E)
3/4"	1/2"	42.6	4247.6	42.6	4253.1
1/2"	3/8"	28.7	2869.9	28.7	2860.5
Total		71.3	7117.5	71.3	7113.6
% con una o más caras fracturadas (E/D)			99.9	99.8	

Tabla 25.

Agregado grueso de la cantera Los Peroles con dos o más caras fracturadas

Pasa tamiz	Retiene tamiz	Muestra 1		Muestra 2	
		% retenida gradación original (D)	Promedio de caras fracturadas (E)	% retenida gradación original (D)	Promedio de caras fracturadas (E)
3/4"	1/2"	42.6	4111.4	42.6	4118.2
1/2"	3/8"	28.7	2154.8	28.7	2244.1
Total		71.3	6266.2	71.3	6362.3
% con dos o más caras fracturadas (E/D)			87.9	89.3	

Figura 26.

Curva granulométrica de la muestra 1 y 2 de agregado grueso de la cantera Los Peroles para el ensayo de Chatas y alargadas

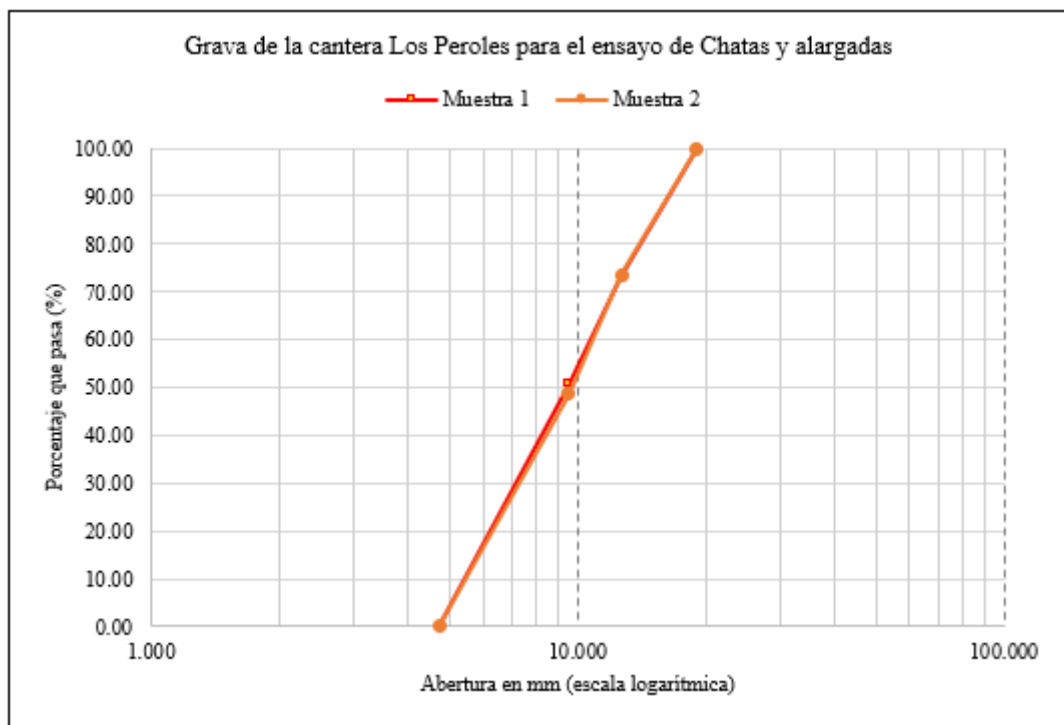


Tabla 26.*Chatas y alargadas de la cantera Los Peroles, Muestra 1*

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Agregado grueso	Chatas	Alargadas	Ni Chatas ni alargadas
3/4"	19.050	100.00			
1/2"	12.700	73.40	1.7	1.3	23.7
3/8"	9.525	50.80	1.5	0.8	20.3
N° 4	4.750	0.00	1.9	0.6	48.3
Total			5.00	2.70	92.30
Partículas Chatas y alargadas (%)			7.70		

Tabla 27.*Chatas y alargadas de la cantera Los Peroles, Muestra 2*

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Agregado grueso	Chatas	Alargadas	Ni Chatas ni alargadas
3/4"	19.050	100.00			
1/2"	12.700	73.50	1.7	1.3	23.5
3/8"	9.525	48.70	1.4	1.1	22.3
N° 4	4.750	0.00	1.7	0.8	46.3
Total			4.80	3.10	92.10
Partículas Chatas y alargadas (%)			7.90		

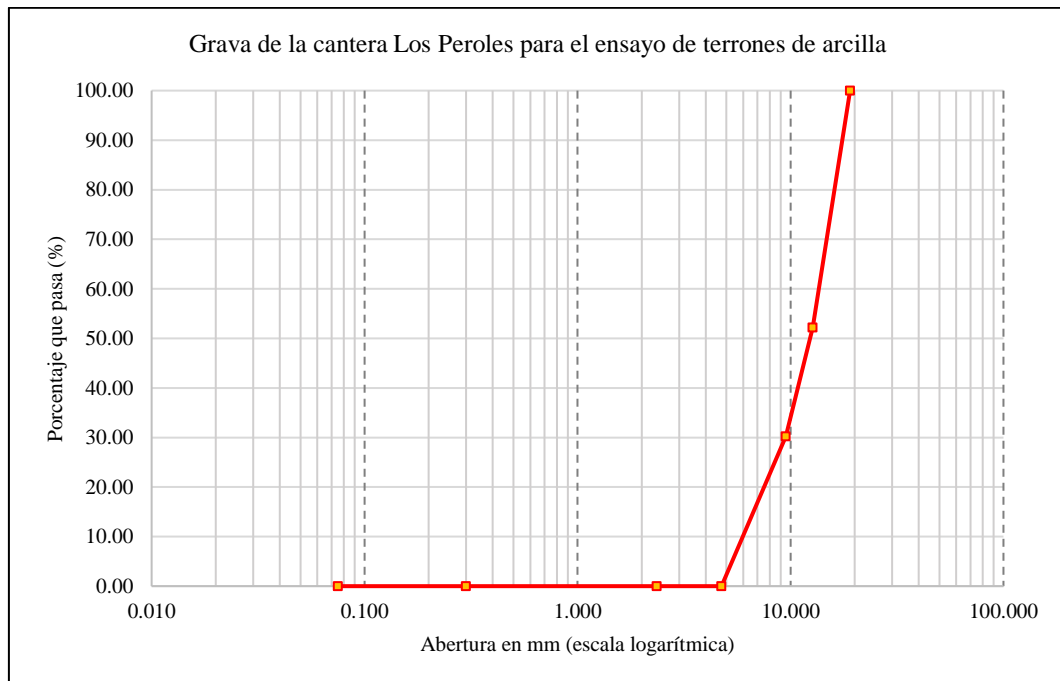
Figura 27.*Gradación de grava de la cantera Los Peroles para ensayo de terrones de arcilla*

Tabla 28.

Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables en el agregado grueso de la cantera Los Peroles

Pasa tamiz	Retiene tamiz	Gradación original (%)	Pérdida corregida (%)
3/4"	1/2"	61.5	0.05
1/2"	3/8"	38.5	0.13
Total		100	0.18
Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables			0.20

Para el ensayo del análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Conchán del distrito de Conchán (Tabla 29), se tomaron cinco muestras de arena de las cuales el 100% del agregado pasa el tamiz 3/8", mientras que en el tamiz N° 200, pasa el porcentaje de agregado fino de 5.00%, 5.90%, 5.80%, 5.80% y 6.60% para la muestra 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente; siendo así la muestra con menor porcentaje que pasa es la muestra 1, y la muestra con mayor porcentaje que pasa es la muestra 5, con una diferencia de 1.60%; sin embargo, las cinco muestras de arena de la cantera Conchán presentan curvas granulométricas similares tal como se muestra en la Fig. 28, por lo que se evidencia uniformidad en el material granular del agregado fino de la cantera Conchán. En el ensayo de equivalente de arena se analizaron tres muestras, de las cuales se obtuvieron resultados de 67.10%, 68.30% y 69.0%, en promedio el equivalente de arena de la cantera Conchán es 68.20%, en la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 - Materiales Tabla 423.02 Requerimientos para los agregados finos Equivalente de arena MTC E 114- Se requiere como mínimo 60%, por lo que cumple con los estándares para su uso en la producción de mezclas asfálticas. En el ensayo de terrones de arcilla en el agregado fino de la cantera Conchán se ha determinado que el porcentaje de terrones de arcilla y de partículas friables es 0.33%, en la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección

423.02 - Inciso C. Gradación, del material de la mezcla debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznableles según ensayo MTC E 212, por lo que cumple con los estándares de la EG-2013. Para determinar el límite líquido de las dos muestras de agregado fino de la cantera Conchán, se repitió el ensayo tres veces por cada muestra para determinar el contenido de humedad a los 25 golpes (Fig. 29), obteniendo 17.51% y 18.36% de límite líquido para la muestra 1 y muestra 2, respectivamente; así mismo, la muestra 1 no presenta límite plástico, mientras que la muestra 2 presenta un límite plástico de 16.30%; lo que al final ha determinado que la muestra 1 no tiene índice de plasticidad, en cambio la muestra 2 tiene un índice de plasticidad bien bajo equivalente a 2.06%, siendo así se considera que el agregado fino de la cantera Conchán es no plástico, tal como se especifica en la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 - Materiales Tabla 423.02 Requerimientos para los agregados finos - índice de plasticidad (malla N° 40) MTC E 111 se requiere NP.

Tabla 29.

Granulometría de la cantera Conchán

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa					Promedio
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	
3/8"	9.525	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.760	99.30	99.30	99.00	99.10	98.80	99.10
N° 8	2.360	95.90	96.30	95.60	94.90	93.50	95.24
N° 50	0.300	44.60	44.30	44.30	44.20	41.80	43.84
N° 200	0.075	5.00	5.90	5.80	5.80	6.60	5.82

Figura 28.

Curva granulométrica de la cantera Conchán

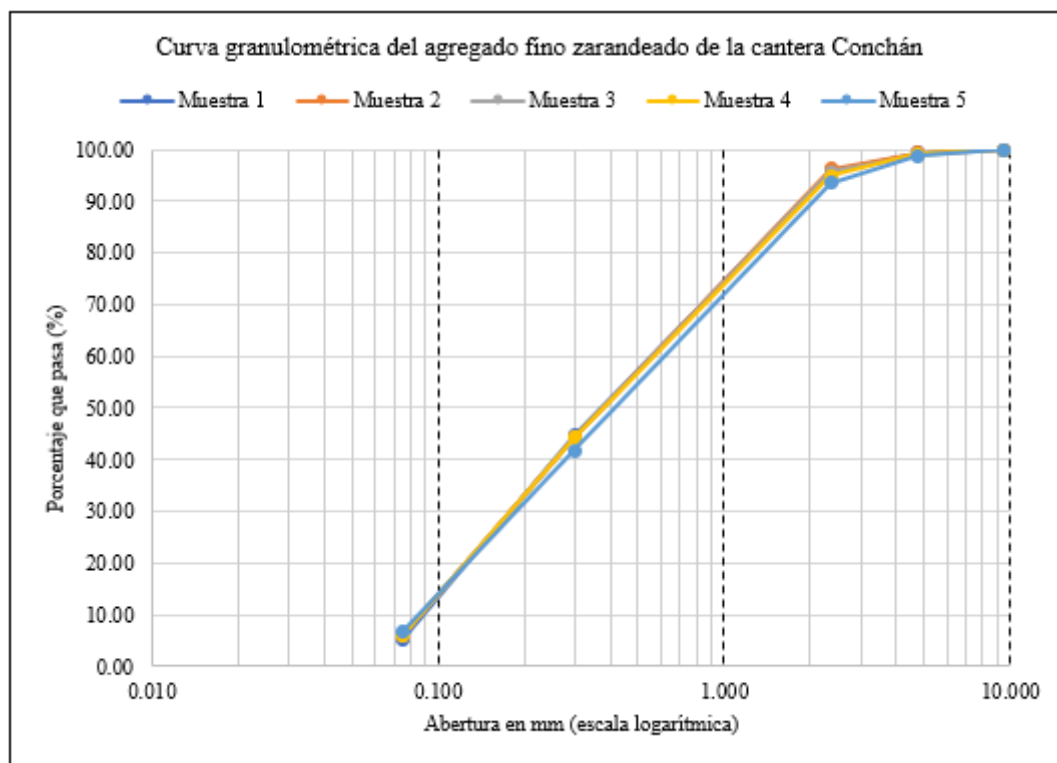


Tabla 30.

Equivalente de arena del agregado fino de la cantera Conchán

Descripción	Muestra	Muestra	Muestra	Promedio
	1	2	3	
Tamaño máximo que pasa tamiz N° 4 (mm)	4.76	4.76	4.76	
Altura máxima de material fino (mm)	4.50	4.10	4.20	
Altura máxima de la arena (mm)	3.02	2.80	2.90	
Equivalente de arena (%)	67.1	68.3	69.0	68.2

Tabla 31.

Terrones de arcilla en el agregado fino de la cantera Conchán

Pasa tamiz	Retiene tamiz	Pérdida obtenida (%)
N° 4	N° 16	0.33
Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas friables		0.33

Figura 29.

Curva de fluidez de la cantera Conchán

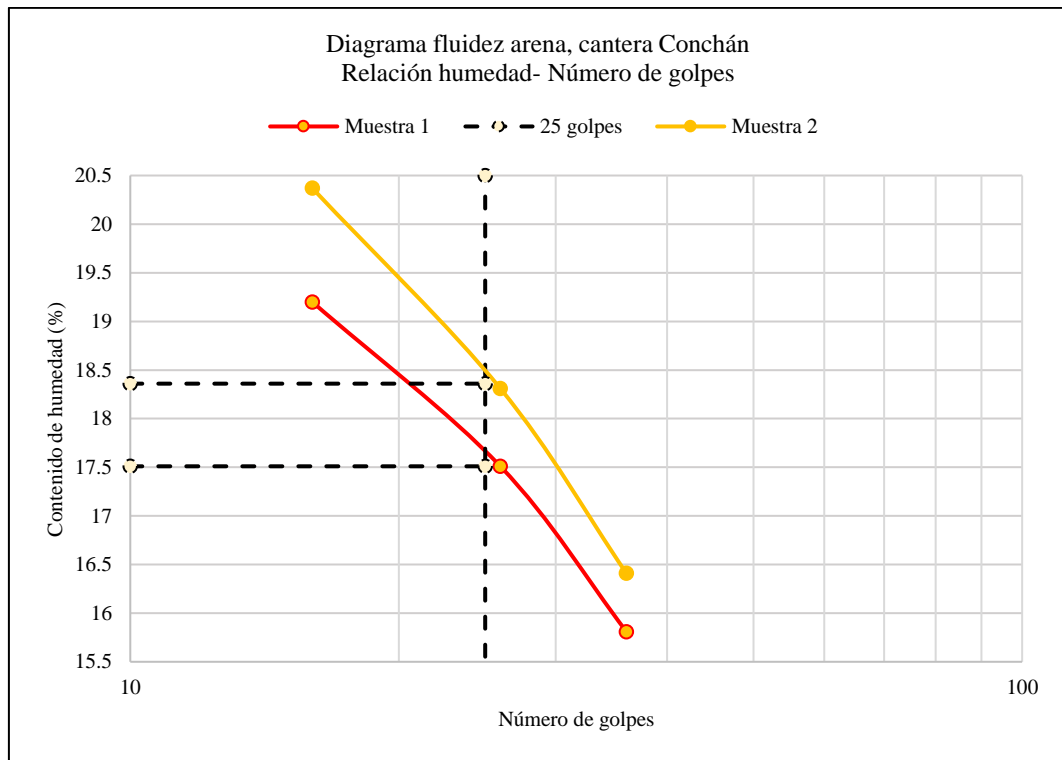


Tabla 32.

Límites de consistencia del agregado fino de la cantera Conchán

Límites de consistencia	Muestra 1	Muestra 2
Límite líquido	17.51	18.36
Plástico	NP	16.3
Índice plástico	NP	2.06

Para el ensayo del análisis granulométrico del agregado fino del río Doñaana del distrito de Chota (Tabla 33), se tomaron cinco muestras de arena de las cuales el 100% del agregado pasa el tamiz 3/8", mientras que en el tamiz N° 200, pasa el porcentaje de agregado fino de 0.80%, 0.10%, 1.30%, 0.90% y 0.80% para la muestra 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente; siendo así la muestra con menor porcentaje que pasa es la muestra 2, y la muestra con mayor porcentaje que pasa es la muestra 3, con una diferencia de 1.20%; sin embargo, las cinco muestras de arena del río

Doñaana presentan curvas granulométricas similares tal como se muestra en la Fig. 30, por lo que se evidencia uniformidad en el material granular del agregado fino del río Doñaana. En el ensayo de equivalente de arena se analizaron tres muestras, de las cuales se obtuvieron resultados de 71.40%, 72.00% y 70.60%, en promedio el equivalente de arena del río Doñaana es 71.33%, en la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 - Materiales Tabla 423.02 Requerimientos para los agregados finos Equivalente de arena MTC E 114- Se requiere como mínimo 60%, por lo que cumple con los estándares para su uso en la elaboración de mezclas asfálticas. Para determinar el límite líquido de las dos muestras de agregado fino del río Doñaana, se repitió el ensayo tres veces por cada muestra para determinar el contenido de humedad a los 25 golpes (Fig. 31), obteniendo 17.59% y 18.07% de límite líquido para la muestra 1 y muestra 2, respectivamente; así mismo, la muestra 1 no presenta límite plástico, mientras que la muestra 2 presenta un límite plástico de 16.13%; lo que al final ha influido en que la muestra 1 no tenga índice de plasticidad, en cambio la muestra 2 tiene un índice de plasticidad bien bajo equivalente a 1.94%, siendo así se considera que el agregado fino del río Doñaana es no plástico, tal como se especifica en la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 - Materiales Tabla 423.02 Requerimientos para los agregados finos - índice de plasticidad (malla N° 40) MTC E 111 se requiere NP. Por tanto, el agregado fino, arena zarandeada, del río Doñaana cumple con los estándares del Manual de carreteras Especificaciones técnicas generales, EG-2013, para su uso en la elaboración de mezclas asfálticas.

Tabla 33,

Granulometría del agregado fino del río Doñaana

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa					Promedio
		Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	
		1	2	3	4	5	
3/8"	9.525	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.760	87.60	89.30	88.30	87.40	88.80	88.28
N° 8	2.360	68.50	71.70	68.80	69.00	70.50	69.70
N° 50	0.300	15.80	15.90	16.70	18.70	19.60	17.34
N° 200	0.075	0.80	0.10	1.30	0.90	0.80	0.78

Figura 30.

Curva granulométrica del agregado fino del río Doñaana

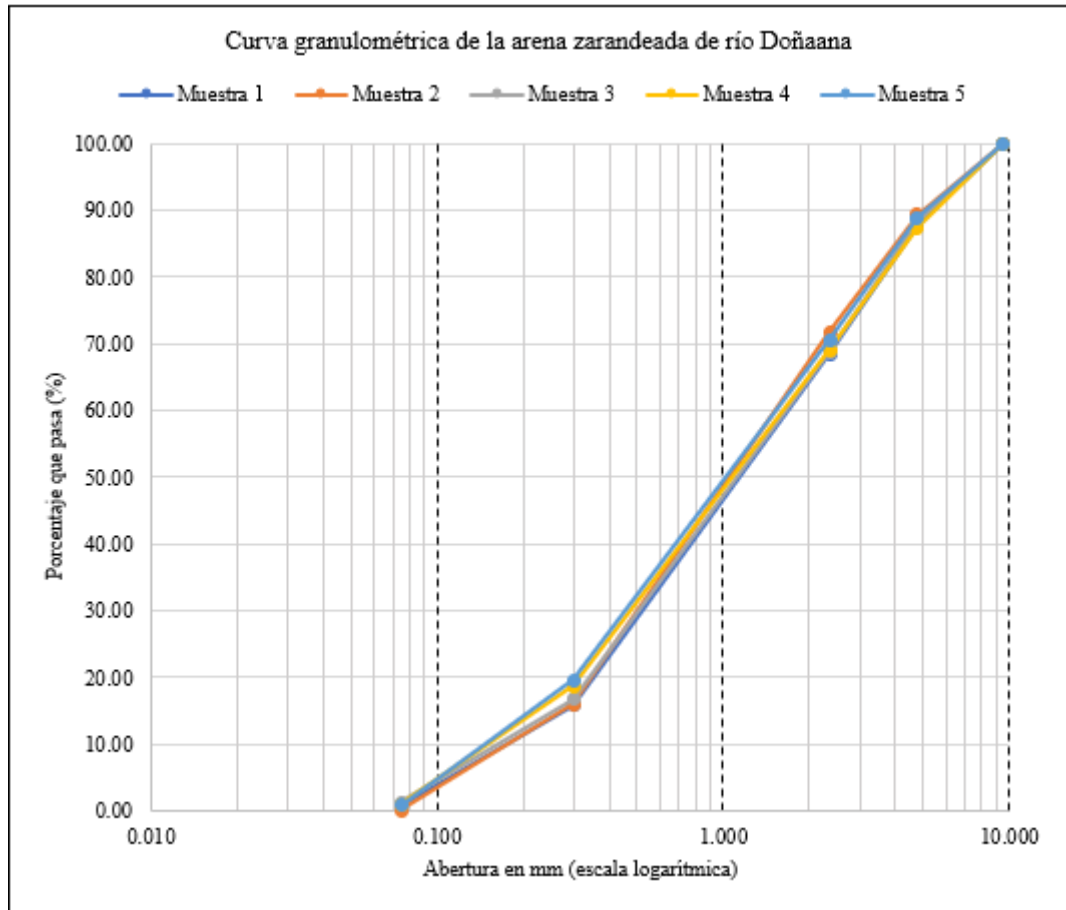


Tabla 34.

Equivalente de arena del agregado fino del río Doñaana

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Tamaño máximo que pasa tamiz N° 4 (mm)	4.76	4.76	4.76	
Altura máxima de material fino (mm)	4.20	4.10	4.25	
Altura máxima de la arena (mm)	3.00	2.95	3.00	
Equivalente de arena (%)	71.40	72.00	70.60	71.33

Figura 31.

Curva de fluidez del agregado fino del río Doñaana

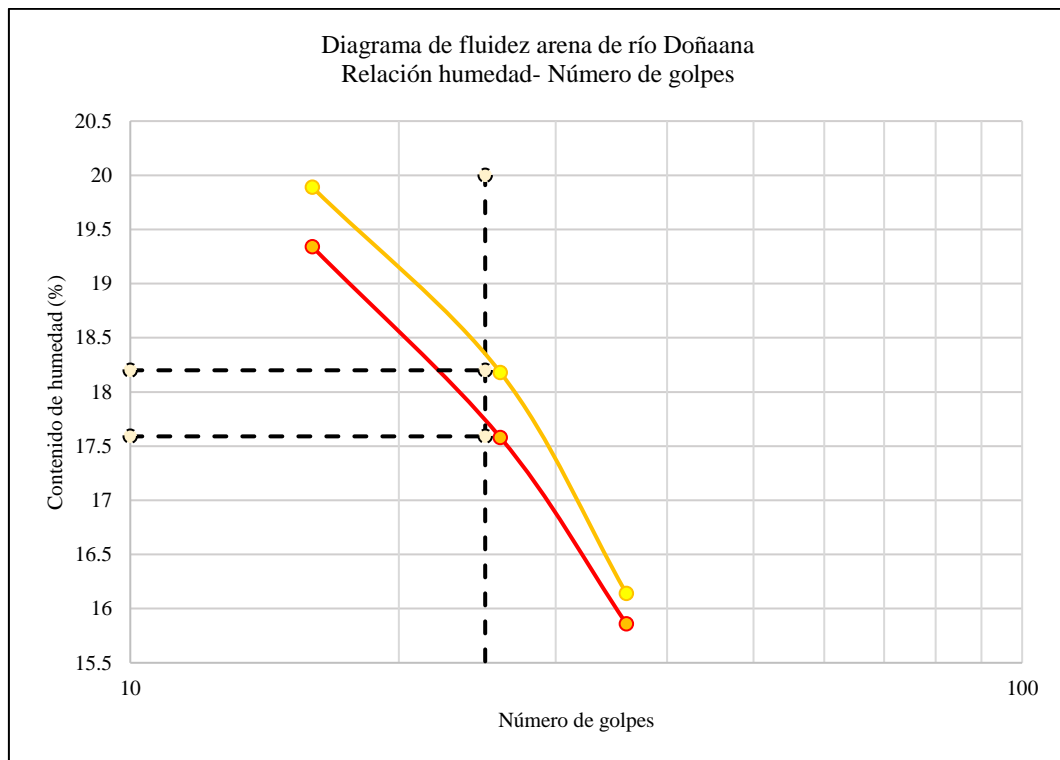


Tabla 35.

Límites de consistencia del agregado fino del río Doñaana

Límites de consistencia	Muestra 1	Muestra 2
Límite líquido	17.59	18.07
Plástico	NP	16.13
Índice plástico	NP	1.94

5.1.2. Propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico

La mezcla asfáltica 85/100 se ha elaborado en caliente, con diferentes porcentajes de cemento asfáltico al 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% del peso de la mezcla, y agregados de la provincia de Chota, según los estándares del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2013) bajo el método Marshall. Para ello primero se ha determinado teóricamente la cantidad de agregados (agregado grueso de la cantera los Peroles, agregado fino de la cantera Conchán y agregado fino del río Doñaana) con el fin de estimar una mezcla que cumpla con las especificaciones MAC-2 según la EG-2013 (MTC, 2013), siendo así, se ha determinado que la mezcla teórica está integrada por 39% de grava chancada <3/4” de la cantera los Peroles, 20% de arena fina de la cantera Conchán <1/4”, y 41% de arena zarandeada del río Doñaana <3/8”. Al mezclar estos tres agregados en los porcentajes que se describen en la Tabla 34, se forma una mezcla cuyo material pasa por el tamiz 3/4” en un 100% y pasa el tamiz N° 200 en 5.1%, tal como se muestra en la Tabla 37, llegando a cumplir con los estándares de la curva granulométrica representada gráficamente en la Fig. 32. Con los datos del diseño teórico de la mezcla se ha planteado los diseños de mezcla con la adición de cemento asfáltico al 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%, corrigiendo el peso de los mismos, para obtener los nuevos porcentajes del diseño de mezcla, mismos que se muestran en la Tabla 38, Tabla 40, Tabla 42, Tabla 44 y Tabla 46. Luego se han determinado las características de la mezcla asfáltica de cada diseño, datos que se muestran en la Tabla 39, Tabla 41, Tabla 43, Tabla 45 y Tabla 47, respectivamente.

Tabla 36.

Datos para el diseño de mezcla 85/100 de los agregados sin caucho

Datos del diseño de mezcla 85/100 sin caucho	% Mezcla
Grava chancada <3/4"	39.00
Arena Conchán <1/4"	20.00
Arena Río Doñaana <3/8"	41.00

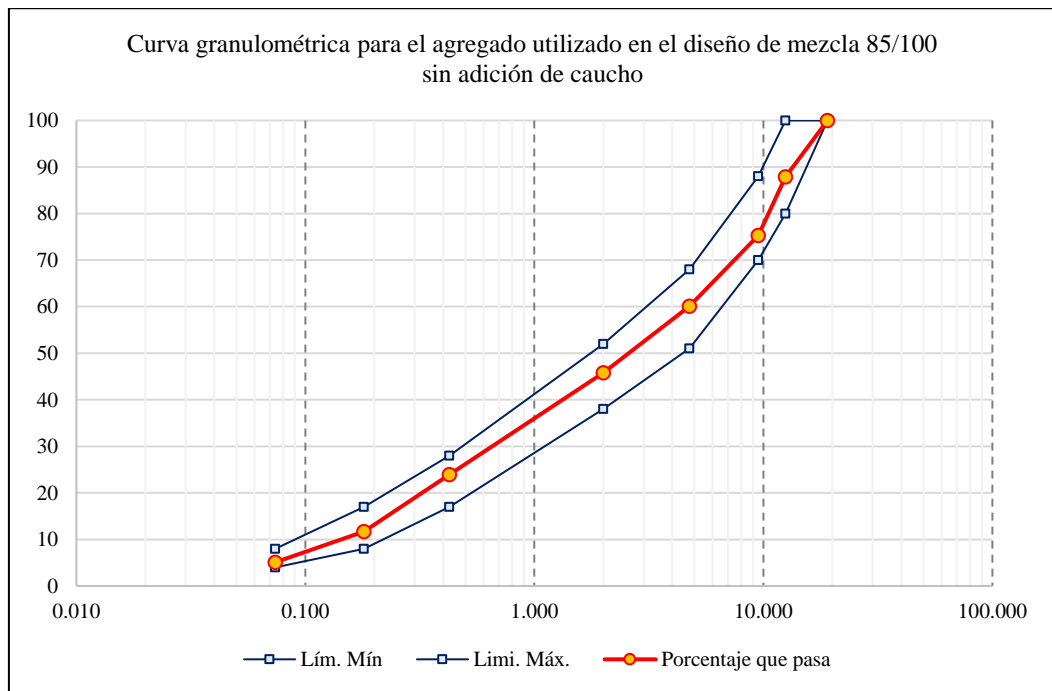
Tabla 37.

Análisis granulométrico del diseño de mezcla 85/100 de los agregados sin caucho

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Especificación MAC-2		Porcentaje que pasa
		Lím. Mín.	Lim. Máx.	
3/4"	19.050	100	100	100
1/2"	12.500	80	100	87.9
3/8"	9.500	70	88	75.3
N° 4	4.750	51	68	60.1
N° 10	2.000	38	52	45.8
N° 40	0.425	17	28	23.9
N° 80	0.180	8	17	11.7
N° 200	0.074	4	8	5.1

Figura 32.

Curva granulométrica de la mezcla de agregados utilizado en el diseño de mezcla 85/100



Diseño 1, cemento asfáltico 4.5%

Se elaboraron tres probetas de mezcla asfáltica en caliente del diseño 1, con la dosificación de 4.5% de cemento, 37.25% de grava chancada menor a ¾" de la cantera Los Peroles, 19.10% de agregado fino de la cantera Conchán, y 39.16% de arena zarandeada del río Doñaana, por el método Marshall, para definir las características de la mezcla asfáltica, tales como: peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad y relación estabilidad/fluencia.

Tabla 38.

Diseño de mezcla asfáltica 1, con 4.5% de cemento asfáltico

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	39.00	37.25
Arena Conchán <1/4"	20.00	19.10
Arena Río Doñaana <3/8"	41.00	39.16
Cemento asfáltico		4.5

Tabla 39.

Características de la mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico, diseño 1

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla (%)	4.5	4.5	4.5	4.500
Peso específico aparente del cemento asfáltico gr/cm ³	1.021	1.021	1.021	1.021
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.246	2.244	2.242	2.244
% de vacíos con aire	7.58	7.650	7.730	7.653
% de vacíos del agregado mineral 100-25	48.13	48.17	48.21	48.170
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	84.25	84.11	83.97	84.110
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	473	493	456	474
Lectura del flexímetro (pulg)	10	10	11	10
Relación estabilidad/ fluencia	1860	1940	1634	1811
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm ³				2.430

Diseño 2, cemento asfáltico 5%

Se elaboraron tres probetas de mezcla asfáltica en caliente del diseño 1, con la dosificación de 5.0% de cemento, 37.05% de grava chancada menor a ¾" de la cantera Los Peroles, 19.00% de agregado fino de la cantera Conchán, y 38.95% de arena zarandeada del río Doñaana, por el método Marshall, para definir las características de la mezcla asfáltica, tales como: peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad y relación estabilidad/fluencia.

Tabla 40.

Diseño de mezcla asfáltica 2, con 5.0% de cemento asfáltico

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	39.00	37.05
Arena Conchán <1/4"	20.00	19.00
Arena Río Doñaana <3/8"	41.00	38.95
Cemento asfáltico		5.00

Tabla 41.

Características de la mezcla asfáltica con 5.0% de cemento asfáltico, diseño 2

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0	5.000
Peso específico aparente del cemento asfáltico gr/cm ³	1.021	1.021	1.021	1.021
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.287	2.282	2.286	2.285
% de vacíos con aire	6.23	6.420	6.250	6.300
% de vacíos del agregado mineral 100-25	46.37	46.48	46.38	46.410
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	86.57	86.20	86.52	86.430
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1020	931	907	953
Lectura del flexímetro (pulg)	13	13	12	13
Relación estabilidad/ fluencia	3089	2819	2975	2961
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm ³				2.439

Diseño 3, cemento asfáltico 5.5%

Se elaboraron tres probetas de mezcla asfáltica en caliente del diseño 1, con la dosificación de 5.5% de cemento, 36.86% de grava chancada menor a ¾" de la cantera Los Peroles, 18.90% de agregado fino de la cantera Conchán, y 38.75% de arena zarandeada del río Doñaana, por el método Marshall, para definir las características de la mezcla asfáltica, tales como: peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad y relación estabilidad/fluencia.

Tabla 42.

Diseño de mezcla asfáltica 3, con 5.5% de cemento asfáltico

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	39.00	36.86
Arena Conchán <1/4"	20.00	18.90
Arena Río Doñaana <3/8"	41.00	38.75
Cemento asfáltico		5.50

Tabla 43.

Características de la mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico, diseño 3

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	5.5	5.5	5.5	5.500
Peso específico aparente del cemento asfáltico gr/cm ³	1.021	1.021	1.021	1.021
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.326	2.328	2.329	2.328
% de vacíos con aire	4.8	4.720	4.670	4.730
% de vacíos del agregado mineral 100-25	46.86	46.82	46.8	46.827
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	89.77	89.93	90.02	89.907
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1158	1104	1074	1112
Lectura del flexímetro (pulg)	14	14	13	14
Relación estabilidad/ fluencia	3257	3104	3254	3205
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm ³				2.443

Diseño 4, cemento asfáltico 6.0%

Se elaboraron tres probetas de mezcla asfáltica en caliente del diseño 1, con la dosificación de 6.0% de cemento, 36.66% de grava chancada menor a ¾" de la cantera Los Peroles, 18.80% de agregado fino de la cantera Conchán, y 38.54% de arena zarandeada del río Doñaana, por el método Marshall, para definir las características de la mezcla asfáltica, tales como: peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad y relación estabilidad/fluencia.

Tabla 44.

Diseño de mezcla asfáltica 4, con 6.0% de cemento asfáltico

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	39.00	36.66
Arena Conchán <1/4"	20.00	18.80
Arena Río Doñaana <3/8"	41.00	38.54
Cemento asfáltico		6.00

Tabla 45.

Características de la mezcla asfáltica con 6.0% de cemento asfáltico, diseño 4

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0	6.000
Peso específico aparente del cemento asfáltico gr/cm ³	1.021	1.021	1.021	1.021
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.334	2.336	2.335	2.335
% de vacíos con aire	3.84	3.780	3.800	3.81
% de vacíos del agregado mineral 100-25	46.98	46.94	46.95	46.96
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	91.82	91.94	91.91	91.890
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1263	1242	1213	1239
Lectura del flexímetro (pulg)	15	14	14	14
Relación estabilidad/ fluencia	3315	3493	3410	3406
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm ³				2.427

Diseño 5, cemento asfáltico 6.5%

Se elaboraron tres probetas de mezcla asfáltica en caliente del diseño 1, con la dosificación de 6.5% de cemento, 36.47% de grava chancada menor a ¾" de la cantera Los Peroles, 18.70% de agregado fino de la cantera Conchán, y 38.34% de arena zarandeada del río Doñaana, por el método Marshall, para definir las características de la mezcla asfáltica, tales como: peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad y relación estabilidad/fluencia.

Tabla 46.

Diseño de mezcla asfáltica 5, con 6.5% de cemento asfáltico

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	39.00	36.47
Arena Conchán <1/4"	20.00	18.70
Arena Río Doñaana <3/8"	41.00	38.34
Cemento asfáltico		6.50

Tabla 47.

Características de la mezcla asfáltica con 6.5% de cemento asfáltico, diseño 5

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	6.5	6.5	6.5	6.500
Peso específico aparente del cemento asfáltico gr/cm ³	1.021	1.021	1.021	1.021
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.303	2.306	2.303	2.304
% de vacíos con aire	5.61	5.490	5.600	5.57
% de vacíos del agregado mineral 100-25	47.97	47.91	47.97	47.95
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	88.31	88.53	88.32	88.39
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	894	911	932	912
Lectura del flexímetro (pulg)	15	15	16	15
Relación estabilidad/ fluencia	2347	2391	2293	2344
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm ³				2.440

5.1.3. Comparación de las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico

Para determinar la dosificación óptima de cemento asfáltico que permita elaborar una mezcla asfáltica 85/100 en caliente, con agregados de la provincia de Chota, que cumpla con los estándares del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2013), se ha realizado la comparación de las características de las mezclas con 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% de cemento asfáltico; estos resultados se muestran en la Tabla 39, Tabla 41, Tabla 43, Tabla 45 y Tabla 47, respectivamente, con dichos datos se formaron las Fig. 33, Fig. 34, Fig. 35, Fig. 36, Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39 y Fig. 40, gráficos que permiten visualizar y comparar las propiedades de la mezcla asfáltica para determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico que debe incluir la mezcla, mismo que se muestra en la Tabla 49 y 50, donde se puede observar sus características y dosificación, respectivamente.

El peso unitario de la mezcla asfáltica con porcentajes de cemento asfáltico de 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% equivale a 2.2443 gr/cm³, 2.2851 gr/cm³, 2.3276 gr/cm³, 2.3350 gr/cm³, y 2.3043 gr/cm³, respectivamente; por la Fig. 33, se observa como el peso unitario de la mezcla asfáltica aumenta al incrementar el porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla asfáltica, pero disminuye al incorporar de 6.0% a 6.5% de cemento asfáltico. En la Fig. 34 el porcentaje de vacíos con aire de la mezcla asfáltica disminuye para las mezclas asfálticas con 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0% de cemento asfáltico, pero se incrementa el porcentaje de vacíos con aire de la mezcla asfáltica para un porcentaje de 6% de cemento asfáltico, pero la EG-2013 (MTC, 2013) argumenta que el porcentaje de vacíos en la mezcla debe estar entre 3% a 5% en dicho rango se encuentra el diseño de mezcla con 5.50%, 6.0% y 6.5% de cemento asfáltico. En la Fig. 35 se muestra el

porcentaje de vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica según el porcentaje de cemento asfáltico, este disminuye según sea mayor el porcentaje de cemento asfáltico hasta 6.0%, pero luego se incrementa para 6.5%, según las especificaciones de la EG-2013 (MTC, 2013) este valor VMA no debe superar el 14% para agregados con un TMN en el tamiz $\frac{3}{4}$ ". En la Fig. 36 se muestra el porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico según el diseño de mezcla, este porcentaje aumenta según se incrementa el porcentaje de cemento asfáltico; la EG-2013 (MTC, 2013) especifica que el porcentaje de vacíos llenos de asfalto debe ser mayor a 70% pero menor a 85%, por lo que el rango que cumple con este criterio, va de 6.0% a 6.25%, aproximadamente, porque para 6.5% el porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico disminuye. El flujo (mm) en la mezcla asfáltica según el porcentaje de cemento asfáltico se muestra en la Fig. 37, donde se observa que este se incrementa según el porcentaje de cemento asfáltico aumenta; la EG-2013 (MTC, 2013) específica que el flujo no debe ser menor a 8 mm, pero no debe ser mayor a 18 mm para una mezcla asfáltica según el método Marshall. La estabilidad (kg) de la mezcla asfáltica según porcentaje de cemento asfáltico se muestra en la Fig. 38, donde según el porcentaje de cemento asfáltico es mayor, la estabilidad aumenta, pero luego disminuye para un porcentaje de 6.5% de cemento asfáltico, no obstante según las especificaciones de la EG-2013 (MTC, 2013), todos los diseños de mezcla son superiores a la mínima estabilidad solicitada de 680 kg a excepción de la mezcla con 4.5% de cemento asfáltico, sin embargo, el mayor valor de estabilidad se logra al superar el 6% de cemento asfáltico pero sin llegar al punto de quiebre y declive al adicionar 6.5% de cemento asfáltico, por lo que se estimó gráficamente que el porcentaje de cemento asfáltico que logra una mayor estabilidad sería 6.10%. En la Fig. 39, se muestra la rigidez

(kg/cm) en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico, donde la relación estabilidad/flujo aumenta conforme se incrementa el porcentaje de cemento asfáltico pasando de 1811 kg/cm para una mezcla con 4.5% de cemento asfáltico hasta 3406 kg/cm para una mezcla con 6.0% de cemento asfáltico, pero luego presenta un declive llegando a 2344 kg/cm para una mezcla con 6.5% de cemento asfáltico, por lo que se ha verificado teóricamente que la mayor rigidez se alcanza con un porcentaje de cemento asfáltico de 6.1%, así mismo todas las proporciones de mezcla cumplen con la especificación de la EG-2013 (MTC, 2013) de tener valores mayores a 1700 kg/cm pero menores a 4000 kg/cm. Finalmente, la gravedad específica (gr/cm³) de la mezcla bituminosa según el porcentaje de cemento asfáltico se muestra en la Fig. 40, donde se observa que la muestra inicia con un peso específico de 2.430 gr/cm³ para una mezcla con 4.5% de cemento asfáltico, pero empieza a incrementar su peso según se adiciona cemento asfáltico llegando a 2.443 gr/cm³ para una mezcla con 5.5% de cemento asfáltico, pero luego, la misma disminuye a 2.427 gr/cm³ para una mezcla con 6.0% de cemento asfáltico, pero vuelve a aumentar hasta 2.44 gr/cm³ para una mezcla con 6.5% de cemento asfáltico, siendo así se demuestra que se logra un menor peso específico teórico con una mezcla asfáltica que contenga 6.10% de cemento asfáltico.

Tabla 48.

Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de cemento asfáltico

Datos del diseño	Porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla asfáltica				
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Grava chancada <3/4"	37.25	37.05	36.86	36.66	36.47
Arena de Conchán	19.10	19.00	18.90	18.80	18.70
Arena del río Doñaana	39.16	38.95	38.75	38.54	38.34
Cemento asfáltico	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50

Figura 33.

Peso unitario de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico

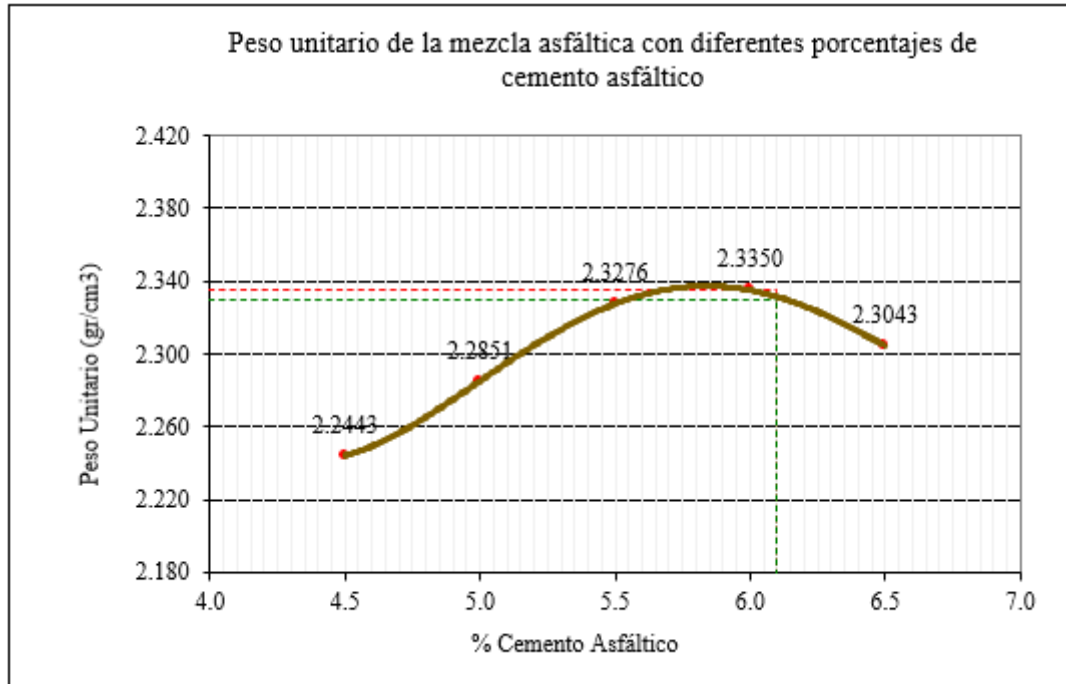


Figura 34.

Porcentaje de vacíos con aire de la mezcla asfáltica según porcentajes de cemento asfáltico

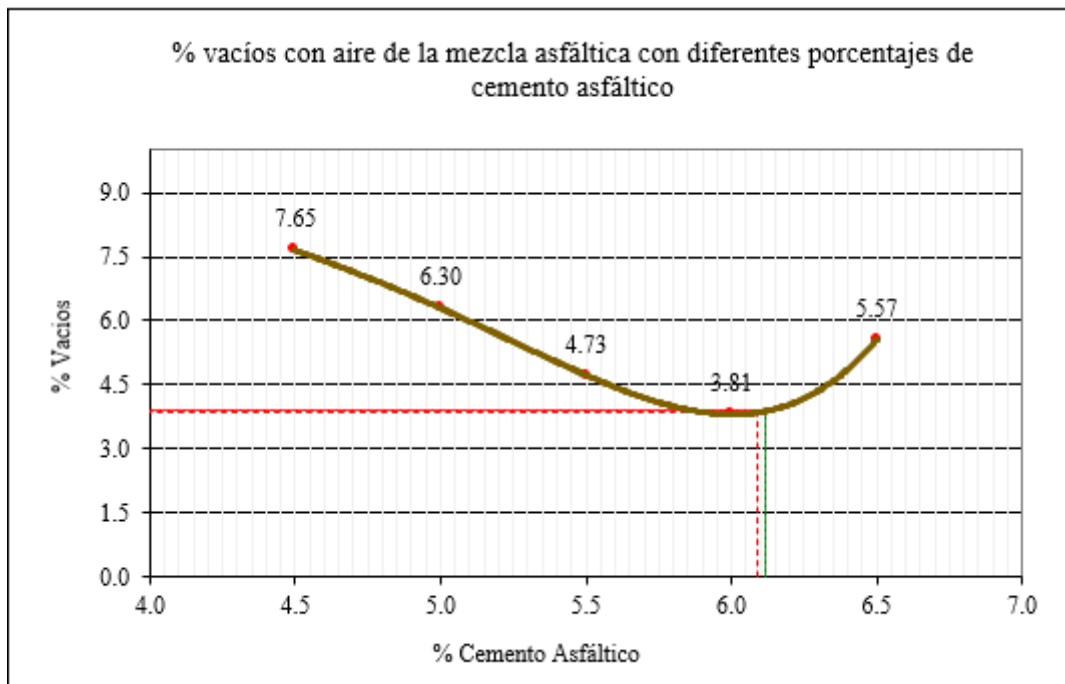


Figura 35.

Porcentajes de vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico

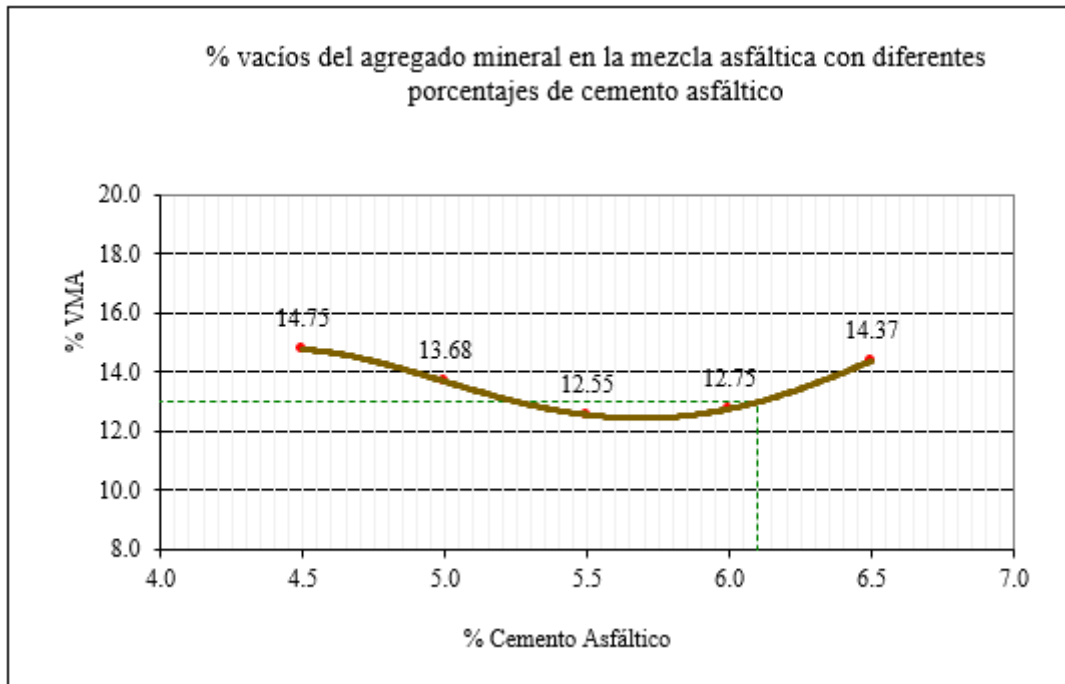


Figura 36.

Porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico según diseño de mezcla

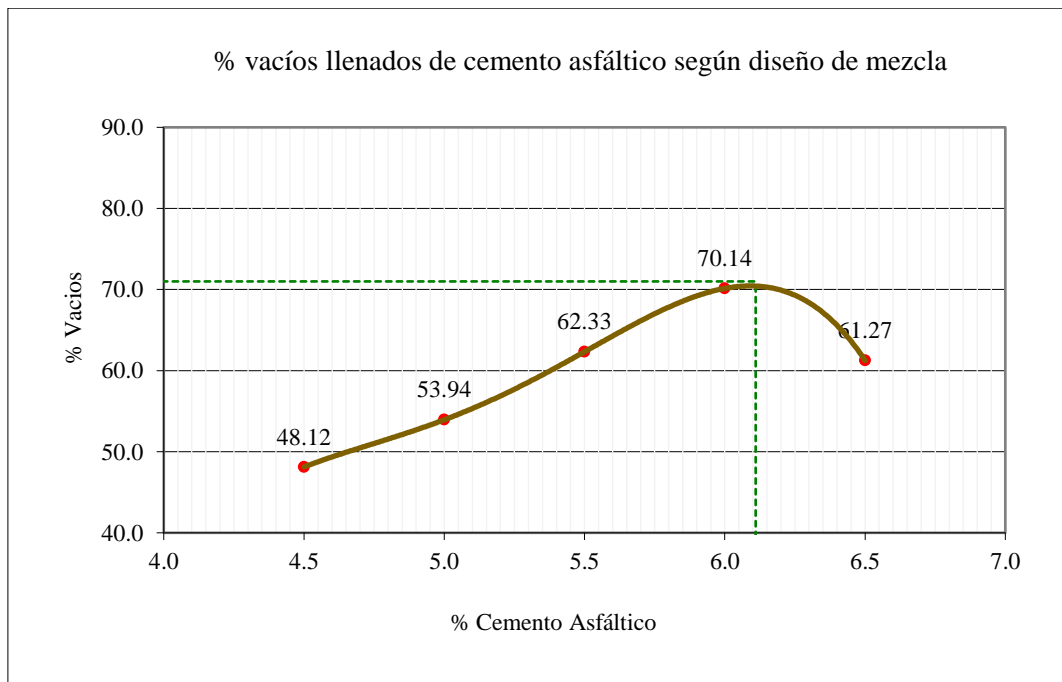


Figura 37.

Flujo (mm) en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico

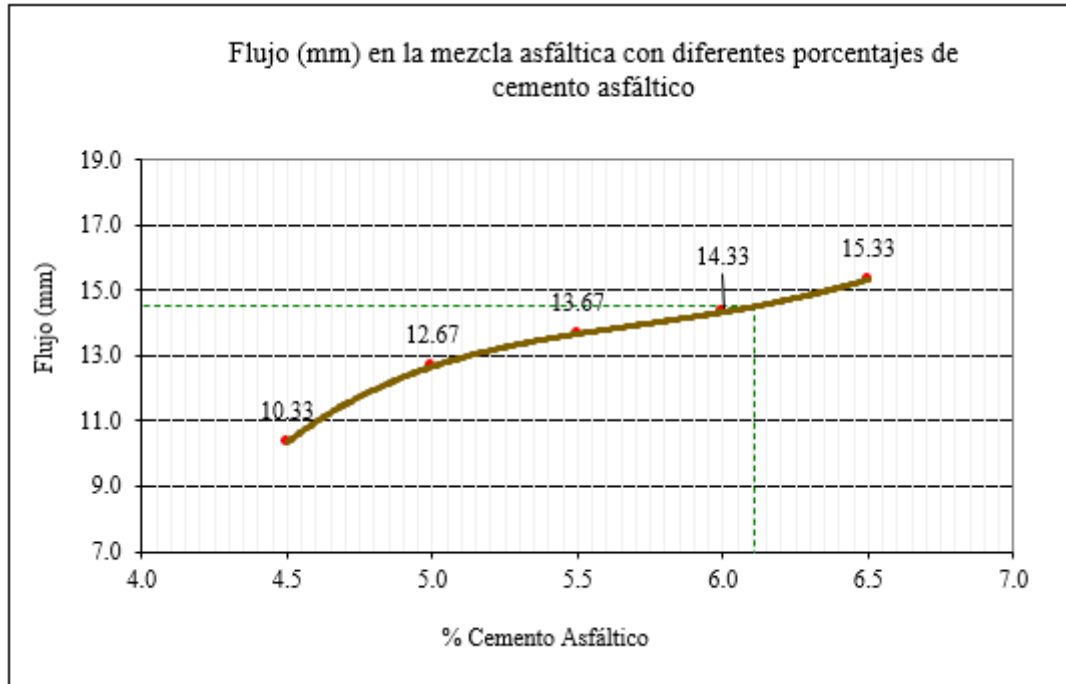


Figura 38.

Estabilidad (kg) en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico

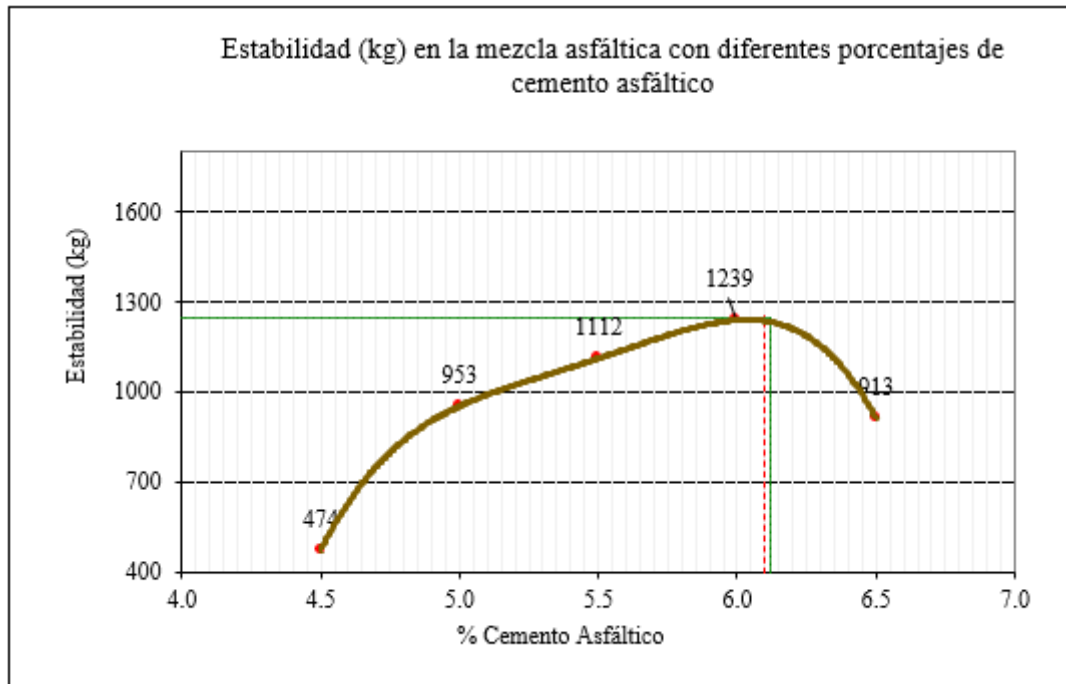


Figura 39.

Rigidez (kg/cm) en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico

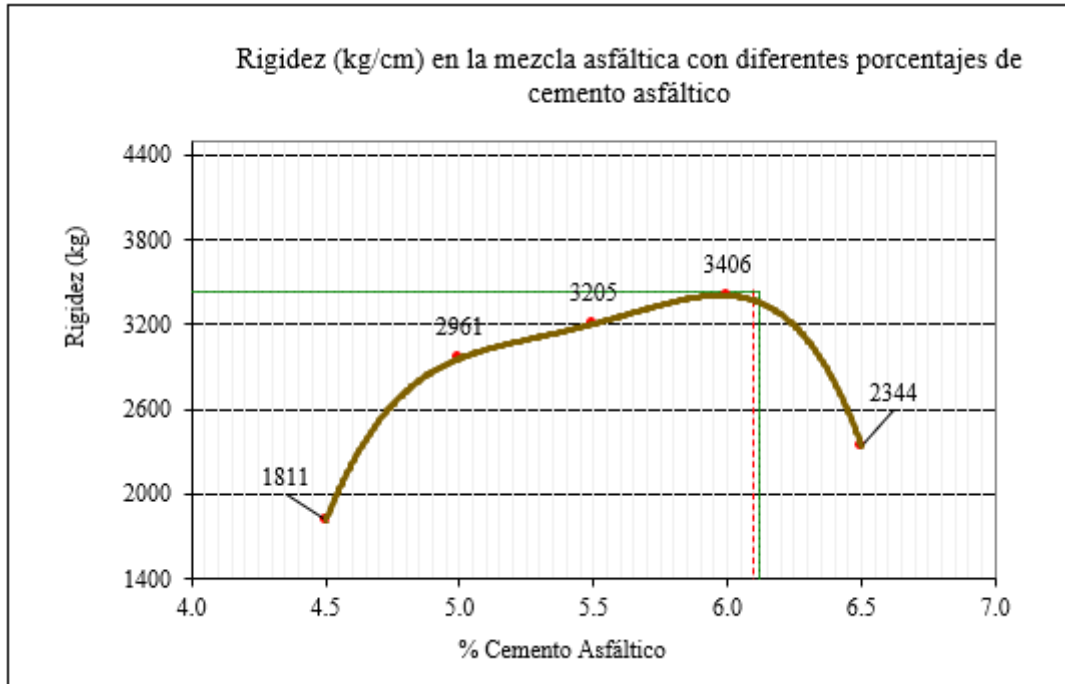
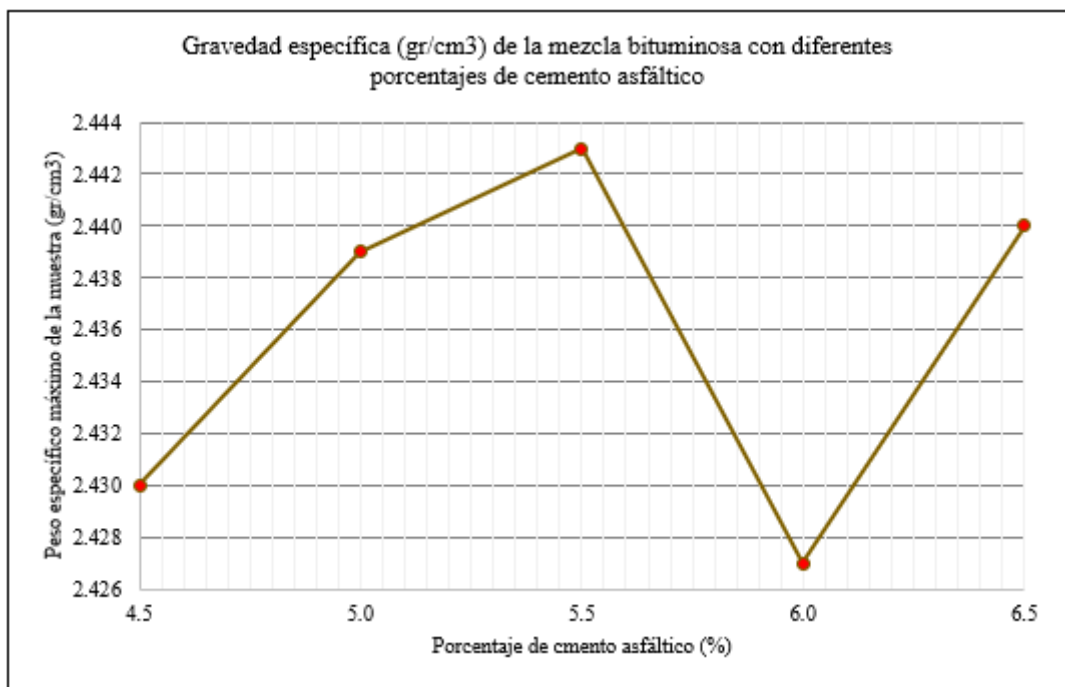


Figura 40.

Gravedad específica (gr/cm³) de la mezcla bituminosa con diferentes porcentajes de cemento asfáltico



El porcentaje óptimo de contenido de asfalto, 6.10%, ha sido verificado por su peso unitario, porcentaje de vacíos en la mezcla, porcentaje de vacíos del agregado mineral, porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y relación polvo – asfalto, tal como se observa en la Tabla 49, demostrando que cumple con las especificaciones técnicas generales de la EG-2013 (MTC, 2013), así mismo la proporción de materiales utilizados para su elaboración se muestran en la Tabla 50, esta dosificación base ha sido modificada al sustituir el agregado fino por 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de caucho reciclado triturado, respecto al peso de la suma de la arena de la cantera Conchán y la arena zarandeada del río Doñaana.

Tabla 49.

Porcentaje óptimo de cemento asfáltico de la mezcla bituminosa para la elaboración de asfalto

Descripción	Resultado
Óptimo contenido de asfalto (C.A)	6.1
Peso unitario (gr/cm ²)	2.33
Vacíos (%)	3.9
Vacíos del agregado mineral (%)	13
Vacíos llenados de C.A. (%)	71
Flujo (mm)	3.7
Estabilidad (kg)	1250
Relación Polvo Asfalto	1.18

Tabla 50.

Diseño de mezcla asfáltica óptima, con 6.10% de cemento asfáltico

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	39.00	36.60
Arena Conchán <1/4"	20.00	18.80
Arena Río Doñaana <3/8"	41.00	38.50
Cemento asfáltico		6.10

5.1.4. Propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado

Se ha determinado las particularidades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con la dosificación óptima: 6.1% de cemento asfáltico, 36.60% de grava chancada de la cantera Los Peroles, 18.80% de arena de la cantera Conchán y 38.50% de arena zarandeada del río Doñaana, sustituyendo el peso seco del agregado fino (57.30%) por caucho triturado reciclado en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5%. En la Tabla 51, Tabla 53, Tabla 55, Tabla 57y Tabla 59 se muestran los diseños de mezcla para la elaboración del asfalto modificado con caucho reciclado triturado. Se elaboraron tres probetas de cada diseño de mezclas a fin de poder verificar la confiabilidad de los resultados. En la Tabla 52, Tabla 54, Tabla 56, Tabla 58 y Tabla 60 se muestran las características de la mezcla asfáltica con 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de caucho reciclado como remplazo del peso del agregado fino. La mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado triturado en remplazo del peso del agregado fino, tiene un porcentaje de vacíos con aire promedio de 5.91%, valor que limita al máximo dado por el MTC (2013) de 5%, el porcentaje de vacíos en el agregado mineral promedio es de 15.24% valor menor al máximo especificado para agregado mineral con un tamaño máximo nominal de 3/8” equivalente a 16.00%; la estabilidad promedio de la mezcla es 1189.67 kg, valor superior al mínimo sugerido de 831.07 kg por el MTC (2013); el flujo promedio de la mezcla es 12.67 mm, se encuentra dentro del rango de 8 mm a 14 mm especificado por el MTC (2013), así mismo la relación estabilidad/fluencia promedio de la mezcla es 3702.67 kg/cm, valor que se encuentra dentro del rango de 1700 kg/cm a 4000 kg/cm, dado por el MTC (2013); siendo así la mezcla asfáltica en caliente 85/100 con 1% de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino de la

cantera Conchán y la arena del río Doñaana, cumple con la EG-2013 (MTC, 2013), para su uso en la pavimentación de calles o carreteras de la provincia de Chota.

Tabla 51.

Diseño de mezcla asfáltica con 1% de caucho

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	36.60	36.60
Arena	57.30	56.30
Cemento asfáltico	6.10	6.10
Caucho		1.00

Tabla 52.

Características de la mezcla asfáltica con 1% de caucho

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	6.1	6.1	6.1	6.100
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.266	2.275	2.271	2.271
% de vacíos con aire	6.12	5.720	5.890	5.910
% de vacíos del agregado mineral 100-25	15.42	15.07	15.22	15.24
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	60.33	62.01	61.28	61.21
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1198	1183	1188	1190
Lectura del flexímetro (pulg)	13	12	13	13
Relación estabilidad/ fluencia	3628	3883	3597	3703
Peso específico máximo de la muestra				2.414

La mezcla asfáltica con 2% de caucho reciclado triturado en remplazo del peso del agregado fino, tiene un porcentaje de vacíos con aire promedio de 7.84%, valor que sobrepasa al máximo dado por el MTC (2013) de 5%, el porcentaje de vacíos promedio en el agregado mineral es de 17.86% valor mayor al máximo especificado para agregado mineral con un tamaño máximo nominal de 3/8" equivalente a 16.00%; la estabilidad promedio de la mezcla es 695.33 kg, valor inferior al mínimo sugerido de 831.07 kg para una mezcla A pero superior a una

mezcla B según el MTC (2013); el flujo promedio de la mezcla es 14.33 mm, se encuentra en el límite del rango de 8 mm a 14 mm especificado por el MTC (2013) para una mezcla A pero dentro del rango de 8 mm a 16 mm para una mezcla B, así mismo la relación estabilidad/fluencia promedio de la mezcla es 1911.33 kg/cm, valor que se encuentra dentro del rango de 1700 kg/cm a 4000 kg/cm, dado por el MTC (2013); siendo así la mezcla asfáltica en caliente 85/100 con 2% de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino de la cantera Conchán y la arena del río Doñaana, cumple con los estándares para una mezcla asfáltica tipo B según la EG-2013 (MTC, 2013), para su uso en la pavimentación de calles o carreteras de la provincia de Chota.

Tabla 53.

Diseño de mezcla asfáltica con 2% de caucho

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	36.60	36.60
Arena	57.30	55.30
Cemento asfáltico	6.10	6.10
Caucho		2.00

Tabla 54.

Características de la mezcla asfáltica con 2% de caucho

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	6.1	6.1	6.1	6.100
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.199	2.201	2.201	2.200
% de vacíos con aire	7.9	7.810	7.800	7.837
% de vacíos del agregado mineral 100-25	17.92	17.84	17.83	17.86
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	55.91	56.23	56.26	56.13
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	711	676	699	695
Lectura del flexímetro (pulg)	15	14	14	14
Relación estabilidad/ fluencia	1866	1901	1967	1911
Peso específico máximo de la muestra				2.388

La mezcla asfáltica con 3% de caucho reciclado triturado en remplazo del peso del agregado fino, tiene un porcentaje de vacíos con aire promedio de 11.88%, valor que sobrepasa al máximo dado por el MTC (2013) de 5%, el porcentaje de vacíos promedio en el agregado mineral es de 21.02% valor mayor al máximo especificado para agregado mineral con un tamaño máximo nominal de 3/8" equivalente a 16.00%; la estabilidad promedio de la mezcla es 589.00 kg, valor inferior al mínimo sugerido de 831.07 kg para una mezcla A pero superior a una mezcla C según el MTC (2013); el flujo promedio de la mezcla es 15.33 mm, se supera el límite del rango de 8 mm a 14 mm especificado por el MTC (2013) para una mezcla A pero dentro del rango de 8 mm a 20 mm para una mezcla C, así mismo la relación estabilidad/fluencia promedio de la mezcla es 1513.67 kg/cm, valor que se encuentra fuera del rango de 1700 kg/cm a 4000 kg/cm, dado por el MTC (2013); siendo así la mezcla asfáltica en caliente 85/100 con 3% de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino de la cantera Conchán y la arena del río Doñaana, cumple parcialmente con los estándares para una mezcla asfáltica tipo C según la EG-2013 (MTC, 2013), para su uso en la pavimentación de calles o carreteras de la provincia de Chota.

Tabla 55.

Diseño de mezcla asfáltica con 3% de caucho

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	36.60	36.60
Arena	57.30	55.30
Cemento asfáltico	6.10	6.10
Caucho		2.00

Tabla 56.*Características de la mezcla asfáltica con 3% de caucho*

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	6.1	6.1	6.1	6.100
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.118	2.110	2.120	2.116
% de vacíos con aire	11.78	12.140	11.710	11.88
% de vacíos del agregado mineral 100-25	20.93	21.25	20.87	21.02
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	43.72	42.89	43.9	43.50
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	587	585	595	589
Lectura del flexímetro (pulg)	15	15	16	15
Relación estabilidad/ fluencia	1541	1537	1463	1514
Peso específico máximo de la muestra				2.401

La mezcla asfáltica con 4% de caucho reciclado triturado en remplazo del peso del agregado fino, tiene un porcentaje de vacíos con aire promedio de 14.16%, valor que sobrepasa al máximo dado por el MTC (2013) de 5%, el porcentaje de vacíos promedio en el agregado mineral es de 23.07% valor mayor al máximo especificado para agregado mineral con un TMN de 3/8" equivalente a 16.00%; la estabilidad promedio de la mezcla es 443.00 kg, valor inferior al mínimo sugerido de 831.07 kg, 554.73 kg y 461.93 kg para una mezcla A, B o C, respectivamente según el MTC (2013); el flujo promedio de la mezcla es 15.00 mm, se encuentra dentro del límite general del rango de 8 mm a 18 mm especificado por el MTC (2013) para una mezcla asfáltica según el método Marshall, así mismo la relación estabilidad/fluencia promedio de la mezcla es 1163.00 kg/cm, valor que se encuentra fuera del rango de 1700 kg/cm a 4000 kg/cm, dado por el MTC (2013); siendo así la mezcla asfáltica en caliente 85/100 con 4% de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino de la cantera Conchán y la arena del río Doñaana, no cumple con los estándares para

una mezcla asfáltica según la EG-2013 (MTC, 2013), para su uso en la pavimentación de calles o carreteras de la provincia de Chota.

Tabla 57.

Diseño de mezcla asfáltica con 4% de caucho

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	36.60	36.60
Arena	57.30	53.30
Cemento asfáltico	6.10	6.10
Caucho		4.00

Tabla 58.

Características de la mezcla asfáltica con 4% de caucho

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	6.1	6.1	6.1	6.100
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.055	2.078	2.051	2.061
% de vacíos con aire	14.43	13.480	14.580	14.16
% de vacíos del agregado mineral 100-25	23.31	22.45	23.44	23.07
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	38.09	39.98	37.81	38.63
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	433	443	453	443
Lectura del flexímetro (pulg)	15	15	15	15
Relación estabilidad/ fluencia	1136	1164	1189	1163
Peso específico máximo de la muestra				2.401

La mezcla asfáltica con 5% de caucho reciclado triturado en remplazo del peso del agregado fino, tiene un porcentaje de vacíos con aire promedio de 15.61%, valor que sobrepasa al máximo dado por el MTC (2013) de 5%, el porcentaje de vacíos promedio en el agregado mineral es de 24.37% valor mayor al máximo especificado para agregado mineral con un TMN de 3/8" equivalente a 16.00%; la estabilidad promedio de la mezcla es 363.67 kg, valor inferior al mínimo sugerido de 831.07 kg, 554.73 kg y 461.93 kg para una mezcla A, B o C, respectivamente según el MTC (2013); el flujo promedio de la mezcla es 15.67

mm, se encuentra dentro del límite general del rango de 8 mm a 18 mm especificado por el MTC (2013) para una mezcla asfáltica según el método Marshall, así mismo la relación estabilidad/fluencia promedio de la mezcla es 915.00 kg/cm, valor que se encuentra fuera del rango de 1700 kg/cm a 4000 kg/cm, dado por el MTC (2013); siendo así la mezcla asfáltica en caliente 85/100 con 5% de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino de la cantera Conchán y la arena del río Doñaana, no cumple con los estándares para una mezcla asfáltica según la EG-2013 (MTC, 2013), para su uso en la pavimentación de calles o carreteras de la provincia de Chota.

Tabla 59.

Diseño de mezcla asfáltica con 5% de caucho

Datos del diseño	% Mezcla	% Diseño
Grava chancada <3/4"	36.60	36.60
Arena	57.30	52.30
Cemento asfáltico	6.10	6.10
Caucho		5.00

Tabla 60.

Características de la mezcla asfáltica con 5% de caucho

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
C.A. en peso de la mezcla	6.1	6.1	6.1	6.100
Peso específico aparente de la grava gr/cm ³	2.619	2.550	2.585	2.585
Peso específico aparente de la arena gr/cm ³	2.642	2.620	2.630	2.631
Peso unitario de la probeta gr/cm ³	2.017	2.030	2.032	2.026
% de vacíos con aire	16.02	15.450	15.370	15.61
% de vacíos del agregado mineral 100-25	24.73	24.22	24.15	24.37
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	35.24	36.22	36.35	35.94
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	358	361	372	364
Lectura del flexímetro (pulg)	16	16	15	16
Relación estabilidad/ fluencia	881	889	975	915
Peso específico máximo de la muestra				2.401

5.1.5. Comparación de las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado

5.1.5.1. Comparación técnica

Para determinar dosificación óptima de residuos de caucho triturado reciclado obtenido de neumáticos fuera de uso, que utilizado como remplazo del agregado fino de la cantera Conchán y la arena del río Doñaana, que logre una mezcla asfáltica en caliente 85/100, que cumpla con los estándares del “Manual de Carreteras EG-2013” (MTC, 2013), se ha comparado las características de las mezclas asfálticas con 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de caucho reciclado triturado que se muestran respectivamente en la Tabla 52, Tabla 54, Tabla 56, Tabla 58 y Tabla 60. Con esta información se han elaborado la Fig. 41, Fig. 42, Fig. 43, Fig. 44, Fig. 45, Fig. 46 y Fig. 47, gráficos donde se comparan el peso unitario de la mezcla, porcentaje de vacíos en la mezcla, porcentaje de vacíos del agregado mineral, flujo de la mezcla, estabilidad, relación estabilidad/flujo y gravedad de la mezcla, respectivamente, con la finalidad de determinar desde el punto de vista técnico la dosificación óptima de caucho reciclado triturado que se puede incorporar en la mezcla como remplazo del agregado fino, sin afectar las características de la mezcla asfáltica, verificando que la misma, cumpla con las especificaciones técnicas del “Manual de carreteras EG-2013” (MTC, 2013).

El peso unitario de la mezcla asfáltica disminuye al incrementar el porcentaje de remplazo del agregado fino por caucho reciclado triturado, en la Fig. 41, se observa como la mezcla convencional sin caucho reciclado triturado tiene un peso unitario de 2.33 gr/cm³, el cual disminuye en 0.30 gr/cm³ para una mezcla asfáltica con 5% de caucho reciclado triturado, lo que representa que la masa de la mezcla que ocupa un volumen es menor mientras más sea la cantidad de caucho

reciclado triturado en el concreto asfáltico. El porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica, que recomienda la EG-2013 (MTC, 2013) varía de 3% a 5%, no obstante, en la Fig. 42, se observa que al incrementar el porcentaje de remplazo de agregado fino por caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica, también aumenta el porcentaje de vacíos, llegando a superar en 10.61% al máximo especificado en la EG-2013, para el 5% de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica, lo que evidencia que el único porcentaje cercano al límite dado en la EG-2013, sea 1% de caucho reciclado triturado, con 5.91% de vacíos en la mezcla asfáltica. El porcentaje de vacíos del agregado mineral en la mezcla asfáltica aumenta al incrementar el porcentaje de remplazo de caucho reciclado triturado, tal como se puede observar en la Fig. 43, donde la mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado triturado cumple con la EG-2013 para un tamaño máximo de agregado mineral de $\frac{3}{4}$ ". El flujo en una mezcla asfáltica diseñada por el método Marshall, según la EG-2013, debe estar dentro del rango de 8 mm a 18 mm; en la Fig. 44 se muestra que con dicha especificación cumplen todas las mezclas asfálticas modificadas con caucho triturado, no obstante, la mezcla con 1% de caucho reciclado triturado es más cercana al promedio del rango, con un flujo de 12.67 mm. La estabilidad según la EG-2013 para una mezcla asfáltica diseñada por el método Marshall, debe ser superior en promedio general a 680 kg o en específico según la mezcla sea del tipo A, B o C a 831.07 kg, 554.73 kg y 461.93 kg, respectivamente (MTC, 2013); en la Fig. 45, se observa que la mezcla asfáltica con 1%, 2% y 3% de caucho reciclado triturado superan al estándar dado por la EG-2013, pero la mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado triturado supera en estabilidad (kg) a otros porcentajes de sustitución del peso del agregado fino, no obstante es ligeramente inferior a la mezcla convencional sin caucho reciclado

triturado. Lo contrario ocurre con la rigidez o relación estabilidad/fluencia de la mezcla asfáltica modificada con 1% de caucho reciclado triturado, cuyo valor 3702.67 kg/cm es superior a la mezcla asfáltica convencional que alcanza un valor de 2874.83 kg/cm, sin embargo, al ir incrementando el porcentaje de remplazo del agregado fino por caucho reciclado triturado la rigidez disminuye llegando a un valor de 915 kg/cm para una mezcla asfáltica con 5% de caucho reciclado triturado, esto determina que solo las mezclas asfálticas con 0%, 1% y 2% de caucho reciclado triturado cumplan con la especificación técnica de la EG-2013 (MTC, 2013) que considera como rango mínimo y máximo de la relación de estabilidad/flujo a 1700 a 4000 kg/cm. Por último, la gravedad específica de la mezcla asfáltica disminuye al incorporar mayor cantidad de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino, hasta llegar al valor de 2.39 gr/cm³ para una mezcla asfáltica con 2% de caucho reciclado triturado, pero luego aumentando ligeramente a 2.40 gr/cm³ para las mezclas asfálticas con 3%, 4% y 5% de caucho reciclado triturado, tal como se puede observar en la Fig. 47.

Tabla 61.

Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de caucho reciclado triturado

Datos del diseño	Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica					
	0%	1%	2%	3%	4%	5%
Grava chancada <3/4"	36.60	36.60	36.60	36.60	36.60	36.60
Arena	57.30	56.30	55.30	54.30	53.30	52.30
Cemento asfáltico	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
Caucho	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00

Figura 41.

Peso unitario de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

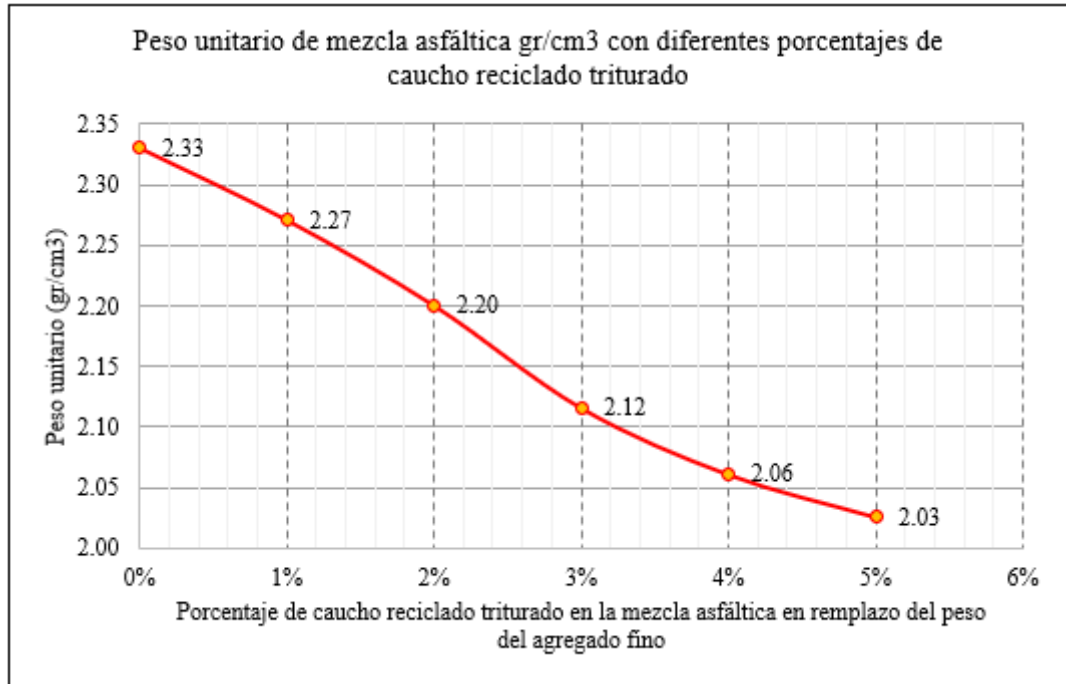


Figura 42.

Porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

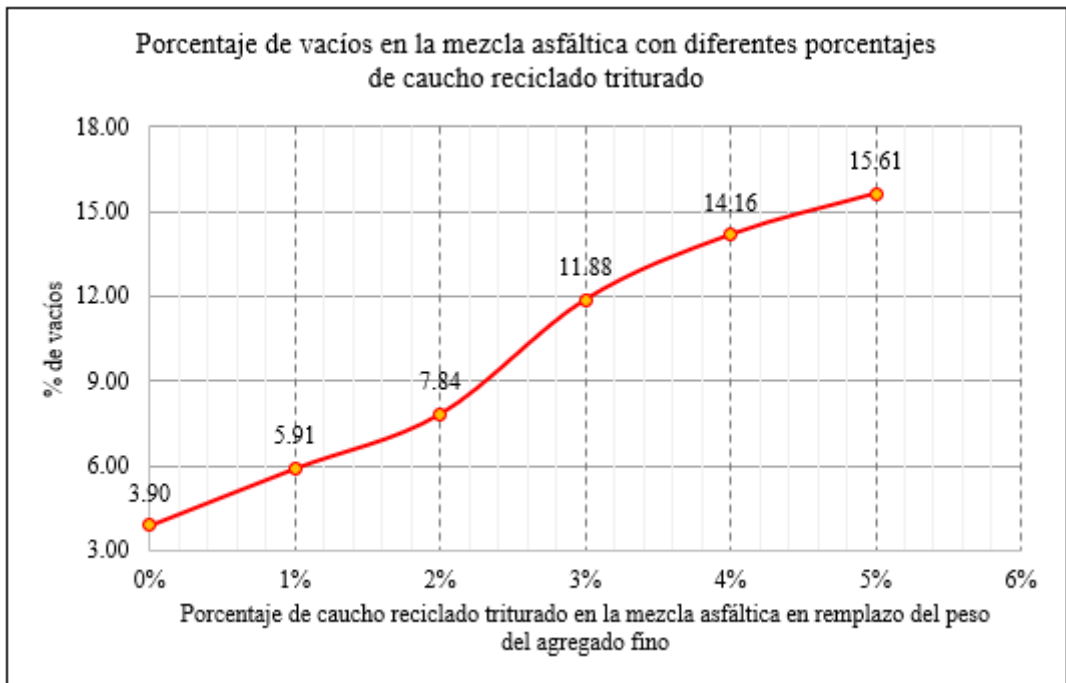


Figura 43.

Porcentaje de vacíos del agregado mineral en la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

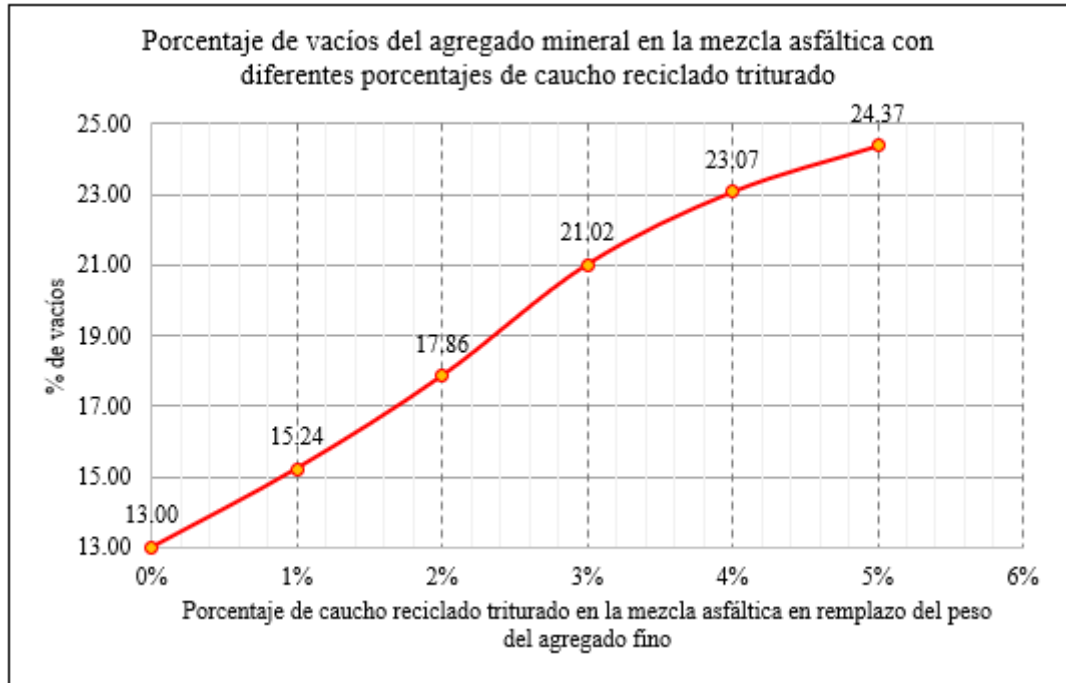


Figura 44.

Flujo (mm) de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

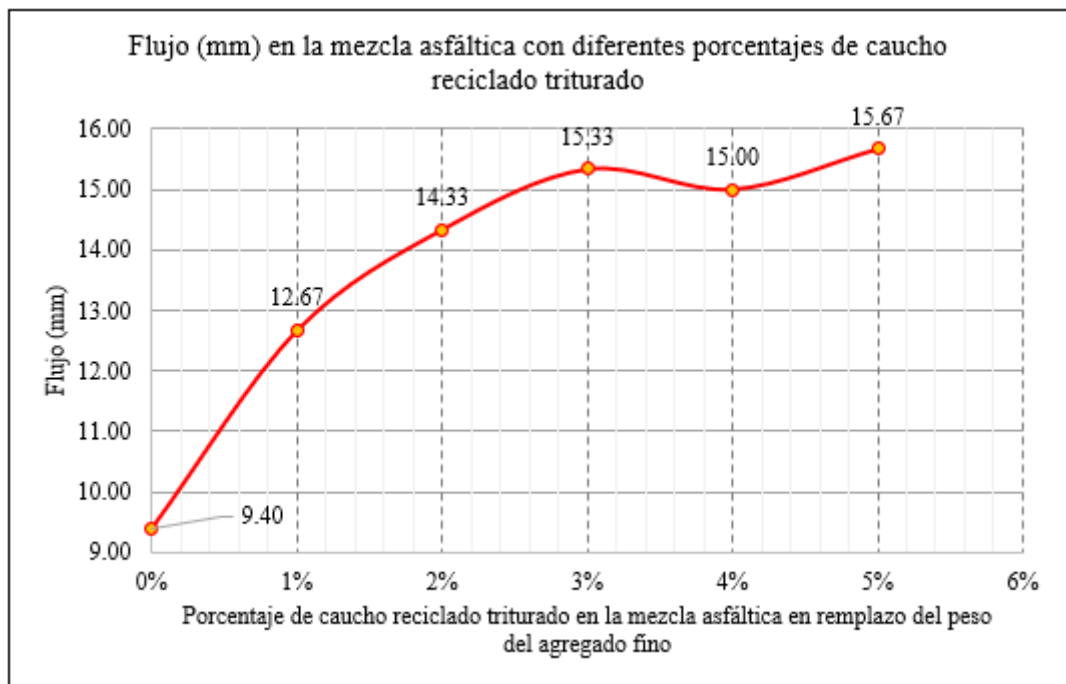


Figura 45.

Estabilidad (kg) de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

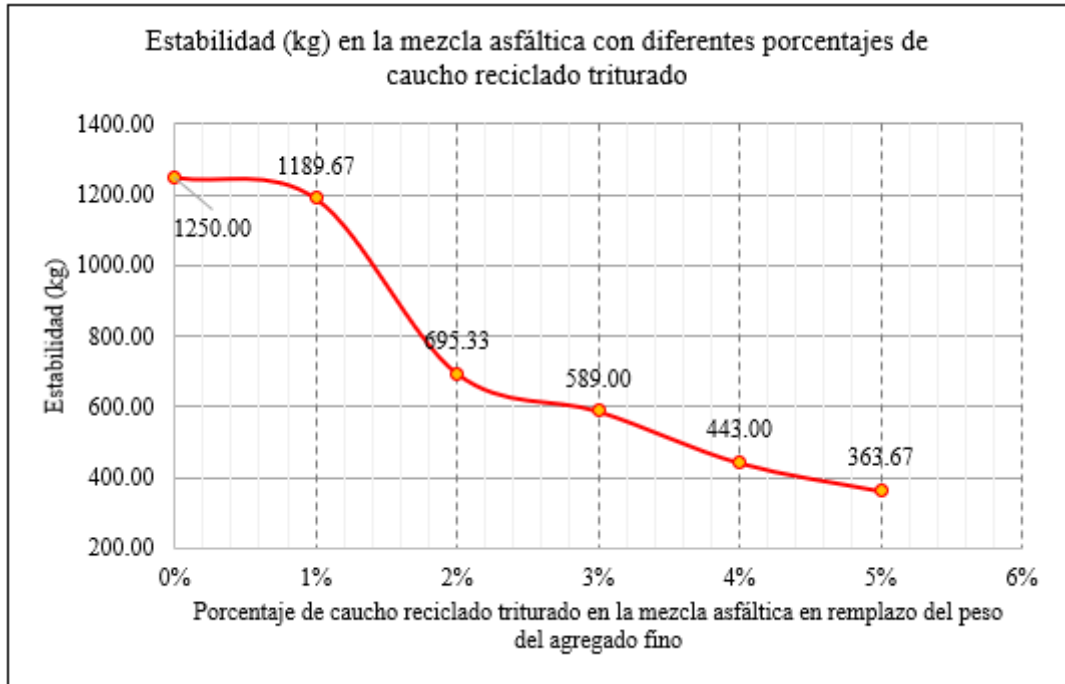


Figura 46.

Relación estabilidad/flujo – rigidez (kg/cm) de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

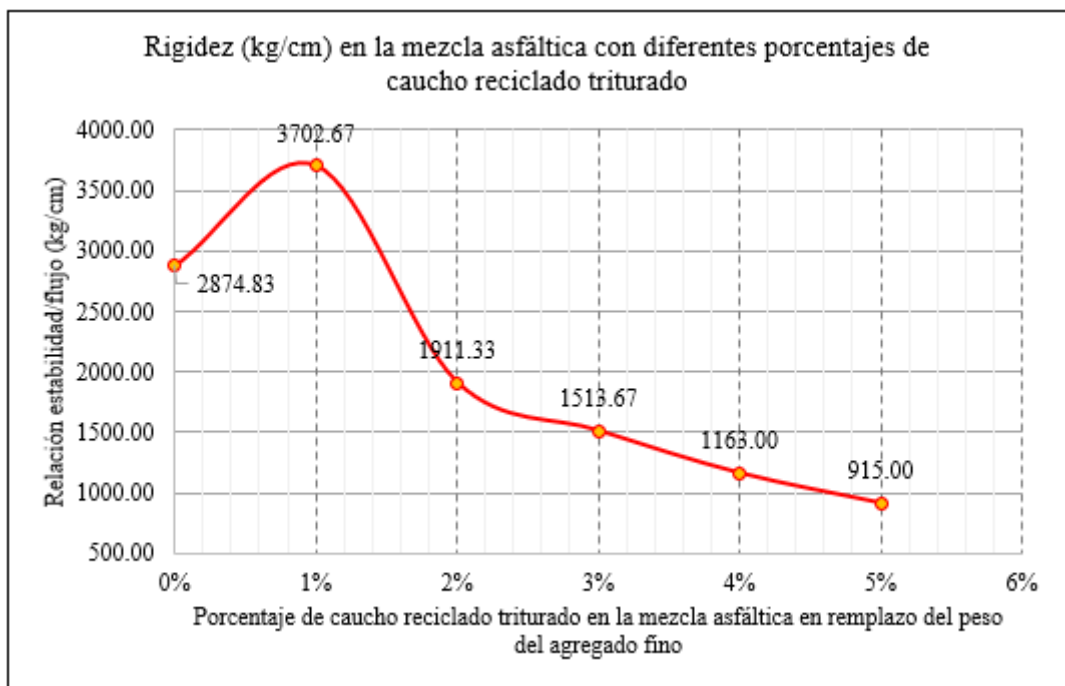
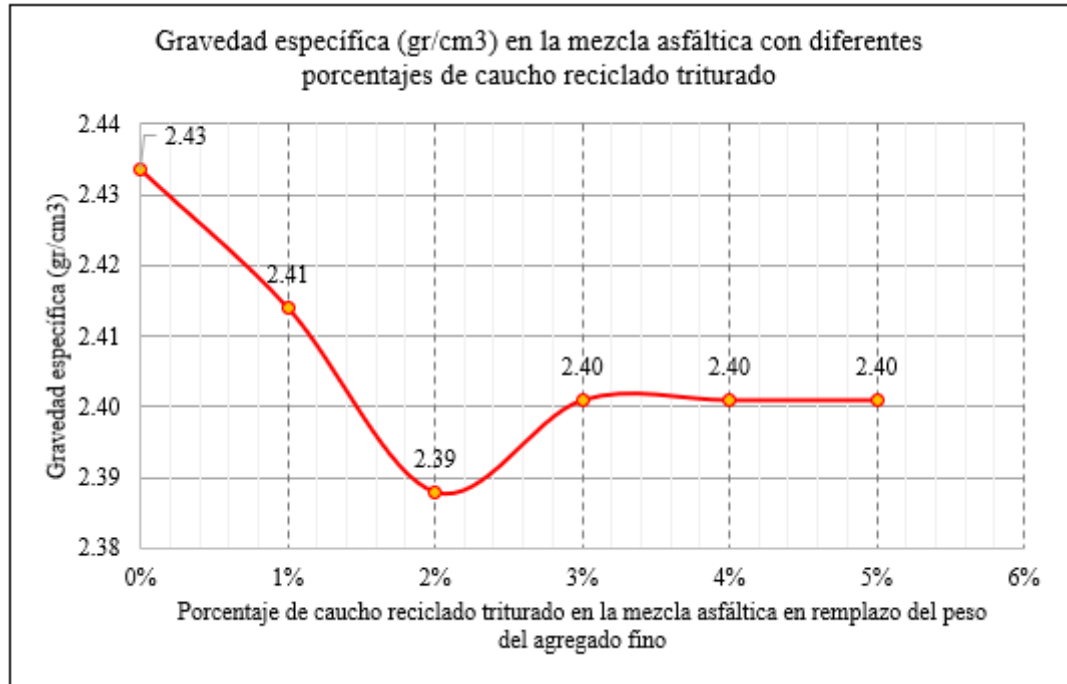


Figura 47.

Gravedad de la mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado



Finalmente, la mezcla asfáltica con 3% de caucho reciclado triturado cumple parcialmente las especificaciones técnicas de la EG-2013 (MTC, 2013), en cambio la mezcla asfáltica con 4% y 5% de caucho reciclado triturado no cumple con los estándares de calidad dados en la EG-2013. Por tanto, la mezcla asfáltica con 1% y 2% de caucho reciclado cumplen con las especificaciones de la EG-2013, donde la mezcla asfáltica con 2% de caucho reciclado tiene un menor peso específico que los demás tipos de mezclas asfálticas, pero es la mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado triturado, la que muestra mayor estabilidad y relación estabilidad/flujo, por lo que se considera técnicamente que esta mezcla es mejor que las mezclas con 2%, 3%, 4% y 5% de caucho reciclado, así mismo la mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado alcanza características similares a la mezcla convencional por lo que puede ser utilizada para la construcción del pavimento de calles y carreteras de la provincia de Chota.

5.1.5.2.Comparación económica

Para el análisis económico inicialmente se ha estimado la cantidad de materiales para 1 m³ de mezcla asfáltica (Tabla 62), luego se ha determinado el costo por m³ de caucho triturado, mismo que asciende a 52.74 m³/día (Tabla 63), siendo este un estimado a partir de los procesos realizados para la ejecución de la presente investigación, no obstante, online se puede adquirir caucho granular reciclado de 0.71 gr/cm³ de densidad a 3.00 soles por kg (Casa Guzmán, 2021). La preparación de la mezcla asfáltica en caliente con 0, 1, 2, 3, 4 y 5% de caucho triturado tiene un costo estimado de 317.25, 316.98, 316.70, 316.43, 316.16 y 315.88 soles (ACU en anexos), lo que representa una disminución de 0.27, 0.55, 0.82, 1.09 y 1.36 soles respecto al costo de la mezcla asfáltica convencional, por tanto, el uso de caucho reciclado granular representa beneficio económico (Fig. 48).

Tabla 62.

Cantidad de materiales en m³

Datos del diseño	Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica					
	0%	1%	2%	3%	4%	5%
Grava chancada <3/4"	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366
Arena	0.573	0.563	0.553	0.543	0.533	0.523
Cemento asfáltico	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
Caucho	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05

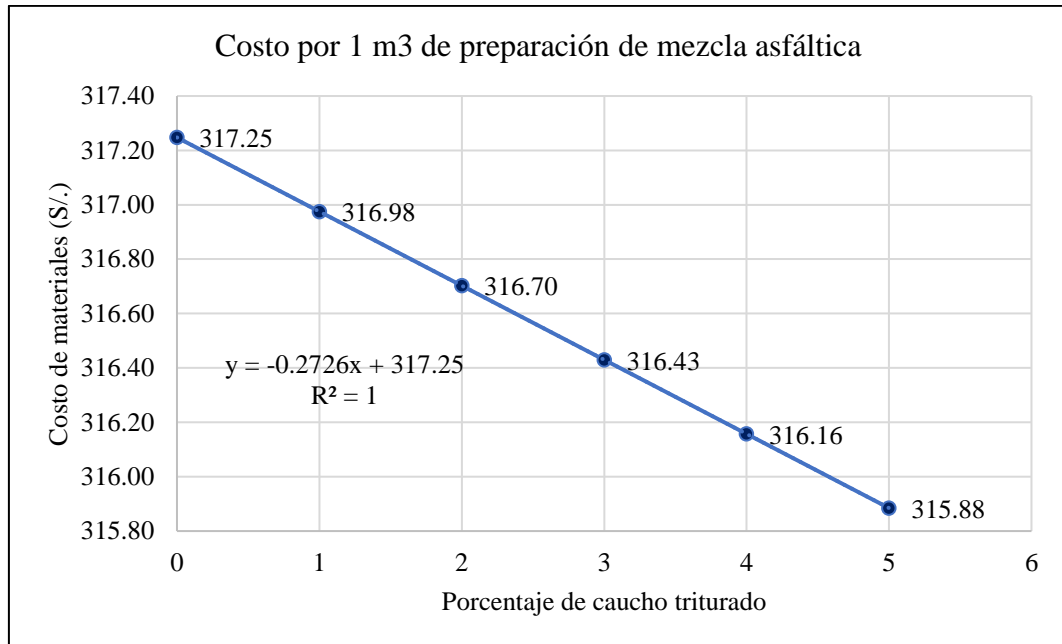
Tabla 63.

Costo por 1 m³ de caucho reciclado triturado

Rendimiento	m ³ /día	100.00	EQ 100.00		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	1.000	0.080	20.190	1.615
Peón	hh	5.000	0.400	14.910	5.964
Servicios					
Recolección de caucho reciclado	m ³		1.100	25.000	27.500
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	7.579	0.379
Trituradora	hm	1.200	0.096	180.000	17.280
Costo unitario directo:					52.74

Figura 48.

Costo para la preparación de 1 m³ de mezcla asfáltica en caliente



5.1.5.3. Implicancias ambientales

Es primordial considerar las implicancias ambientales que origina el uso de los residuos de neumáticos en el diseño de una mezcla asfáltica. Zancotto y Svec, (1996) en su libro “Utilization of Recycled Tire Rubber in Asphalt Pavements”, mencionaron que los neumáticos fuera de uso son considerados un suministro potencial de caucho de bajo costo para su uso como aglomerante en la elaboración de mezclas asfálticas, lo que ayuda a mitigar los problemas ambientales asociados con su almacenamiento y eliminación.

Los neumáticos de desecho y su acumulación es una preocupación medioambiental mundial; no son biodegradables y, a nivel mundial, se generan aproximadamente 1500 millones anualmente. Las llantas de desecho en los vertederos y las existencias son conocidas por filtrar sustancias químicas tóxicas en el medio ambiente circundante, actuar como caldo de cultivo para los mosquitos y alimentar incendios inextinguibles (Mohajerani et al., 2020).

Las llantas de desecho eliminadas en el medio ambiente, si no se reciclan y/o desechan adecuadamente pueden convertirse en un problema importante para la salud y el entorno, no obstante, el uso de caucho granulado en mezclas de pavimento asfáltico ha demostrado ser exitoso durante mucho tiempo debido a la compatibilidad e interacción entre partículas de caucho/ asfalto, tal como argumentan Shu y Huang (2014).

La construcción y el mantenimiento de las carreteras consumen grandes cantidades de áridos extraídos. El uso de materiales secundarios (reciclados), en lugar de primarios (vírgenes), ayuda a aliviar las presiones de los vertederos y a reducir la demanda de extracción. Este es especialmente el caso de las capas superficiales de pavimentos asfálticos que pueden representar una aplicación valiosa para los materiales de desecho sólido reciclados, siendo un ejemplo de ello Reino Unido donde, ya existen pavimentos asfálticos construidos a partir de materiales reciclados, tales como neumáticos (Huang, et al., 2007).

No obstante, Mohajerani et al. (2020), argumenta que a pesar de que se ha demostrado la efectividad técnica del uso de este material reciclado en la construcción de capas asfálticas, aún existe preocupación con respecto a la toxicidad de los productos de desecho incorporados al caucho debido a los lixiviados de metales pesados y otras sustancias químicas comunes en los neumáticos, por lo que los porcentaje de uso no superan el 10%, siendo así en busca de que este material reciclado tenga un mayor uso se necesitan más estudios exhaustivos en esta área.

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Los agregados utilizados para la elaboración de la mezcla asfáltica, fueron agregado grueso (grava chancada) de la cantera Los Peroles, agregado fino conformado por la mezcla de arena de la cantera Conchán y arena zarandeada del río Doñaana, tal como, Siswanto et al. (2017) que para su investigación utilizaron dos tipos de gradaciones de agregados. El agregado fino presentaba un mayor contenido de humedad que el agregado grueso, tal como se puede observar en la Tabla 62, así mismo, el agregado fino tiene mayor porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables que la grava chancada de la cantera Los Peroles, no obstante los tres agregados cumplen con las especificaciones técnicas de la EG-2013, sobre el porcentaje de caras fracturadas, el porcentaje de partículas chatas y alargadas, el porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables, el equivalente de arena y los límites de consistencia; sin embargo, ninguno de los agregados por sí solos cumplen con la gradación para una mezcla MAC-2, tal como se puede verificar en la Tabla 64, no obstante al mezclar estos tres agregados en porcentajes de 39% de grava de la cantera Los Peroles, 20% de arena de la cantera Conchán y 41% de arena zarandeada del río Doñaana, se logra un compuesto mineral que cumple con la gradación MAC-2 según la EG-2013 (MTC, 2013), tal como se observa en la Fig. 49. Esta proporción de agregados ha sido utilizada y modificada para la elaboración de la mezcla asfáltica 85/100 en caliente con 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% de cemento asfáltico, según las características de estas mezclas asfálticas se determinó que con 6.10% de cemento asfáltico se lograba mejores características técnicas en base a la EG-2013, y dicha dosificación descrita en la Tabla 68, se modificó con porcentajes de 1%, 2%, 4% y 5% de caucho triturado reciclado en remplazo del peso del agregado fino.

Tabla 64.*Propiedades de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica*

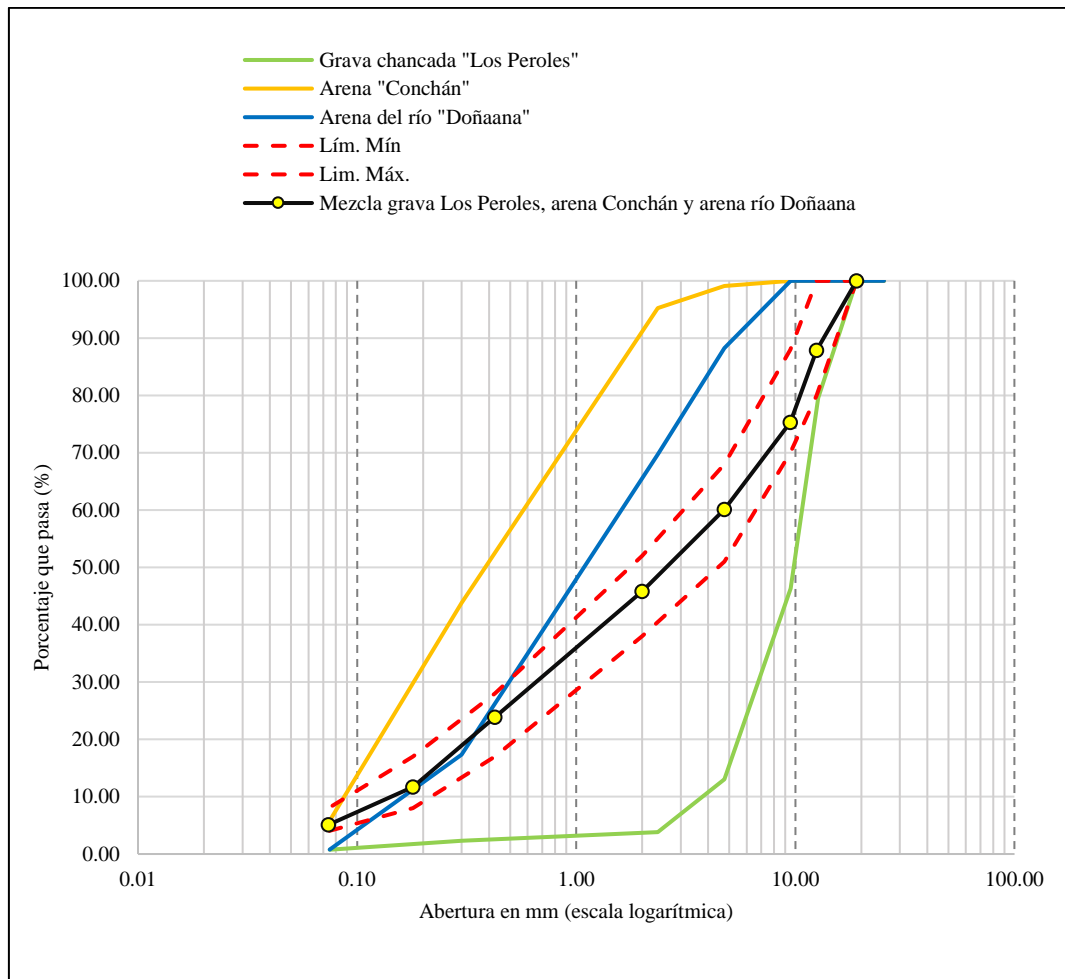
Propiedades de los agregados	Grava	Arena	Arena del	EG-2013
	chancada "Los Peroles"	"Conchán"	río "Doñaana"	
Contenido de humedad (%)	0.50%	2.44%	2.74%	
% con una o más caras fracturadas	99.81			Mín. 85%
% con dos o más caras fracturadas	88.57			Mín. 50%
Partículas Chatas y alargadas (%)	7.8			Máx. 10%
Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables	0.20	0.33	0.30	Máx. 1%
Equivalente de arena (%)		68.17	71.33	Mín. 60%
Límite líquido (%)		17.935	17.83	
Límite plástico		NP	NP	
Índice de plasticidad		NP	NP	NP

Tabla 65.*Análisis granulométrico de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica*

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa			Especificación MAC-2	
		Grava chancada "Los Peroles"	Arena "Conchán"	Arena del río "Doñaana"	Lím. Mín.	Lim. Máx.
1"	25.40	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.050	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.700	79.58	100.00	100.00	80.00	100.00
3/8"	9.525	46.31	100.00	100.00	70.00	88.00
N° 4	4.750	13.04	99.10	88.28	51	68
N° 8	2.360	3.80	95.24	69.70	38	52
N° 50	0.300	2.34	43.84	17.34	17	28
N° 200	0.075	0.76	5.82	0.78	4	8

Figura 49.

Curva granulométrica de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica



En la Tabla 66, se observan las características de la mezcla asfáltica elaborada con agregados de la provincia de Chota y cemento asfáltico en porcentajes de 4.5%, 5.0%, 5.50%, 6.0% y 6.5%, donde se observa que todos los diseños de mezcla a excepción de la mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico, cumplen con las especificaciones técnicas del Manual de carreteras EG-2013 (MTC, 2013), no obstante el porcentaje óptimo de cemento asfáltico es 6.10%, debido a que con esta dosificación se logra una mayor estabilidad en la mezcla asfáltica. Issa. (2020) realizó ensayos con 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0% de cemento asfáltico determinando que la dosificación óptima era 6.0%, valor similar al alcanzado en

la presente investigación, así mismo, Alvarez y Carrera (2017) utilizó 5% de cemento asfáltico para la elaboración de una mezcla asfáltica que cumpla con la EG-2013; tanto los resultados alcanzados por Issa. (2020) y Alvarez y Carrera (2017) son similares a las características alcanzadas en la presente investigación, por tanto, la mezcla asfáltica convencional diseñada con agregados de la provincia de Chota y 6.10% de cemento asfáltico puede ser utilizada en la construcción del pavimento asfáltico de las calles y carreteras de la provincia de Chota, región de Cajamarca u otras regiones del país.

Tabla 66.

Características de la mezcla asfáltica convencional según porcentaje de cemento asfáltico

Descripción	Porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla asfáltica					EG-2013
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
	C.A. en peso de la mezcla (%)	4.50	5.00	5.50	6.00	
Peso unitario gr/cm ³	2.24	2.29	2.33	2.34	2.30	
% de vacíos con aire	7.65	6.30	4.73	3.81	5.57	5.00
% de vacíos del agregado mineral	48.17	46.41	46.83	46.96	47.95	16.00
Relación betún vacíos (%)	84.11	86.43	89.91	91.89	88.39	
Estabilidad (kg)	474.00	952.67	1112.00	1239.33	912.33	831.07
Flujo (mm)	10.33	12.67	13.67	14.33	15.33	entre 8-14
Relación estabilidad/ fluencia	1811.33	2961.00	3205.00	3406.00	2343.67	1700-4000
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm ³	2.430	2.439	2.443	2.427	2.440	

En la Tabla 67, se muestran las características de la mezcla asfáltica con 6.10% de cemento asfáltico, 36.60% de grava chancada de la cantera Los Peroles y 57.30% de agregado fino (arena de la cantera Conchán + arena zarandeada del río Doñana) del cual se ha sustituido el 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de su peso por caucho reciclado triturado. Según Ibañez (2015) el uso de polímeros como el caucho para la elaboración de mezclas asfálticas contribuye a mejorar las propiedades del asfalto, siempre y cuando el porcentaje de remplazo sea menor a 5%, lo cual se ha

comprobado con la presente investigación donde tan solo las mezclas asfálticas con 1%, 2% y 3% de caucho reciclado triturado cumplen con las especificaciones técnicas del Manual de carreteras EG-2013 (MTC, 2013). Siswanto et al. (2017) analizó mezclas asfálticas con 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 3%, 4.5% y 6.0% de residuos de neumáticos en remplazo del peso del agregado, tal como se ha realizado en la presente investigación, llegando a resultado similares, por lo que concluyó que la mezcla asfáltica optima se alcanzaba con la adición de 1%, concordando con los resultados mostrados en la Tabla 68; en cambio Issa (2020) determinó que podía incluir a la mezcla asfáltica hasta 10% de caucho y continuar cumpliendo las especificaciones normativas, esta diferencia se debe a la forma de adición del caucho, ya que Issa (2020) no incorporó los residuos triturados de cauchos de neumáticos como remplazo del agregado fino sino como remplazo del cemento asfáltico, lo que ha determinado la variación en las características de la mezcla asfáltica. Castro (2018) en su investigación determinó que la estabilidad de la mezcla asfáltica disminuye al incorporar mayor porcentaje de caucho reciclado triturado, pero la rigidez aumenta, esto también se observa en la Tabla 67, no obstante, la diferencia en la estabilidad de una mezcla asfáltica convencional con 0% de caucho reciclado triturado y una mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado triturado es relativamente baja, por lo que se puede definir que esta mezcla asfáltica modificada presenta iguales características que la mezcla asfáltica convencional, así mismo, cumple con los estándares técnicos de la EG-2013 (MTC, 2013) para una mezcla asfáltica según el método Marshall.

Tabla 67.

Características de la mezcla asfáltica con 6.10% de cemento asfáltico según porcentaje de sustitución del agregado fino por caucho reciclado triturado

Descripción	Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica						EG-2013
	0%	1%	2%	3%	4%	5%	
	C.A. en peso de la mezcla	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	
Peso unitario gr/cm ³	2.33	2.27	2.20	2.12	2.06	2.03	
% de vacíos con aire	3.90	5.91	7.84	11.88	14.16	15.61	5.00
% de VAM	13.00	15.24	17.86	21.02	23.07	24.37	16.00
Relación betún vacíos (%)	90.14	61.21	56.13	43.50	38.63	35.94	
Estabilidad (kg)	1250.00	1189.67	695.33	589.00	443.00	363.67	831.07
Flujo (mm)	9.40	12.67	14.33	15.33	15.00	15.67	entre 8-14
Relación estabilidad/ fluencia	2874.83	3702.67	1911.33	1513.67	1163.00	915.00	1700-4000
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm ³	2.43	2.41	2.39	2.40	2.40	2.40	

Alvarez y Carrera (2017) determinaron como porcentaje óptimo de sustitución de residuos reciclados triturados de caucho respecto al agregado fino para la elaboración de mezclas asfálticas, a 1.5%, valor cercano al valor estimado en la presente investigación de 1%, así mismo, Cervera (2016) determinó como porcentaje óptimo a 1%, tal como en el presente estudio, por lo que ambos obtuvieron mezclas asfálticas con características similares a las mostradas en la Tabla 67, con la dosificación descrita en la Tabla 68, esto se debe a que Cercera (2016) ha utilizado agregados de la provincia de Cajamarca, y estos presentan características similares a los agregados de la provincia de Chota, así mismo el autor asevera que el precio de la aplicación de la mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado triturado puede incrementarse en 5.05%, pero en un plazo de 5 años, el costo se reduce en 8.4% respecto al pavimento tradicional, debido a que la mezcla asfáltica experimental presenta mejores características de resistencia al paso vehicular según Macedo (2016), Chávarri y Falen (2020), Segovia y Paco

(2020) y Martínez et al. (2018). En conclusión en la Tabla 66, se muestra la dosificación de mezcla óptima para una mezcla asfáltica convencional y para una mezcla asfáltica elaborada con caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino; ambas mezclas asfálticas cumplen con los estándares de la EG-2013 (MTC, 2013), por lo que se deja a criterio del ejecutor el uso de uno u otro tipo de mezcla asfáltica (Mezcla asfáltica convencional elaborada con 6.10% de cemento asfáltico y agregados de la provincia de Chota, y mezcla asfáltica modificada con 1% de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino de la cantera Conchán y agregado fino zarandeado del río Doñana), pero si se recomienda tomar en cuenta que la mezcla asfáltica elaborada con 6.10% de cemento asfáltico y modificada con la sustitución del agregado fino por caucho reciclado triturado tiene un aporte ambiental importante por el uso de caucho reciclado triturado proveniente de neumáticos fuera de uso, materiales cuya degradación tarda alrededor de 500 años según Castro (2015).

Tabla 68.

Dosificación de la mezcla óptima convencional y modificada con caucho reciclado triturado

Datos del diseño	Porcentaje de mezcla asfáltica	
	Mezcla convencional	Mezcla con caucho reciclado triturado
Grava chancada <3/4"	36.60	36.60
Arena Conchán <1/4"	18.80	18.47
Arena Río Doñaana <3/8"	38.50	37.83
Cemento asfáltico	6.10	6.10
Caucho reciclado		1.00

5.3. Contrastación de hipótesis

El análisis estadístico de la varianza (ANOVA) se realizó mediante el software Minitab 19, con el fin de aceptar la hipótesis nula (H_0) si el p-value (probabilidad) es mayor al nivel de significancia o aceptar la hipótesis alternativa (H_1), si el p-value es menor, que el nivel de significancia (0.05). El modelo estadístico que más se ajusta a los datos es el modelo lineal general, y las hipótesis que se han analizado son las siguientes:

- H_0 : Las características de la mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos no presenta diferencia significativa respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica convencional elaborada con agregados locales de la ciudad de Chota, en base a los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013 (MTC, 2013).
- H_1 : Las características de la mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos presenta diferencia significativa respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica convencional elaborada con agregados locales de la ciudad de Chota, en base a los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013 (MTC, 2013).

Primero se han analizado todas las mezclas asfálticas convencionales y las mezclas asfálticas elaboradas con caucho reciclado triturado en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% respecto al peso del agregado fino, cuyos datos se muestran en la Tabla 69, luego de determinar el p-value y comprobar que existe diferencia significativa entre las características de la mezcla, se ha realizado el análisis de la mezcla óptima convencional y la mezcla óptima modificada con 1% de caucho reciclado triturado, demostrando que ambas presentan características similares a las solicitadas por la EG-2013 (MTC, 2013).

Tabla 69.

Características de la mezcla asfáltica convencional elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico y experimental con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado.

Datos utilizados en el análisis estadístico ANOVA

Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica	C.A. en peso de la mezcla (%)	Peso unitario de la probeta gr/cm ³	% de vacíos con aire	Estabilidad corregida 31*32 (kg)	Lectura del flexímetro (mm)	Relación estabilidad/fluencia - Rigidez
0	4.5	2.246	7.580	473	10	1860
0	4.5	2.244	7.650	493	10	1940
0	4.5	2.242	7.730	456	11	1634
0	5.0	2.287	6.230	1020	13	3089
0	5.0	2.282	6.420	931	13	2819
0	5.0	2.286	6.250	907	12	2975
0	5.5	2.326	4.800	1158	14	3257
0	5.5	2.328	4.720	1104	14	3104
0	5.5	2.329	4.670	1074	13	3254
0	6.00	2.334	3.840	1263	15	3315
0	6.00	2.336	3.780	1242	14	3493
0	6.00	2.335	3.800	1213	14	3410
0	6.50	2.303	5.610	894	15	2347
0	6.50	2.306	5.490	911	15	2391
0	6.50	2.303	5.600	932	16	2293
0	6.10	2.330	3.900	1250	9	2831
0	6.10	2.330	3.900	1250	9	2831
0	6.10	2.330	3.900	1250	9	2831
1	6.10	2.266	6.120	1198	13	3628
1	6.10	2.275	5.720	1183	12	3883
1	6.10	2.271	5.890	1188	13	3597
2	6.10	2.199	7.900	711	15	1866
2	6.10	2.201	7.810	676	14	1901
2	6.10	2.201	7.800	699	14	1967
3	6.10	2.118	11.780	587	15	1541
3	6.10	2.110	12.140	585	15	1537
3	6.10	2.120	11.710	595	16	1463
4	6.10	2.055	14.430	433	15	1136
4	6.10	2.078	13.480	443	15	1164
4	6.10	2.051	14.580	453.000	15	1189.000
5	6.10	2.017	16.020	358.000	16	881.000
5	6.10	2.030	15.450	361.000	16	889.000
5	6.10	2.032	15.370	372.000	15	975.000

Se ha determinado el valor-p, para cada característica específica de la mezcla asfáltica, tales como peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo, y relación estabilidad/fluencia, el cual según la Tabla 70, es menor a 0.05 (nivel de

significancia) en todos los casos, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo así que, las características de la mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos presentan diferencia significativa respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica convencional elaborada con agregados locales de la ciudad de Chota. En otras palabras, las propiedades de la mezcla asfáltica varían al cambiar el porcentaje de cemento asfáltico que contiene, y al cambiar el porcentaje de sustitución de caucho reciclado respecto al agregado fino.

Tabla 70.

Análisis de varianza de la mezcla asfáltica convencional elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico y experimental elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

Características de la mezcla asfáltica	Valor-p	
	Porcentaje de caucho reciclado	Cemento asfáltico en peso de la mezcla (%)
Peso unitario de la probeta	0.000	0.000
% vacíos con aire en la mezcla	0.000	0.000
Estabilidad corregida	0.000	0.000
Lectura del flexímetro (Flujo)	0.000	0.000
Relación estabilidad/fluencia	0.000	0.000

En la Tabla 71, R-cuadrado para cada una de las características de la mezcla asfáltica, elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico, y experimental elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado es mayor a 90%, lo que indica una alta confiabilidad de los resultados obtenidos, y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, además se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

Tabla 71.

Resumen del modelo de la mezcla convencional elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico y experimental elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

Características de la mezcla asfáltica	S	R-cuad.	R-cuad (ajustado)	R-cuad. (pred)
Peso unitario de la probeta	0.0056057	99.82%	99.73%	99.58%
% vacíos con aire en la mezcla	0.234372	99.76%	99.65%	99.47%
Estabilidad corregida	25.6710	99.58%	99.39%	99.05%
Lectura del flexímetro (Flujo)	0.522233	95.59%	93.58%	90.07%
Relación estabilidad/fluencia	92.5211	99.30%	98.98%	98.43%

Para el análisis estadístico de las características de la mezcla convencional con 6.1% de cemento asfáltico y la mezcla modificada con 1% de caucho reciclado triturado, respecto a los estándares de la EG-2013, se han utilizado los datos estadísticos de la Tabla 72, y se han propuesto como hipótesis:

- Ho: Las características de la óptima mezcla asfáltica convencional y adicionando residuos de neumáticos no presenta diferencia significativa respecto a los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013 (MTC, 2013).
- H1: Las características de la óptima mezcla asfáltica convencional y adicionando residuos de neumáticos presenta diferencia significativa respecto a los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013 (MTC, 2013).

Tabla 72.

Características de la mezcla asfáltica convencional con 6.1% de cemento asfáltico y la mezcla modificada con 1% de caucho reciclado triturado, respecto a los estándares de la EG-2013.

Datos utilizados para el análisis estadístico ANOVA

C.A. en peso de la mezcla (%)	Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica	Peso unitario de la probeta gr/cm ³	% de vacíos con aire	Estabilidad corregida 31*32 (kg)	Lectura del flexímetro (mm)	Relación estabilidad/fluencia - Rigidez
6.10	0	2.33	3.90	1250.00	9.40	2831.00
6.10	0	2.33	3.90	1250.00	9.40	2831.00
6.10	0	2.33	3.90	1250.00	9.40	2831.00
6.10	1	2.27	6.12	1198.00	13.00	3628.00
6.10	1	2.28	5.72	1183.00	12.00	3883.00
6.10	1	2.27	5.89	1188.00	13.00	3597.00
EG-2013	2	2.30	5.00	>831.07 kg	8 a 14	1700 a 4000

Se ha determinado el valor-p, para cada característica específica de la mezcla asfáltica óptima convencional y experimental, tales como peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo, y relación estabilidad/fluencia, el cual según la Tabla 73, es mayor a 0.05 (nivel de significancia) en todos los casos, por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula (H₀), concluyendo así que, las características de la óptima mezcla asfáltica convencional y adicionando residuos de neumáticos no presenta diferencia significativa respecto a los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013 (MTC, 2013). En otras palabras, la mezcla asfáltica convencional y experimental cumplen con las especificaciones técnicas generales de la EG-2013, debido a que presentan características similares a los estándares dados por el MTC (2013).

Tabla 73.

Análisis de varianza de la mezcla asfáltica convencional elaborada con 6.1% de cemento asfáltico y experimental elaborada con 1% de caucho reciclado triturado

Características de la mezcla asfáltica	p-value según porcentaje de caucho reciclado
Peso unitario de la probeta	0.159
% vacíos con aire en la mezcla	0.159
Estabilidad corregida	0.159
Lectura del flexímetro (Flujo)	0.160
Relación estabilidad/fluencia	0.160

En la Tabla 74, R-cuadrado para cada una de las características de la mezcla asfáltica elaborada con 6.1% de cemento asfáltico y la mezcla asfáltica experimental óptima elaborada con 1% de caucho reciclado triturado es mayor a 90%, lo que indica una alta confiabilidad, de los resultados obtenidos, y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, además se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

Tabla 74.

Resumen del modelo de la mezcla convencional elaborada con 6.1% de cemento asfáltico y experimental elaborada con 1% de caucho reciclado triturado

Características de la mezcla asfáltica	S	R-cuad.	R-cuad (ajustado)
Peso unitario de la probeta	0.0017687	99.24%	99.24%
% vacíos con aire en la mezcla	0.0787430	98.69%	98.69%
Estabilidad corregida	2.99590	97.91%	97.91%
Lectura del flexímetro (Flujo)	0.226482	96.00%	96.00%
Relación estabilidad/fluencia	61.5645	95.85%	95.85%

CONCLUSIONES

Al caracterizar una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos con la finalidad de verificar sus propiedades según el Manual de Carreteras “Especificaciones técnicas Generales para Construcción” EG-2013 (MTC, 2013) para garantizar su posible uso en carreteras de la ciudad de Chota, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1) Las características del agregado grueso de la cantera los Peroles, agregado fino de la cantera Conchán y arena zarandeada del río Doñaana, de la provincia de Chota, cumplen con los estándares técnicos de la EG-2013 (MTC, 2013), tales como: porcentaje de caras fracturadas, partículas chatas y alargadas, porcentaje de terrones de arcilla, equivalente de arena y límites de consistencia, pero no alcanza la gradación para la especificación MAC-2, por lo que se ha utilizado la mezcla con 39.00% de grava chancada, 20% de la arena de Conchán y 41% de la arena del río Doñaana.
- 2) Las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con cemento asfáltico al 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% del peso de la mezcla, y agregados de la provincia de Chota, tiene una estabilidad de 474.00 kg, 952.67 kg, 1112.00 kg, 1239.33 kg y 912.33 kg, respectivamente. Todas las mezclas convencionales con diferentes porcentajes de cemento asfáltico cumplen con las especificaciones técnicas de la EG-2013 (MTC, 2013) a excepción de la mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico.
- 3) La dosificación óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica convencional 85/100 en caliente es 6.10%, con este porcentaje se logra un valor de estabilidad, relación de fluencia y flujo de 1250 kg, 2874.83 kg/m y 9.40 mm, respectivamente, por lo que cumple totalmente con las especificaciones técnicas de la EG-2013 (MTC, 2013).

- 4) Las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con la dosificación óptima de cemento asfáltico (6.10%) y agregados de la provincia de Chota, sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5%, alcanza una estabilidad de 1189.67%, 695.33%, 589.00%, 443.00% y 363.67%, por lo que las mezclas asfálticas con 3%, 4% y 5% de caucho reciclado triturado no cumplen con las especificaciones técnicas generales del Manual de carreteras EG-2013 (MTC, 2013).
- 5) La dosificación óptima de caucho reciclado triturado de neumáticos fuera de uso, en una mezcla asfáltica 85/100 en caliente con 6.10% de cemento asfáltico es 1%, con este porcentaje de caucho reciclado se logra una mezcla asfáltica modificada que alcanza un valor de estabilidad, relación de fluencia y flujo de 1189.67 kg, 3702.67 kg/m y 12.67 mm, respectivamente, por lo que cumple totalmente con las especificaciones técnicas de la EG-2013 (MTC, 2013). Así mismo, a pesar que esta mezcla modificada presenta menor estabilidad que la mezcla convencional, tiene otras características rescatables como un menor peso unitario (2.27), menor gravedad específica (2.41) y mayor rigidez (3702.67 kg/m), por lo que se garantiza su posible uso en carreteras de la ciudad de Chota.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- La óptima mezcla asfáltica convencional elaborada con 6.10% de cemento asfáltico y la mezcla asfáltica elaborada con 1% de caucho reciclado triturado como remplazo del agregado fino; cumplen con los estándares de la EG-2013 (MTC, 2013), por lo que se deja a criterio del ejecutor el uso de uno u otro tipo de mezcla asfáltica para la construcción del pavimento asfáltico de calles y carreteras de la provincia de Chota, pero si se recomienda tomar en cuenta que la mezcla asfáltica elaborada con 6.10% de cemento asfáltica y modificada con la sustitución del agregado fino por caucho reciclado triturado tiene un aporte ambiental importante por el uso de caucho reciclado triturado proveniente de neumáticos fuera de uso, materiales cuya degradación tarda alrededor de 500 años según Castro (2015).
- Se sugiere a los investigadores, alumnos y docentes realizar más investigaciones que busquen modificar la mezcla asfáltica con adición de geo polímeros, con el fin de buscar nuevas mezclas que tengan mejores características técnicas y logren aportar al reciclaje de materiales residuales cuyo tiempo de degradación es prolongado, teniendo así no solo un fin técnico-social, sino también ambiental.
- Se recomienda tomar en cuenta, para elaborar la mezcla asfáltica modificada con la sustitución del agregado fino por caucho reciclado triturado, que este material granular debe tener una gradación similar al de la arena, a fin de que pueda sustituir a la misma sin problemas de adherencia. Así mismo, es primordial, utilizar los porcentajes o dosificaciones descritas en la presente investigación para obtener las características de las mezclas asfálticas óptimas, considerando que si se modifica la proporción se modificaron los resultados de las propiedades técnicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, L.A., y Carrera, E.T. (2017). *Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego].
- Aguilar, D. A. (2019). *Análisis de desempeño por humedad de una mezcla asfáltica convencional con gradación Marshall y Superpave*. [Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9093>
- Asociación Automotriz del Perú. (AAP, 2021). *Informe del sector automotor a febrero 2021*. Asociación Automotriz del Perú.
- ASPHALT INSTITUTE. (1992). *Construcción, Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Serie de Manuales N°22 (MS-22)*. Instituto Venezolano del Asfalto INVEAS.
- Bejarano, W. V. (2020). *Aplicación de pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú-2020. Revisión sistemática*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/24758>
- Cáceres, L. (2016). *Propuesta técnica – económica de mini planta recicladora de neumáticos en desuso para minimizar los gases contaminantes en la ciudad de Cajamarca, 2016*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
- Campaña, O., Galeas, S. y Guerrero, V. (2015). Obtención de asfalto modificado con polvo de caucho proveniente del reciclaje de neumáticos de automotores. *Revista Politécnica*, 36(3), 2-6. <https://afly.co/17n6>
- Candra, P. R., & Siswanto, H. (2019). Marshall Characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course Using Crumb Rubber Modified of Motorcycle Tire Waste As Additive. In *Materials Science Forum* (Vol. 961, pp. 57-61). Trans Tech Publications Ltd.
- Cárdenas, D. C. (2017). *Evaluación de la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas elaboradas con asfalto modificado con aceites lubricantes usados*. [Tesis de maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia].
- Casa Guzmán. (2021). *Caucho granulado 2 – 6 mm. – venta por sacos de 50 Kg*. [Internet]. <https://casaguzman.com.ec/shop/caucho-granulado-2-6-mm-venta-por-sacos-de-50-kg/>

- Castro, A. P. (2018). *Investigación sobre mezclas asfálticas en frío 100% recicladas con adición de residuos sólidos* [Tesis para optar por el título de Magister en Ingeniería Civil, Universidad del Norte].
- Castro, V.L. (2015). *Estudio de factibilidad de creación de una empresa recicladora de neumáticos desechados, para la producción de caucho modificador de asfalto, en la provincia del Guayas*. [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil].
- Castro, G. (2007). *Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos*. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.
- Chávarri, L. A., & Falen, J. A. (2020). *Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/651661>
- Cervera, C.A. (2016). *Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte].
- Eisa, M. S., Basiouny, M. E., & Youssef, A. M. (2018). Effect of using various waste materials as mineral filler on the properties of asphalt mix. *Innovative Infrastructure Solutions*, 3(1), 1-8.
- Fernandez, V. J. (2020). *Evaluación de las fallas estructurales del pavimento flexible de la avenida Francisco Vidal, Huacho*. [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
- Hasan, M., & Sugiarto, S. (2021). Determining the properties of semi-flexible pavement using waste tire rubber powder and natural zeolite. *Construction and Building Materials*, 266, 121199. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121199>
- Huang, Y., Bird, R. N., & Heidrich, O. (2007). A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements. *Resources, conservation and recycling*, 52(1), 58-73. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.02.002>
- Ibáñez, W.E. (2015). *Uso de polímeros en un nuevo diseño para mejorar las propiedades físico - mecánicas del asfalto: contribución para el tramo de la carretera Chilete – Cajamarca*. [Tesis de maestría en Ingeniería y Gerencia de la Construcción, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Issa, A. (2020). The impact of adding waste tire rubber on asphalt mix design. *Emerging Technologies and Sustainability Principles in Structural Engineering and Construction*

- INEI. (2019). *Perú anuario de estadísticas ambientales 2019*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Khurshid, M. B., Qureshi, N. A., Hussain, A., & Iqbal, M. J. (2019). Enhancement of hot mix asphalt (HMA) properties using waste polymers. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(10), 8239-8248.
- Li, H., Jiang, H., Zhang, W., Liu, P., Wang, S., Wang, F., ... & Yao, Z. (2018). Laboratory and field investigation of the feasibility of crumb rubber waste application to improve the flexibility of anti-rutting performance of asphalt pavement. *Materials*, 11(9), 1738. <https://doi.org/10.3390/ma11091738>
- Macedo, A.G. (2016). *Evaluación de compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo (C. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca - Hualgayoc de la carretera Chongoyape - Cochabamba – Cajamarca*. [Tesis de maestría en Transportes y Conservación Vial, Universidad Privada Antenor Orrego].
- Martín, Á. (2015). *Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Martinez, J. L., Bernal, K. E., & Rojas, A. G. (2018). *Estudio de mezclas asfálticas recicladas (reclaimed asphalt pavement) modificadas con diferentes porcentajes de WEO (Waste Engine Oil)*. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/6322>
- Mata, M. T. (2010). *Guía Básica para la conformación de bases y subbases para carreteras en el Salvador*. [Tesis de grado, Universidad del Salvador]
- McElvery, R. (2020). Is the Road to Sustainable Asphalt Paved with Tires?. *ACS Central Science*, 6(12), 2120-2122. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.0c01612>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Informes y publicaciones/ Transportes. Estadísticas de Infraestructura vial. Red Vial Existente y Proyectada del Sistema Nacional de Carreteras por jerarquía, según Departamento: 2018*. MTC. <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (MTC, 2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*. Lima – Perú.
- MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos*. Lima.
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima.

- Mohajerani, A., Burnett, L., Smith, J. V., Markovski, S., Rodwell, G., Rahman, M. T., & Maghool, F. (2020). Recycling waste rubber tyres in construction materials and associated environmental considerations: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104679. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104679>
- Municipalidad Provincial de Chota. (MPCH, 2018). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chota PDU-Chota*. MPCH.
- Muñoz Pérez, S. P., & Zevallos Calle, F. de M. Y. (2021). Los Factores influyentes en la resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles: Una revisión literaria. *Ciencia Nicolaita*, (81), 83-99. [online]. Recuperado a partir de <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/535>
- Navarrete, G. A. (2019). *Reutilización de residuos sólidos de elastómero y pavimento asfáltico envejecido y su impacto ambiental en Manabí-Ecuador*. [Tesis de Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Osuna, R.E. (2008). *Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán, Sin.* [Tesis de maestría en Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Padilla, A. (2004). *Capítulo 3. Mezclas asfálticas*. Universitat Politècnica de Catalunya Baccelonatech.
- Parra, M. C., & Gallo, J. C. (2018). *Evaluación del comportamiento del asfalto modificado con cenizas de cascarilla de arroz*. [Tesis de grado, Universidad de Ibagué].
- Pérez, J. (2006). *El plan gira; El problema de neumáticos fuera de uso*. ARPlrelieve, S.A.
- Putzmeister. (2021). ¿Es el árido de su mezcla de shotcrete el adecuado? ¡Averíguelo con la curva granulométrica! Putzmeister. <http://bestsupportunderground.com/curva-granulometrica-para-shotcrete/>
- Quispe, E. D., y Torres, D. A. (2020). *Diseño de mezcla asfáltica auto reparable mediante inducción de calor, para controlar fallas superficiales de tráfico pesado en vías metropolitanas de Lima*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/652833>
- Rahman, M. T., Mohajerani, A., & Giustozzi, F. (2020). Recycling of waste materials for asphalt concrete and bitumen: A review. *Materials*, 13(7), 1495. <https://doi.org/10.3390/ma13071495>

- Rodríguez, A.F. y Parache, A. (2016). *Guía básica para diseño, producción y colocación de mezclas asfálticas en caliente*. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. https://issuu.com/libraeldariel/docs/tesis_ing_final_web/9
- Rojas Cartolin, Z. (2013). *Estudio de cantera*. Universidad Peruana los Andes. <https://es.slideshare.net/zulemarojascartolin/cantera-27927127>
- Sánchez, M. & Guzmán, M. (2013). *Análisis de la eficiencia medioambiental del recauchutado de neumáticos*. Universitat Miguel Hernández. <https://afly.co/17k6>
- Segovia, E.C. y Paco, A. (2020). *Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto*. [Tesis de pregrado para optar por el grado académico de bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad Católica San Pablo].
- Servicio Nacional de meteorología e hidrología. (2021). Pronóstico del tiempo para Chota (Cajamarca). Senamhi. <https://n9.cl/vws7>
- Shu, X., & Huang, B. (2014). Recycling of waste tire rubber in asphalt and portland cement concrete: An overview. *Construction and Building Materials*, 67, 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.027>
- Siswanto, H., Supriyanto, B., Pranoto, Chandra, P. R., & Hakim, A. R. (2017). Marshall properties of asphalt concrete using crumb rubber modified of motorcycle tire waste. In *AIP Conference Proceedings*, 887(1), 020039. <https://doi.org/10.1063/1.5003522>
- Tirel, K. (2017). *Ingeniería de perfil de modernas plantas para reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU)*. [Tesis de grado, Universidad de Chile].
- Tueros, M. N. (2017). *Incorporación de polvo de caucho en mezcla asfáltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento en la Ciudad de Huancayo 2016*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes].
- UGT Castilla y León. (2019). *Oportunidades que pueden generarse en la industria automovilística de Castilla y León relacionadas con la fabricación de neumáticos*. Gabinete de Recolección Industrial de Valladolid.
- Urrego, E.C. y Ruiz, C.C. (2016). *Determinación de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de Peña y Río*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia].
- Uriarte-Miranda, M.L., Caballero-Morales, S.O., Martínez-Flores, J.L., Cano-Olivos, P., & Ajulova, A.A. (2018). Reverse Logistic Strategy for the Management of Tire

- Waste in Mexico and Russia: Review and Conceptual Model. *Sustainability*, 10(10), 2-25. <https://doi.org/10.3390/su10103398>
- Vargas, J., Moncayo, M., Córdova, J., Maza, C., Barzola, I., Velasco, G., Salcedo, I., Guzhñay, J., & Lucio, S. (2017). La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. *Ingeniería*, 21(1), 63-71. ISSN 2448-8364.
- Wang, Q.Z., Wang, N.N., Tseng, M.L., Huang, Y.M. y Li, N.L. (2020). Waste tire recycling assessment: Road application potential and carbon emissions reduction analysis of crumb rubber modified asphalt in China. *Journal of cleaner production*, 249(1), 119411. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119411>
- Xia, C., Lv, S., Cabrera, M. B., Wang, X., Zhang, C., & You, L. (2021). Unified characterizing fatigue performance of rubberized asphalt mixtures subjected to different loading modes. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123740. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123740>
- Yan, K., Chen, J., You, L., & Tian, S. (2020). Characteristics of compound asphalt modified by waste tire rubber (WTR) and ethylene vinyl acetate (EVA): Conventional, rheological, and microstructural properties. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120732. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120732>
- Yepes, V. (2014). *Maquinaria para la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas*. Apuntes de la Universitat Politècnica de València. Ref. 749. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/mezcla-asfaltica/>
- Yu, H., Zhu, Z., Leng, Z., Wu, C., Zhang, Z., Wang, D., & Oeser, M. (2020a). Effect of mixing sequence on asphalt mixtures containing waste tire rubber and warm mix surfactants. *Journal of Cleaner Production*, 246(1), 119008. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119008>
- Yu, H., Chen, Y., Wu, Q., Zhang, L., Zhang, Z., Zhang, J., ... & Oeser, M. (2020b). Decision support for selecting optimal method of recycling waste tire rubber into wax-based warm mix asphalt based on fuzzy comprehensive evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 265(1), 121781.
- Zanzotto, L., & Svec, O. (1996). *Utilization of Recycled Tire Rubber in Asphalt Pavements* (No. Research Report). <http://worldcat.org/isbn/1551871084>
- Zarei, M., Rahmani, Z., Zahedi, M., & Nasrollahi, M. (2020). Technical, economic, and environmental investigation of the effects of rubber powder additive on asphalt mixtures. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 146(1), 04019039.

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Tesista: Kelvin Jhoni Carranza Herrera

Tesis: Evaluación de una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos, Chota

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Técnicas	Metodología
¿Cuál es la caracterización de la mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos en la ciudad de Chota?	<p>Objetivo general Caracterizar una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos con la finalidad de verificar sus propiedades según el Manual de Carreteras “Especificaciones técnicas Generales para Construcción” EG-2013 (MTC, 2013) para garantizar su posible uso en carreteras de la ciudad de Chota.</p>	Las características de la mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos presenta diferencia significativa respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica convencional elaborada con agregados locales de la ciudad de Chota, en base a los estándares del Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” EG-2013 (MTC, 2013).	Variable independiente	Observación	Enfoque: Cuantitativo
	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verificar las características del agregado grueso de la cantera los Peroles, agregado fino de la cantera Conchán, arena zarandeada del río Doñaana y caucho triturado reciclado obtenido a partir de neumáticos fuera de uso, de la provincia de Chota. – Determinar las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con cemento asfáltico al 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% del peso de la mezcla, y agregados de la provincia de Chota. – Comparar la mezcla asfáltica 85/100 en caliente elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico, para determinar la dosificación óptima que cumple con los estándares del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2013). – Determinar las propiedades de la mezcla asfáltica 85/100 elaborada con la dosificación óptima de cemento asfáltico y agregados de la provincia de Chota, sustituyendo el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5%. – Comparar la mezcla asfáltica 85/100 en caliente elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado de neumáticos fuera de uso, para determinar la dosificación óptima que cumple con los estándares del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2013). 		Residuos de neumáticos	Tamizado	
			Variable dependiente Mezcla asfáltica	Análisis de laboratorio en agregados Análisis de laboratorio en la mezcla de asfalto Comparación	Diseño de investigación: Experimental por diseño de bloques completamente al azar

Anexo N° 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Recolección de agregado fino de la cantera Conchán



Fotografía 2. Recolección de grava triturada de la cantera Los Peroles



Fotografía 3. Ensayo de granulometría al agregado grueso



Fotografía 4. Ensayo de granulometría al agregado fino



Fotografía 5. Ensayo de peso específico agregado grueso



Fotografía 6. Ensayo de caras fracturadas



Fotografía 7. Peso de dosificación de mezcla



Fotografía 8. Preparación de agregados para elaboración de mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de cemento asfáltico



Fotografía 9. Cemento asfáltico para la elaboración de la mezcla



Fotografía 10. Control del cemento asfáltico



Fotografía 11. Elaboración de la mezcla asfáltica



Fotografía 12. Mezcla asfáltica en caliente



Fotografía 13. Muestras de mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de cemento asfáltico



Fotografía 14. Especímenes de mezcla asfáltica convencional en baño maría



Fotografía 15. Ensayo Marshall en la mezcla asfáltica convencional



Fotografía 16. Mezcla en porcentaje de los tres agregados y el caucho



Fotografía 17. Muestras de mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado



Fotografía 18. Peso unitario de la mezcla asfáltica



Fotografía 19. Especímenes de mezcla asfáltica experimental en baño maría



Fotografía 20. Ensayo Marshall en la mezcla asfáltica modificada



Anexo N° 3. Análisis de costos unitarios

1) Datos para el análisis de costos unitarios

1.1) Propiedades de los materiales utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica

Propiedades de los agregados

Propiedades de los agregados	Grava chancada "Los Peroles"	Arena "Conchán"	Arena del río "Doñaana"	EG-2013
Contenido de humedad (%)	0.50%	2.44%	2.74%	
Peso específico (kg/m ³)	1700	2100	710	
% con una o más caras fracturadas	99.81			Mín. 85%
% con dos o más caras fracturadas	88.57			Mín. 50%
Partículas Chatas y alargadas (%)	7.8			Máx. 10%
Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables	0.2	0.33	0.3	Máx. 1%
Equivalente de arena (%)		68.17	71.33	Mín. 60%
Límite líquido (%)		17.935	17.83	
Límite plástico		NP	NP	
Índice de plasticidad		NP	NP	NP

Densidad del cemento asfáltico= 1 gr/cm³= 1 kg/m³

1.2) Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de caucho reciclado

Datos del diseño dados por el laboratorio

Datos del diseño	Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica					
	0%	1%	2%	3%	4%	5%
Grava chancada <3/4"	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6
Arena	57.3	56.3	55.3	54.3	53.3	52.3
Cemento asfáltico	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Caucho	0	1	2	3	4	5

Cantidad de materiales en m³

Datos del diseño	Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica					
	0%	1%	2%	3%	4%	5%
Grava chancada <3/4"	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366
Arena	0.573	0.563	0.553	0.543	0.533	0.523
Cemento asfáltico	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
Caucho	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05

1.3) Costo por 1 m3 de caucho triturado

Rendimiento	m3/día	100.00		EQ	100.00
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	1.000	0.080	20.190	1.615
Peón	hh	5.000	0.400	14.910	5.964
					7.579
Servicios					
Recolección de caucho reciclado	m3		1.100	25.000	27.500
					27.500
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	7.579	0.379
Trituradora	hm	1.200	0.096	180.000	17.280
					17.659
				Costo unitario directo:	52.74

2) Análisis de costo unitario

Partida: Preparación mezcla asfáltica en caliente

2.1) Mezcla asfáltica con 0% de caucho

Rendimiento	m3/día	145.00		EQ	145.00
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	3.000	0.166	20.190	3.342
Peón	hh	6.000	0.331	14.910	4.936
					8.278
Materiales					
Filler	kg		18.000	1.000	18.000
Agregado grueso	m3		0.366	60.000	21.960
Agregado fino	m3		0.573	80.000	45.840
Caucho triturado	m3		0.000	52.738	0.000
Cemento asfáltico PEN 85/100	gln		16.000	8.000	128.000
Petróleo diésel N° 02	gln		4.550	12.580	57.239
					271.039
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	8.278	0.414
Cargador S/Llantas 160-195 HP 3.5 YD3	hm	1.000	0.055	180.000	9.931
Planta asfalto en caliente	hm	1.000	0.055	500.000	27.586
					37.931
				Costo unitario directo:	317.248

2.2) Mezcla asfáltica con 1% de caucho

Rendimiento	m3/día	145.00	EQ 145.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	3.000	0.166	20.190	3.342
Peón	hh	6.000	0.331	14.910	4.936
					8.278
Materiales					
Filler	kg		18.000	1.000	18.000
Agregado grueso	m3		0.366	60.000	21.960
Agregado fino	m3		0.563	80.000	45.040
Caucho triturado	m3		0.010	52.738	0.527
Cemento asfáltico PEN 85/100	gln		16.000	8.000	128.000
Petróleo diésel N° 02	gln		4.550	12.580	57.239
					270.766
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	8.278	0.414
Cargador S/Llantas 160-195 HP 3.5 YD3	hm	1.000	0.055	180.000	9.931
Planta asfalto en caliente	hm	1.000	0.055	500.000	27.586
					37.931
				Costo unitario directo:	316.975

2.3) Mezcla asfáltica con 2% de caucho

Rendimiento	m3/día	145.00	EQ 145.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	3.000	0.166	20.190	3.342
Peón	hh	6.000	0.331	14.910	4.936
					8.278
Materiales					
Filler	kg		18.000	1.000	18.000
Agregado grueso	m3		0.366	60.000	21.960
Agregado fino	m3		0.553	80.000	44.240
Caucho triturado	m3		0.020	52.738	1.055
Cemento asfáltico PEN 85/100	gln		16.000	8.000	128.000
Petróleo diésel N° 02	gln		4.550	12.580	57.239
					270.494
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	8.278	0.414
Cargador S/Llantas 160-195 HP 3.5 YD3	hm	1.000	0.055	180.000	9.931
Planta asfalto en caliente	hm	1.000	0.055	500.000	27.586
					37.931
				Costo unitario directo:	316.702

2.4) Mezcla asfáltica con 3% de caucho

Rendimiento	m3/día	145.00	EQ 145.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	3.000	0.166	20.190	3.342
Peón	hh	6.000	0.331	14.910	4.936
					8.278
Materiales					
Filler	kg		18.000	1.000	18.000
Agregado grueso	m3		0.366	60.000	21.960
Agregado fino	m3		0.543	80.000	43.440
Caucho triturado	m3		0.030	52.738	1.582
Cemento asfáltico PEN 85/100	gln		16.000	8.000	128.000
Petróleo diésel N° 02	gln		4.550	12.580	57.239
					270.221
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	8.278	0.414
Cargador S/Llantas 160-195 HP 3.5 YD3	hm	1.000	0.055	180.000	9.931
Planta asfalto en caliente	hm	1.000	0.055	500.000	27.586
					37.931
					Costo unitario directo: 316.430

2.5) Mezcla asfáltica con 4% de caucho

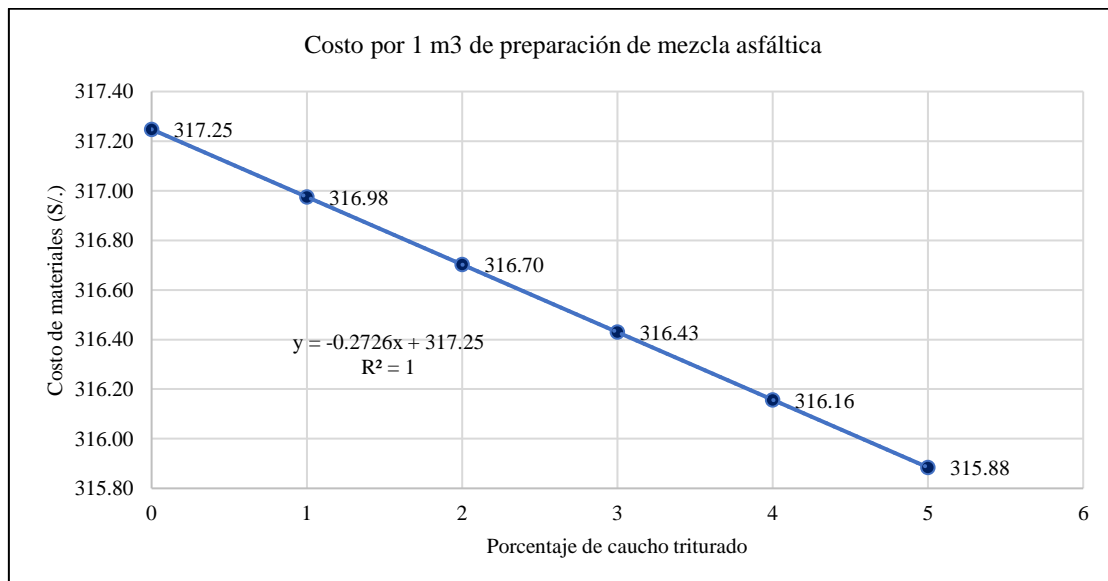
Rendimiento	m3/día	145.00	EQ 145.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	3.000	0.166	20.190	3.342
Peón	hh	6.000	0.331	14.910	4.936
					8.278
Materiales					
Filler	kg		18.000	1.000	18.000
Agregado grueso	m3		0.366	60.000	21.960
Agregado fino	m3		0.533	80.000	42.640
Caucho triturado	m3		0.040	52.738	2.110
Cemento asfáltico PEN 85/100	gln		16.000	8.000	128.000
Petróleo diésel N° 02	gln		4.550	12.580	57.239
					269.949
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	8.278	0.414
Cargador S/Llantas 160-195 HP 3.5 YD3	hm	1.000	0.055	180.000	9.931
Planta asfalto en caliente	hm	1.000	0.055	500.000	27.586
					37.931
					Costo unitario directo: 316.157

2.6) Mezcla asfáltica con 5% de caucho

Rendimiento	m3/día	145.00	EQ 145.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	3.000	0.166	20.190	3.342
Peón	hh	6.000	0.331	14.910	4.936
					8.278
Materiales					
Filler	kg		18.000	1.000	18.000
Agregado grueso	m3		0.366	60.000	21.960
Agregado fino	m3		0.523	80.000	41.840
Caucho triturado	m3		0.050	52.738	2.637
Cemento asfáltico PEN 85/100	gln		16.000	8.000	128.000
Petróleo diésel N° 02	gln		4.550	12.580	57.239
					269.676
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	8.278	0.414
Cargador S/Llantas 160-195 HP 3.5					
YD3	hm	1.000	0.055	180.000	9.931
Planta asfalto en caliente	hm	1.000	0.055	500.000	27.586
					37.931
					Costo unitario directo: 315.885

3) Resumen del análisis de costo unitario

Porcentaje de caucho triturado	Costo por 1 m3	Variación del costo
0	317.25	
1	316.98	0.27
2	316.70	0.55
3	316.43	0.82
4	316.16	1.09
5	315.88	1.36



Anexo N° 4. Fichas técnicas

CA 85/100

Cemento Asfáltico

1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

El cemento asfáltico (CA) proviene del residuo generado en el proceso de destilación del petróleo crudo. Sus propiedades físico-químicas lo convierten en un excelente material ligante para la fabricación de mezclas asfálticas, las que se componen de CA, agregado pétreo y eventualmente otros materiales, y que son utilizadas masivamente en obras de pavimentación.

El CA se caracteriza por su adherencia, impermeabilidad, flexibilidad, durabilidad, además de su alta resistencia a la mayoría de los ácidos, sales y álcalis.

2.- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

El cemento asfáltico (CA) se presenta como una masa negra, brillante y adhesiva. Es un material viscoelástico que a temperatura ambiente se comporta similar a un sólido. Su densidad es variable según su temperatura y origen, pero generalmente oscila entre los 0,94 gr/cm³ (a 150°C) y los 1,03 gr/cm³ (a 15°C). Para efectos prácticos puede considerarse igual a 1 gr/cm³.

El CA disminuye gradualmente su viscosidad a medida que aumenta su temperatura, hasta tener un comportamiento similar al de un líquido. Por esta razón debe manipularse a altas temperaturas durante la fabricación, colocación y compactación de mezclas asfálticas.

La relación entre viscosidad y temperatura de un CA depende de su origen y del proceso de destilación del petróleo desde el cual es obtenido, por lo que las temperaturas óptimas de trabajo pueden variar entre los CA de distintos orígenes aun si pertenecen a una misma clasificación.

3.- APLICACIONES

El **CA 85/100** actúa como ligante en las mezclas asfálticas en caliente, utilizadas habitualmente en la construcción de pavimentos de alto estándar que deben cumplir con un exigente nivel de servicio y una larga durabilidad. Por su alta penetración, este producto es ideal para ser utilizado en zonas con climas fríos.

Las dosis utilizadas para la confección de las mezclas asfálticas deben ser las previamente establecidas de acuerdo a un diseño de laboratorio especializado y dependerá de los materiales a utilizar, el tipo de mezcla, y tipo de capa asfáltica que se pretende colocar (base asfáltica, carpeta de rodadura, etc.).

Casa Matriz
Magdalena N° 265, Las Condes
Santiago - Chile
+56 227 084 910

Planta Viña del Mar
Calle Cinco N° 15 esq. Limache
Barrio Ind. El Salto, Viña del Mar - Chile
+56 227 084 930

Planta Talcahuano
Camino a Lengua N° 3341
Hualpén - Chile
+56 227 084 928

Para la colocación de las mezclas en caliente debe utilizarse en obra el equipamiento necesario, que incluye una terminadora de asfalto, rodillos lisos y neumáticos, operadores debidamente capacitados y personal de control.

Las temperaturas de mezclado y compactación utilizadas para la fabricación y colocación de la mezcla deben ser las informadas por QLSA en los certificados de análisis que se adjuntan con cada despacho, y deben ser revisadas constantemente por el productor y colocador de la mezcla ya que pueden existir variaciones entre distintas partidas.

4.- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

El **CA 85/100** puede mantenerse almacenado en frío o en caliente. Para poder bombearlo o descargarlo debe encontrarse a una temperatura de entre 120°C a 150°C, dependiendo de su viscosidad. Se debe manipular a la menor temperatura posible, ya que a altas temperaturas el CA sufre oxidación acelerada y pierde sus propiedades ligantes.

Se debe almacenar en estanques limpios y sin saldos de agua u otros líquidos, ya que esto genera riesgos de sobrepresión.

5.- RENDIMIENTOS

- En mezclas asfálticas en caliente tradicionales:
Entre 90 kg/m³ a 135 kg/m³ de mezcla compactada, dependiendo de la dosificación, los materiales utilizados y la capa asfáltica que corresponda.

NOTA: Las dosificaciones exactas deben ser determinadas por laboratorios especializados, para lo cual deberán contar con muestras de los materiales (agregados pétreos y CA 85/100). Las dosis óptimas dependerán principalmente de los materiales, tipo de mezcla y tipo de capa asfáltica que se requiere colocar (base asfáltica, capa de rodadura, etc.).

6.- FORMATOS DE ENTREGA

Se suministra a granel en camiones de 25 toneladas de capacidad.

7.- ESPECIFICACIONES

Casa Matriz
Magdalena N° 265, Las Condes
Santiago - Chile
+56 227 084 910

Planta Viña del Mar
Calle Cinco N° 15 esq. Limache
Barrio Ind. El Salto, Viña del Mar - Chile
+56 227 084 930

Planta Talcahuano
Camino a Lenga N° 3341
Hualpén - Chile
+56 227 084 928



A continuación se muestran las especificaciones que cumple el **cemento asfáltico CA 85/100**:

ENSAYE	CA - 24		MÉTODO
	mín	max	
Penetración, 25°C, 100 gr, 5 s (1/10 mm)	85	100	M.C. 8.302.3
Viscosidad absoluta a 60°C, 300 mm Hg (Poises)	Informar		M.C. 8.302.15
Viscosidad cinemática a 135°C (Poises)	Informar		NCh 2335-98
Penetración, 25°C, 100 gr, 5 s (1/10 mm)	85	100	M.C. 8.302.3
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min (cm)	100		M.C. 8.302.8
Ensaye de la Mancha (% xilol)		30	M.C. 8.302.7
Solubilidad en tricloroetileno (%)	99		M.C. 8.302.11
Punto de Inflamación, °C	232		M.C. 8.302.9
Punto de Ablandamiento	Informar		M.C. 8.302.16
Índice de Penetración	-1,0	+ 1,0	M.C. 8.302.18
Ensayes después de Película Delgada Rotatoria (RTOF):			
Pérdida por calentamiento (%)		1,0	M.C. 8.302.33
Penetración de residuo, 25°C, 100 gr, 5 s (% de original)	50		
Viscosidad absoluta a 60°C, 300 mm Hg (Poises)	Informar		M.C. 8.302.33
Ductilidad, 25°C cm/min (cm)	100		M.C. 8.302.33
Índice de Durabilidad		4	M.C. 8.302.33

Para asesoría técnica más detallada escriba a sopORTE-tecnico@qlsa.cl

Casa Matriz
Magdalena N° 265, Las Condes
Santiago - Chile
+56 227 084 910

Planta Viña del Mar
Calle Cinco N° 15 esq. Limache
Barrio Ind. El Salto, Viña del Mar - Chile
+56 227 084 930

Planta Talcahuano
Camino a Lenga N° 3341
Hualpén - Chile
+56 227 084 928



Casa Guzmán
Recubrimientos para Pisos y Techos



CAUCHO GRANULADO

USO:

Losetas, rellenos de campos de césped, rellenos de obra civil, mezclas con caucho, hipódromos

APLICACIÓN:

Exterior

COLOR:

Negro

DIMENSIONES:

50 cm x 50 cm
1 cm de alto.

GARANTÍA:

1 año.

CARACTERÍSTICAS:

- Insoluble en agua
- Viene en sacos de 50 Kg.
- No explosivos
- No tóxicos oralmente
- No susceptibles a emitir gases tóxicos excepto en presencia de llama directa.



Anexo N° 5. Análisis estadístico

Análisis estadístico de la mezcla asfáltica convencional elaborada con diferentes porcentajes de cemento asfáltico y experimental elaborada con diferentes porcentajes de caucho reciclado triturado

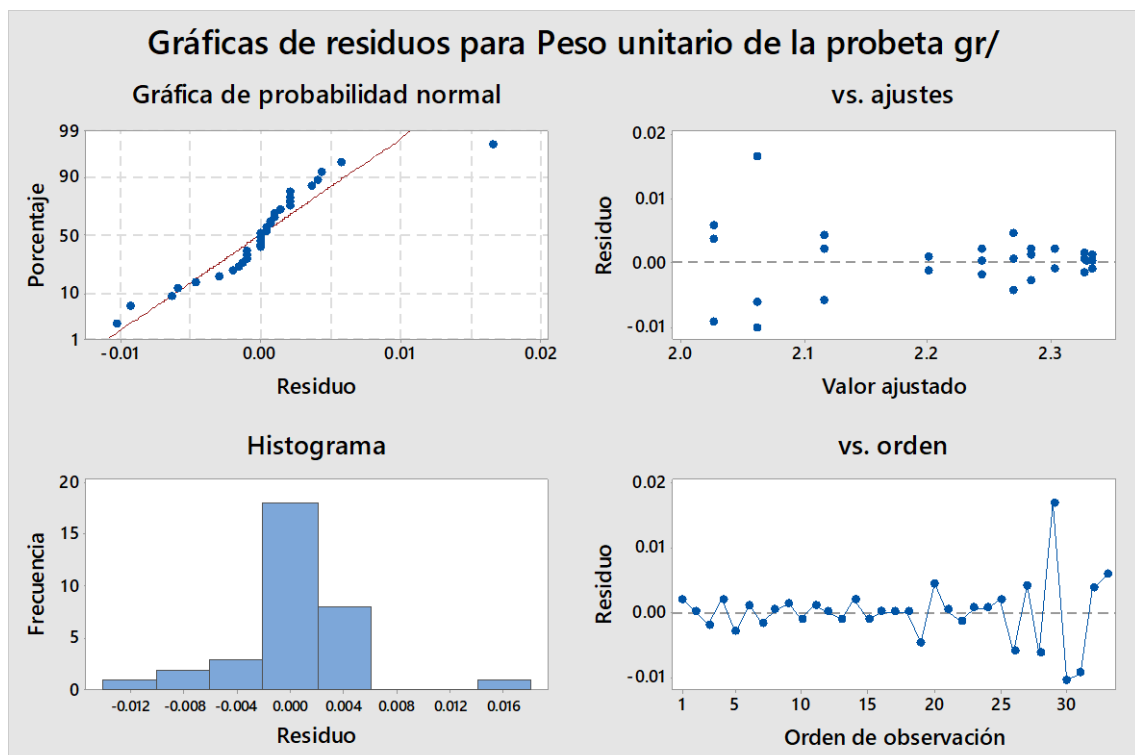
Modelo lineal general: Peso unitario de la probeta de la mezcla asfáltica

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	5	0.215938	0.043188	1374.34	0.000
C.A. en peso de la mezcla (%)	5	0.018473	0.003695	117.57	0.000
Error	22	0.000691	0.000031		
Total	32	0.374609			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0056057	99.82%	99.73%	99.58%



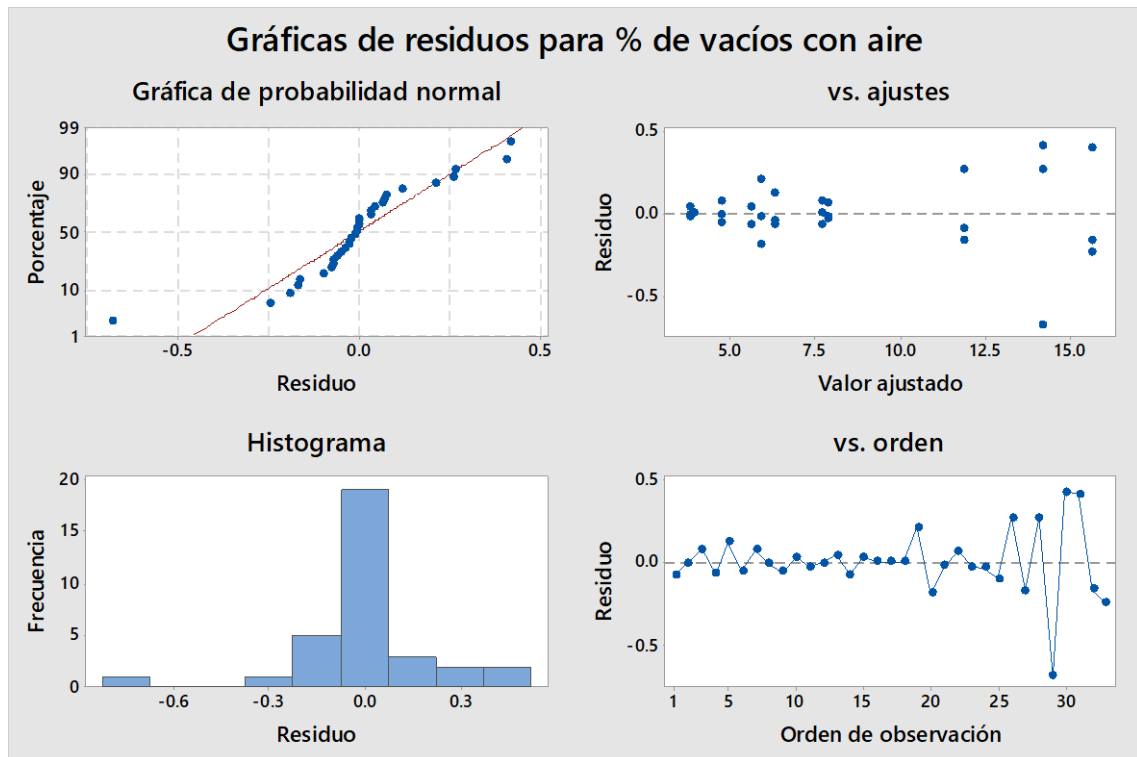
Modelo lineal general: % de vacíos con aire de la mezcla asfáltica

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	5	332.704	66.5407	1211.37	0.000
C.A. en peso de la mezcla (%)	5	33.360	6.6721	121.46	0.000
Error	22	1.208	0.0549		
Total	32	509.269			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.234372	99.76%	99.65%	99.47%



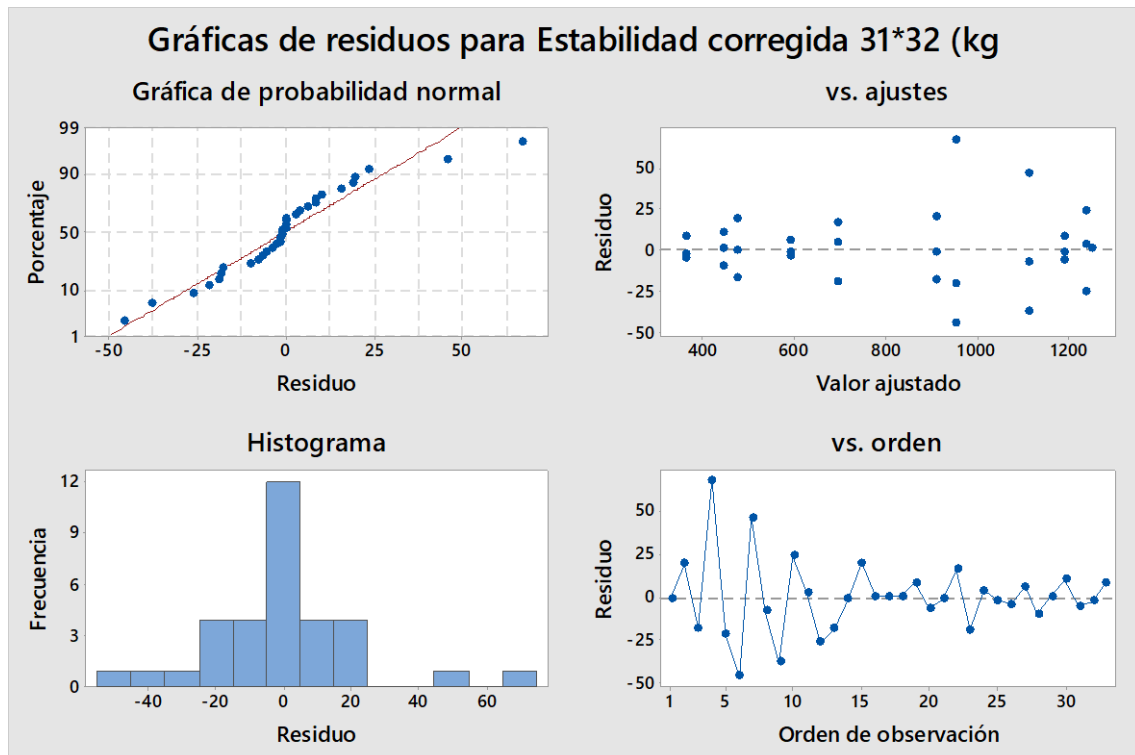
Modelo lineal general: Estabilidad corregida 31*32 (kg) de la mezcla asfáltica

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	5	2146686	429337	651.50	0.000
C.A. en peso de la mezcla (%)	5	1254999	251000	380.88	0.000
Error	22	14498	659		
Total	32	3446795			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
25.6710	99.58%	99.39%	99.05%



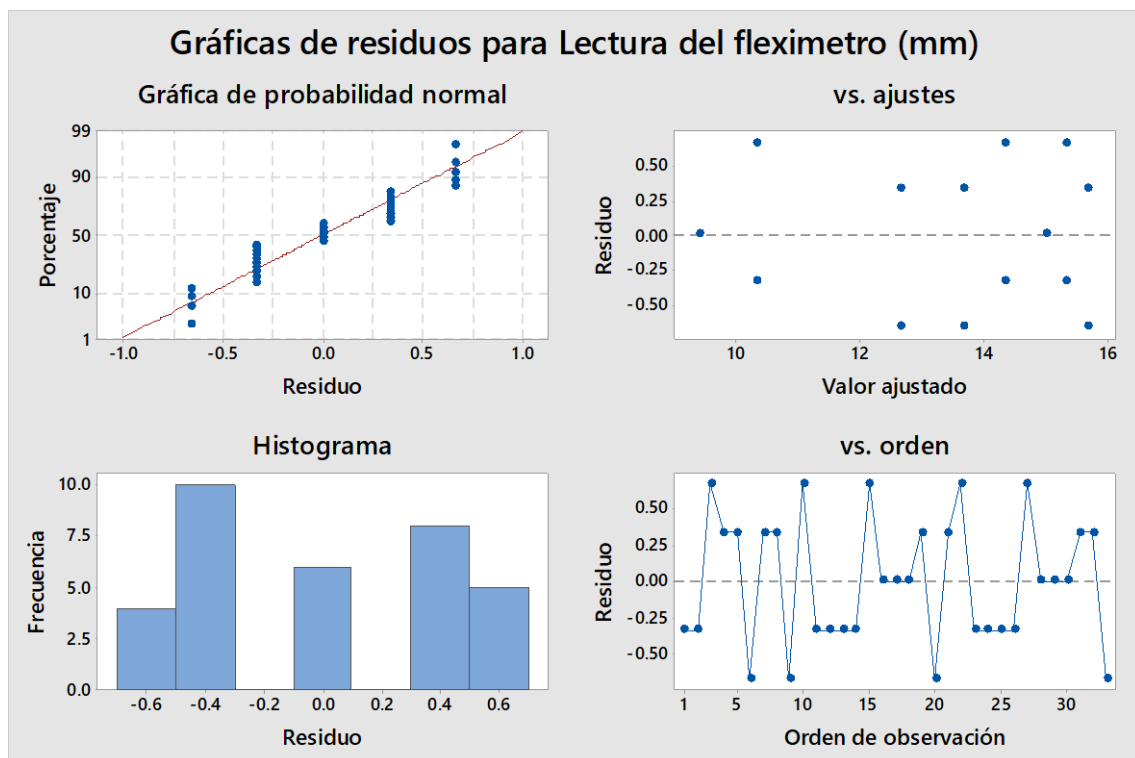
Modelo lineal general: Lectura del fleximetro (mm) de la mezcla asfáltica

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	5	84.585	16.9171	62.03	0.000
C.A. en peso de la mezcla (%)	5	81.016	16.2033	59.41	0.000
Error	22	6.000	0.2727		
Total	32	135.965			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.522233	95.59%	93.58%	90.07%



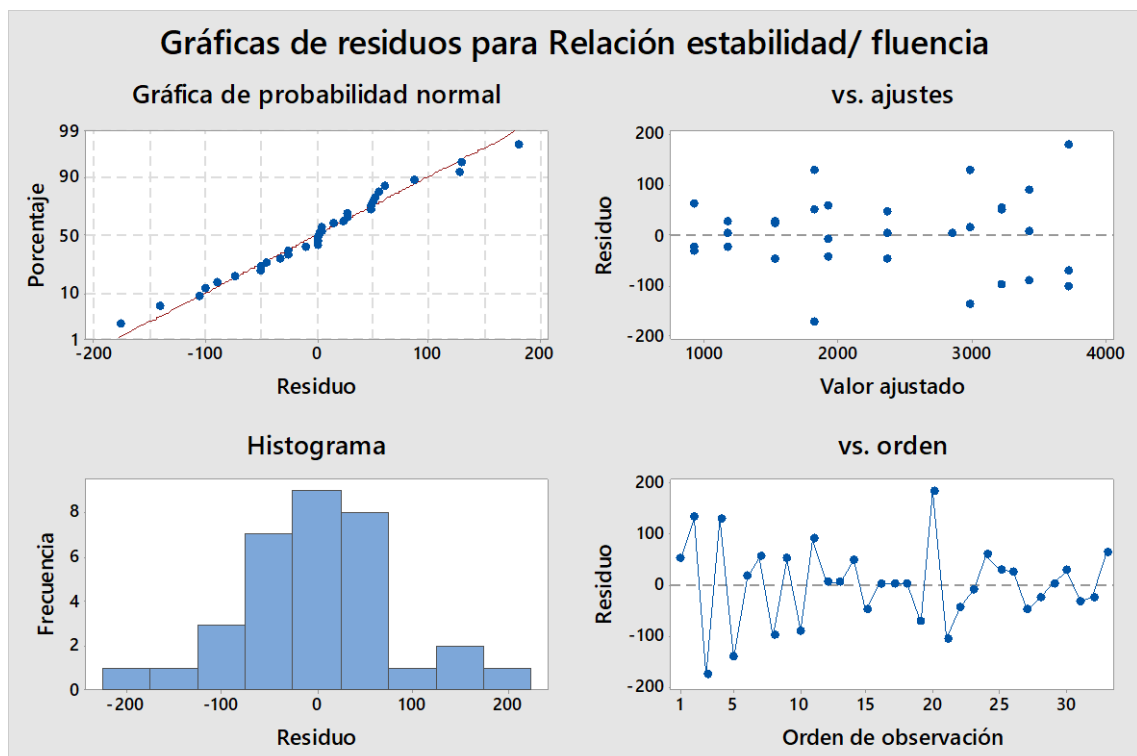
Modelo lineal general: Relación estabilidad/ fluencia de la mezcla asfáltica

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	5	17134760	3426952	400.34	0.000
C.A. en peso de la mezcla (%)	5	5202253	1040451	121.55	0.000
Error	22	188323	8560		
Total	32	26978774			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
92.5211	99.30%	98.98%	98.43%



Análisis estadístico de la mezcla asfáltica convencional elaborada con 6.1% de cemento asfáltico y experimental elaborada con 1% de caucho reciclado triturado, respecto a los estándares de la EG-2013

Modelo de efectos mixtos: Peso unitario de la probeta de la mezcla óptima convencional y experimental

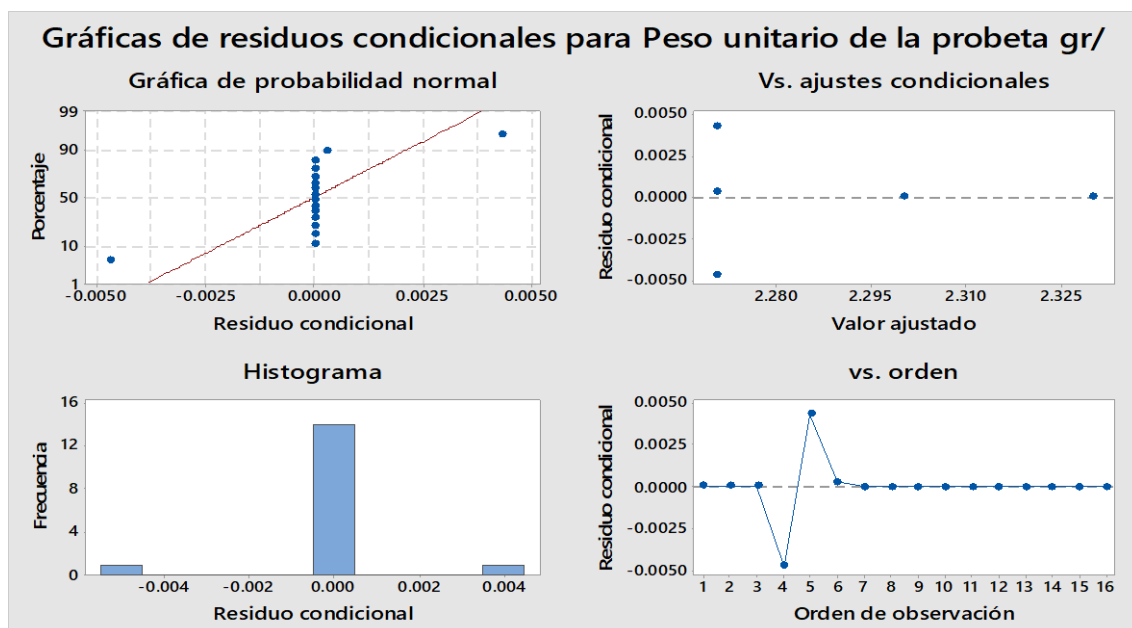
Componentes de la varianza

Fuente	Var	% del total	EE de la var.	Valor Z	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	0.000879	99.65%	0.000880	0.998845	0.159
Error	0.000003	0.35%	0.000001	2.549389	0.005
Total	0.000882				

$-2 \log likelihood = -130.680565$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.0017687	99.24%	99.24%



Modelo de efectos mixtos: % de vacíos con aire de la mezcla óptima convencional y experimental

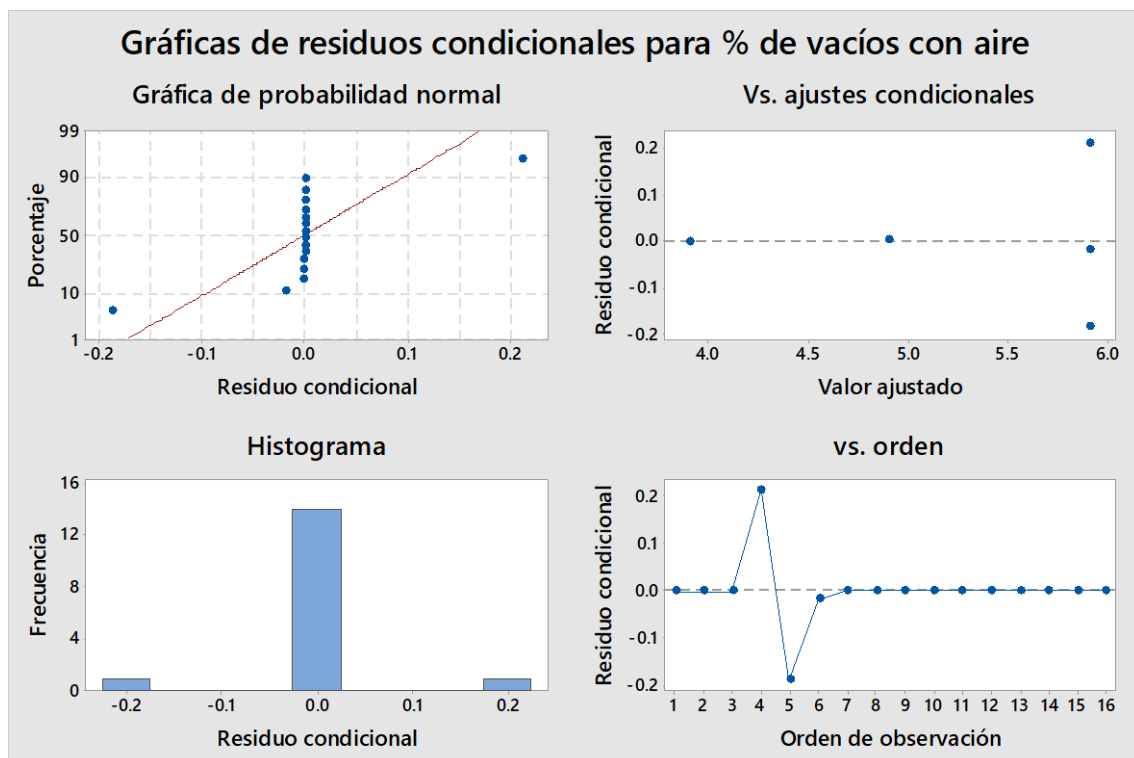
Componentes de la varianza

Fuente	Var	% del total	EE de la var.	Valor Z	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	1.007475	99.39%	1.009543	0.997952	0.159
Error	0.006200	0.61%	0.002432	2.549322	0.005
Total	1.013676				

$-2 \log likelihood = -17.896105$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.0787430	98.69%	98.69%



Modelo de efectos mixtos: Estabilidad corregida de la mezcla óptima convencional y experimental

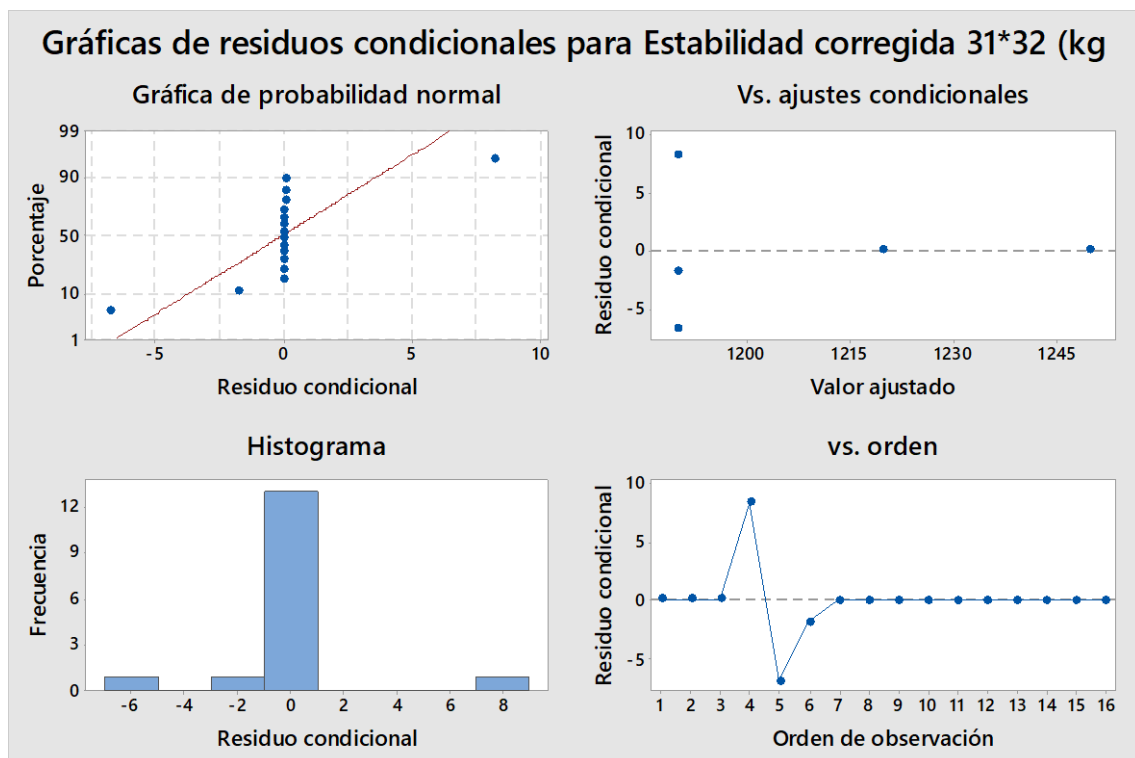
Componentes de la varianza

Fuente	Var	% del		Valor Z	Valor p
		total	EE de la var.		
Porcentaje de caucho reciclado	906.336809	99.02%	909.330306	0.996708	0.159
Error	8.975421	0.98%	3.520867	2.549208	0.005
Total	915.312229				

$-2 \log likelihood = 90.318822$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
2.99590	97.91%	97.91%



Modelo de efectos mixtos: Lectura del fleximetro (mm) de la mezcla óptima convencional y experimental

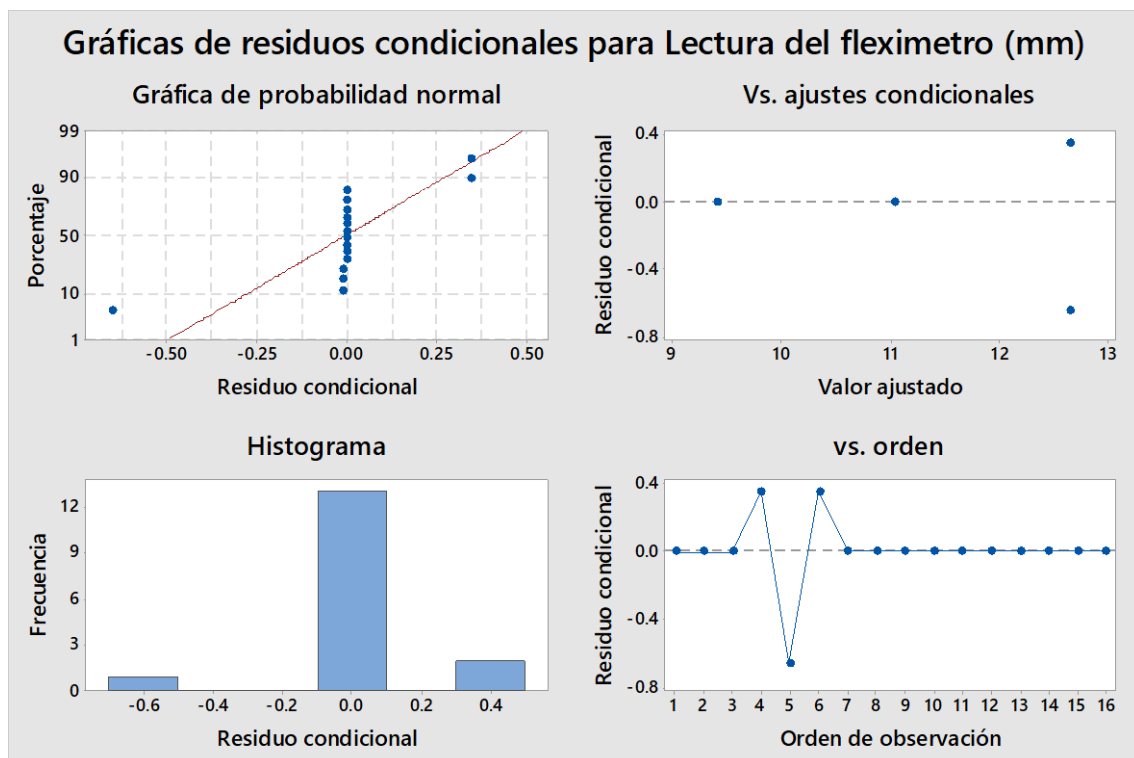
Componentes de la varianza

Fuente	Var	% del total	EE de la var.	Valor Z	Valor p
Porcentaje de caucho reciclado	2.649946	98.10%	2.667062	0.993582	0.160
Error	0.051294	1.90%	0.020124	2.548920	0.005
Total	2.701240				

$-2 \log likelihood = 11.513136$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.226482	96.00%	96.00%



Modelo de efectos mixtos: Relación estabilidad/ fluencia de la mezcla óptima

convencional y experimental

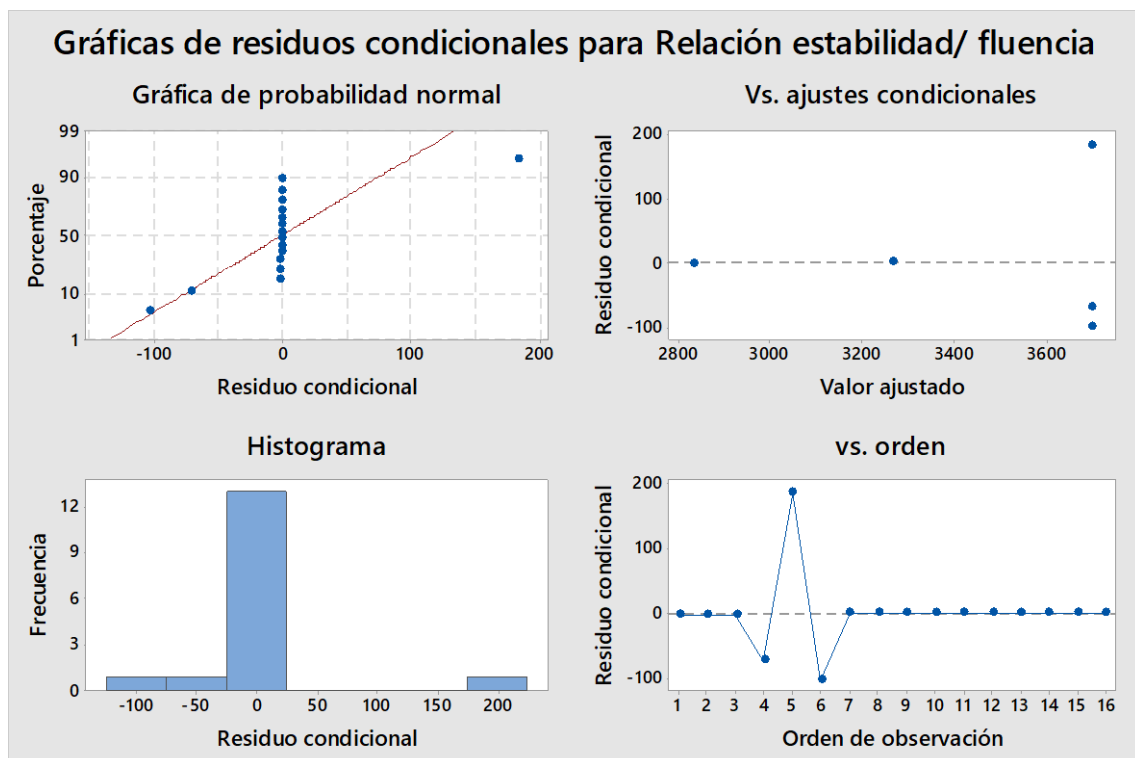
Componentes de la varianza

Fuente	Var	% del		Valor Z	Valor p
		total	EE de la var.		
Porcentaje de caucho reciclado	1.88392E+05	98.03%	1.89656E+05	0.993331	0.160
Error	3790.191237	1.97%	1486.992890	2.548897	0.005
Total	1.92182E+05				

$-2 \log \text{likelihood} = 179.591621$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
61.5645	95.85%	95.85%



Anexo N° 6. Ensayos a los agregados



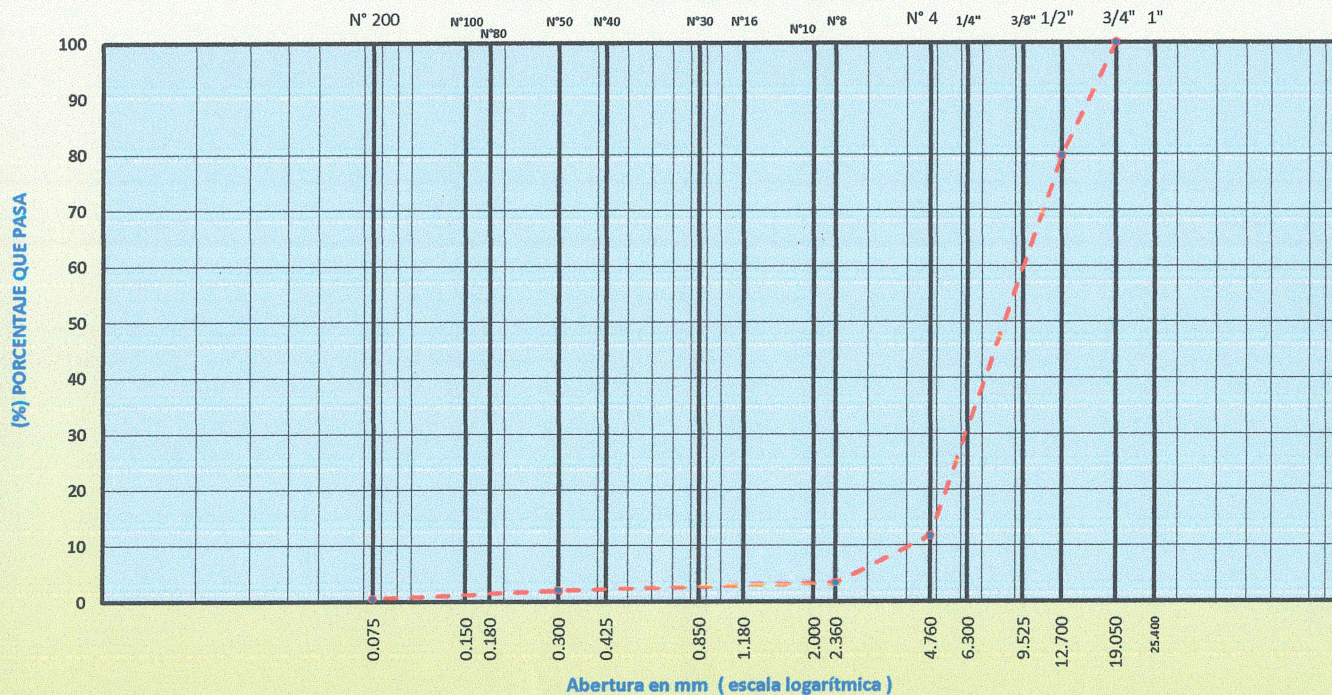
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANtera : LOS PEROLES UBICACIÓN : - GRADACION : MAC	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400				100.0	Tamaño Maximo : < 3/4"
3/4"	19.050				79.7	Cantera : CHOTA
1/2"	12.700	1464.0	20.26	20.3	11.7	Material : PIEDRA TRITURAD < 3/4"
3/8"	9.525				3.4	Muestra :
1/4"	6.300					P. Material Humed : 7268.0 grs
N° 4	4.760	4913.0	68.0	88.3		P. Material Seco : 7226.0 grs
N° 8	2.360	601.0	8.32	96.6		
N° 10	2.000					
N° 16	1.180					Modulo de Finez :
N° 30	0.850					
N° 40	0.425					Humedad Natural : 0.58 %
N° 50	0.300	97.0	1.34	97.9	2.1	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	111.0	1.5	99.4	0.6	
< 200	-	40.0	0.6	100		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

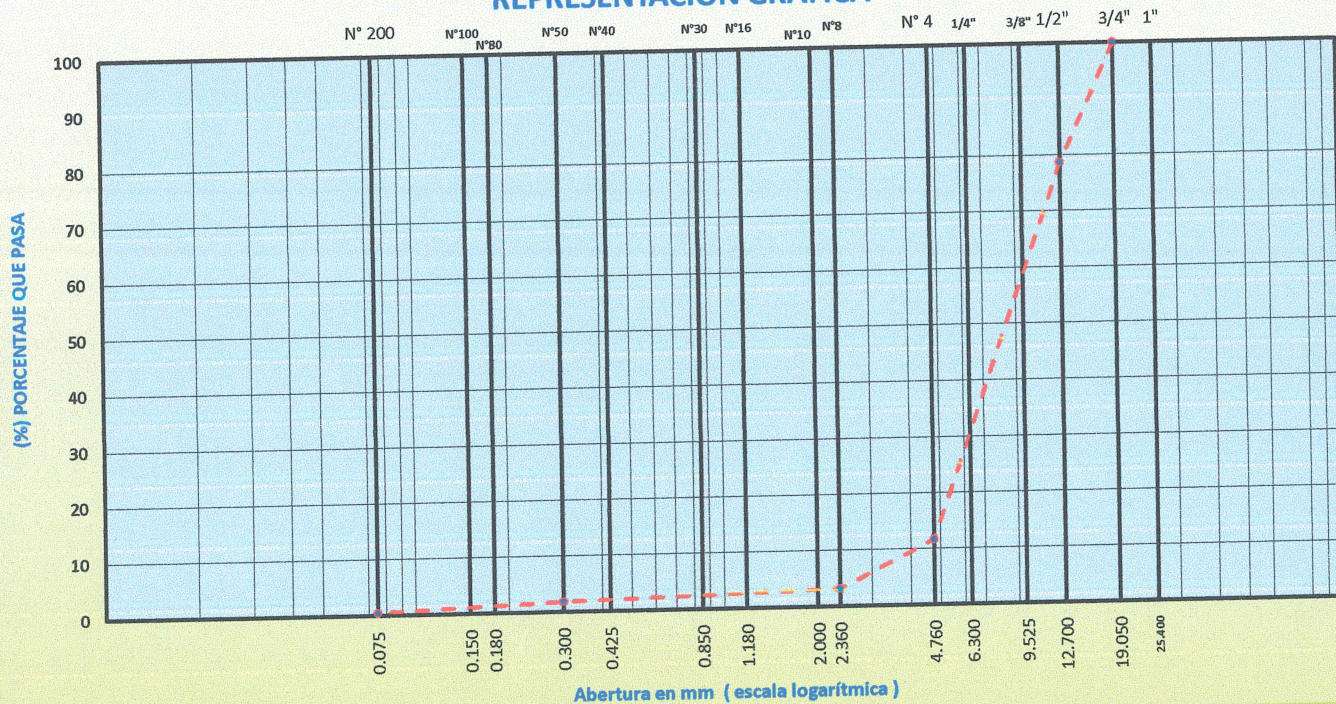
OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : LOS PEROLES
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC

HECHO POR : G.R.R
ING. RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400				100.0	Tamaño Maximo : < 3/4"
3/4"	19.050				78.7	Cantera : CHOTA
1/2"	12.700	1564.0	21.3	21.3		Material : PIEDRA TRITURAD < 3/4"
3/8"	9.525					Muestra :
1/4"	6.300				11.7	P. Material Humed : 7378.0 grs
N° 4	4.760	4923.0	67.0	88.3	3.2	P. Material Seco : 7345.0 grs
N° 8	2.360	621.0	8.5	96.8		
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 0.45 %
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	102.0	1.4	98.2	1.8	Observacion :
N° 80	0.180					
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	101.0	1.4	99.5	0.5	
< 200	-	34.0	0.5	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin / Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAUDIO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



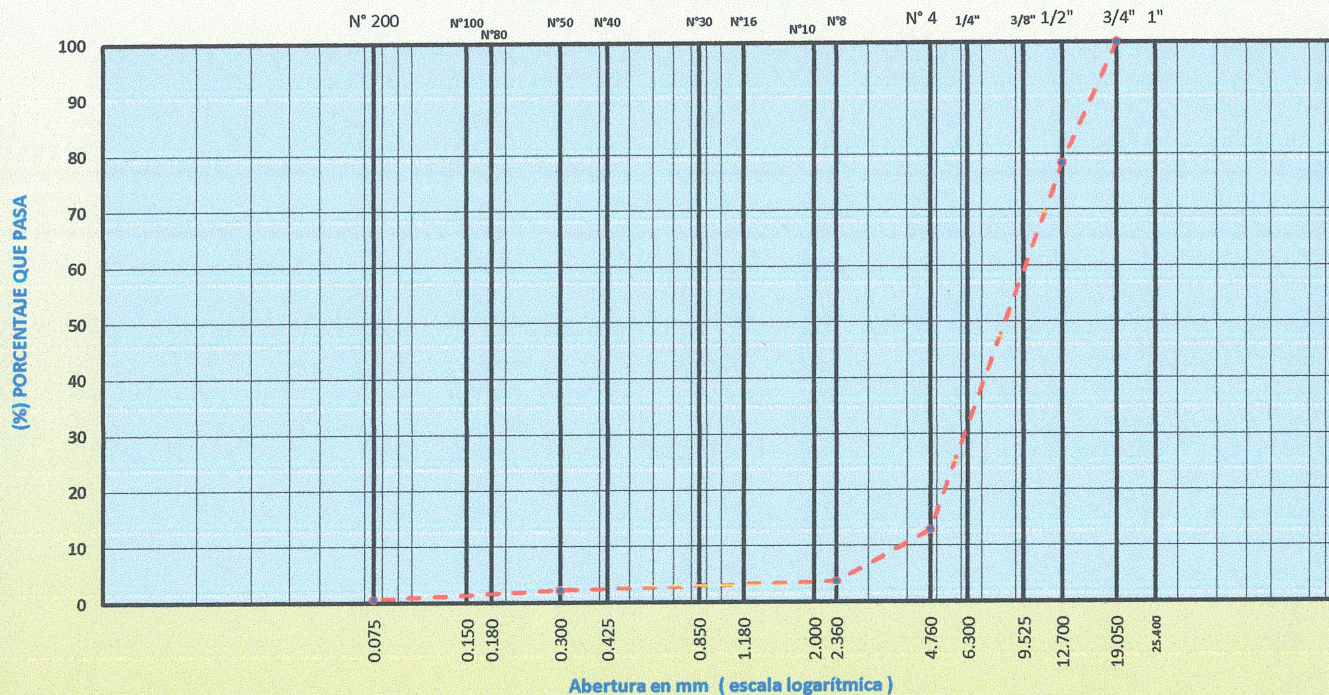
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANtera : LOS PEROLES UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400				100.00	Tamaño Maximo : < 3/4"
3/4"	19.050				78.4	Cantera : CHOTA
1/2"	12.700	1678.0	21.6	21.6	12.9	Material : PIEDRA TRITURAD < 3/4"
3/8"	9.525				3.7	Muestra : M-3
1/4"	6.300					P. Material Humed : 7798.0 grs
N° 4	4.760	5090.0	65.5	87.1		P. Material Seco : 7767.0 grs
N° 8	2.360	712.0	9.2	96.3		
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 0.40 %
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	109.0	1.40	97.7	2.3	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	130.0	1.7	99.4	0.6	
< 200	-	48.0	0.6	100		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 LABORANTISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

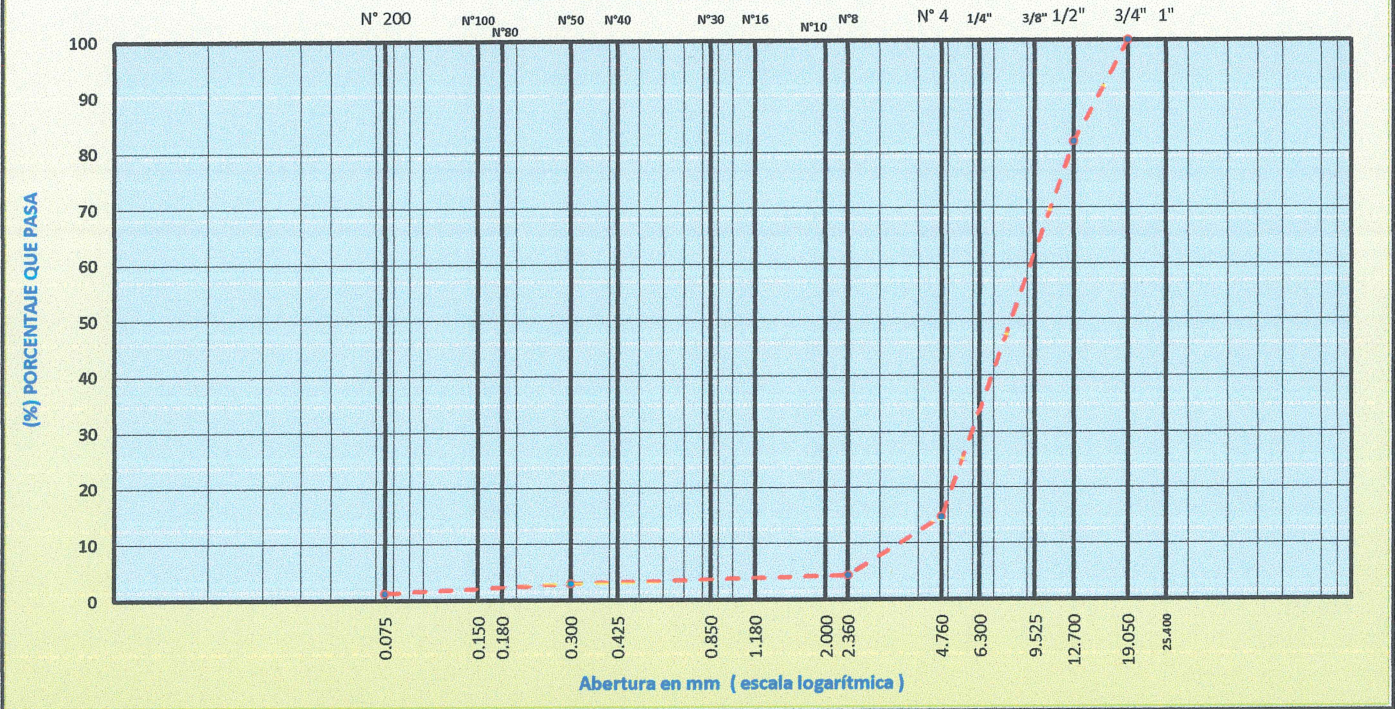
OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : LOS PEROLES
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

HECHO POR : G.R.R
ING. RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20

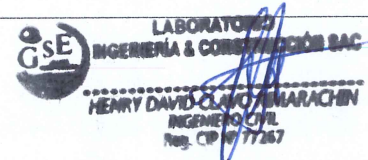
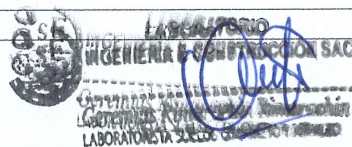
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400				100.00	Tamaño Maximo : < 3/4"
3/4"	19.050				81.9	Cantera : CHOTA
1/2"	12.700	1323.0	18.1	18.1	14.8	Material : PIEDRA TRITURAD < 3/4"
3/8"	9.525				4.4	Muestra : M-4
1/4"	6.300					P. Material Humed : 7333.0 grs
N° 4	4.760	4890.0	67.1	85.2		P. Material Seco : 7290.0 grs
N° 8	2.360	756.0	10.4	95.6		
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 0.59 %
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	102.0	1.4	97.0	3.0	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	121.0	1.7	98.7	1.3	
< 200	-	98.0	1.3	100		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

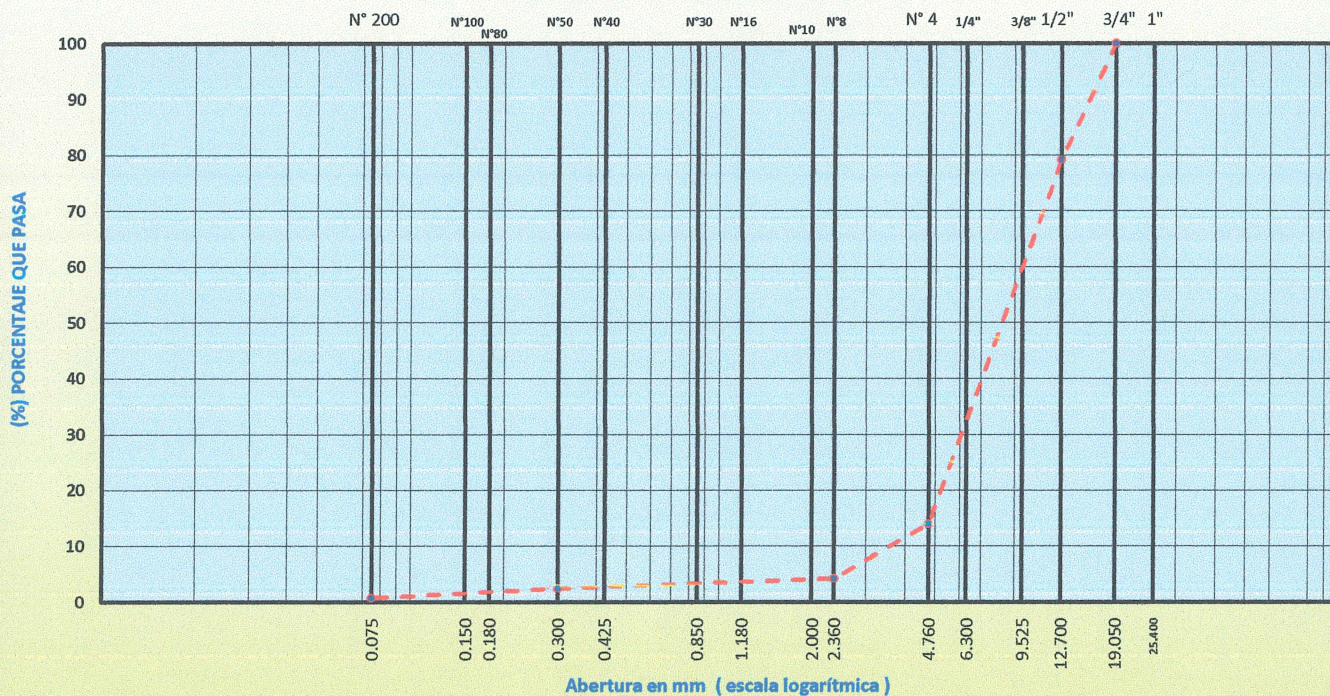
OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : LOS PEROLES
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

HECHO POR : G.R.R
ING. RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400				100.00	Tamaño Maximo : <3/4"
3/4"	19.050					Cantera : CHOTA
1/2"	12.700	1456.0	20.8	20.8	79.2	Material : PIEDRA TRITURAD < 3/4"
3/8"	9.525					Muestra : M-5
1/4"	6.300					P. Material Humed : 7024.0 grs
N° 4	4.760	4555.0	65.1	85.9	14.1	P. Material Seco : 6996.0 grs
N° 8	2.360	687.0	9.8	95.7	4.3	
N° 10	2.000					
N° 16	1.180					Modulo de Finez :
N° 30	0.850					
N° 40	0.425					Humedad Natural : 0.40 %
N° 50	0.300	121.0	1.7	97.5	2.5	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	121.0	1.7	99.2	0.8	
< 200	-	56.0	0.8	100		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ARENA ZARANDEADA DE CONCHAN

**DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N^º 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : CONCHAN
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

HECHO POR: G.R.R
ING. RESPONSABLE: G.R.R
FECHA: 15-09-20

CUADRO DE RESUMEN - ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA FINA % QUE PASA

TAMIZ ASTM	Abertura mm	GRANULOMET. M-1	GRANULOMET. M-2	GRANULOMET. M-3	GRANULOMET. M-4	GRANULOM ET. M-5	PROMEDIO	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100	
1/4"	6.300							
Nº 4	4.760	99.3	99.3	99.0	99.1	98.8	99.1	
Nº 8	2.360	95.9	96.3	95.6	94.9	93.5	95.2	
Nº 10	2.000							
Nº 16	1.180							
Nº 30	0.850							
Nº 40	0.425							
Nº 50	0.300	44.6	44.3	44.3	44.2	41.8	43.8	
Nº 80	0.180							
Nº 100	0.150							
Nº 200	0.075	5.0	5.9	5.8	5.8	6.6	5.8	
< 200	-							

OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimacachi Rimacachi
 LABORATORISTA SUBS. CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David Clivio Nimaachin
 INGENIERO ENL.
 Reg. CIP Nº 77267



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

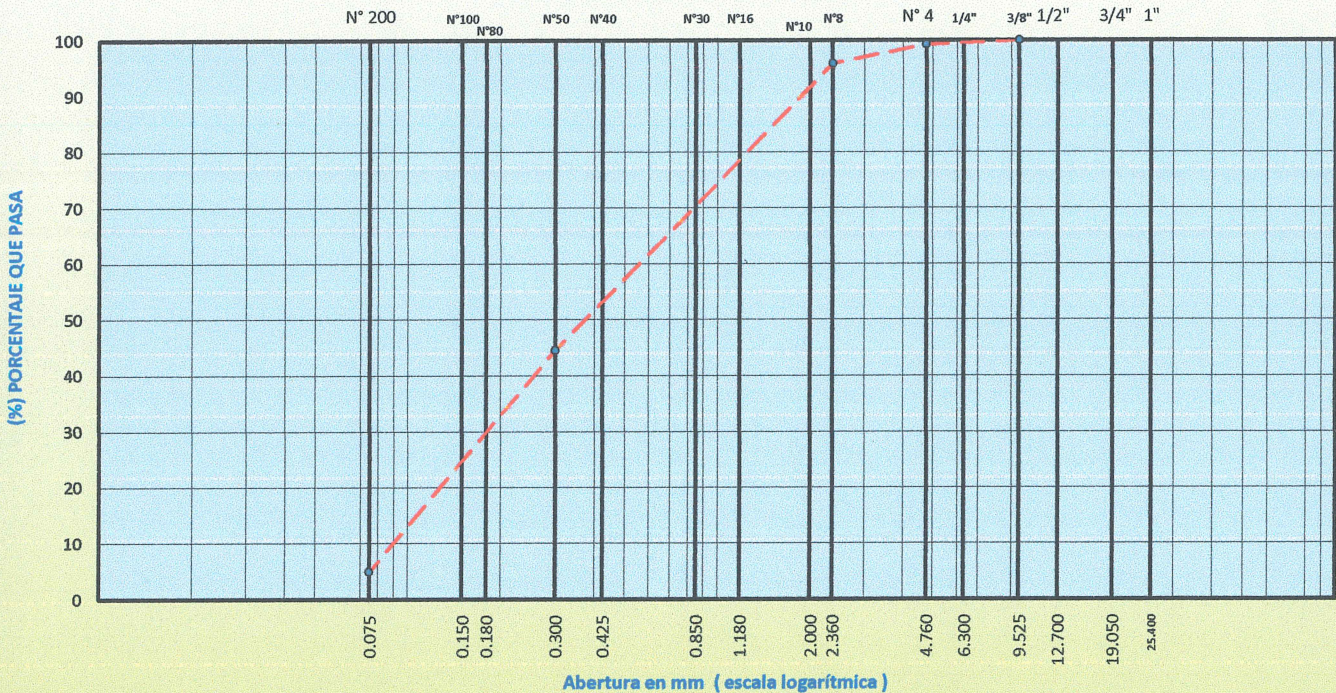
OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : CONCHAN
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

HECHO POR : G.R.R
ING. RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : CONCHAN
1/2"	12.700					Material : ARENA FINA <3/8"
3/8"	9.525				100.0	Muestra : M-1
1/4"	6.300					P. Material Humed : 1032.0 grs
N° 4	4.760	7.0	0.7	0.7	99.3	P. Material Seco : 1000.0 grs
N° 8	2.360	34.0	3.4	4.1	95.9	
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 3.20 %
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	513.0	51.3	55.4	44.6	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	396.0	39.6	95.0	5.0	
< 200	-	50.0	5.0	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

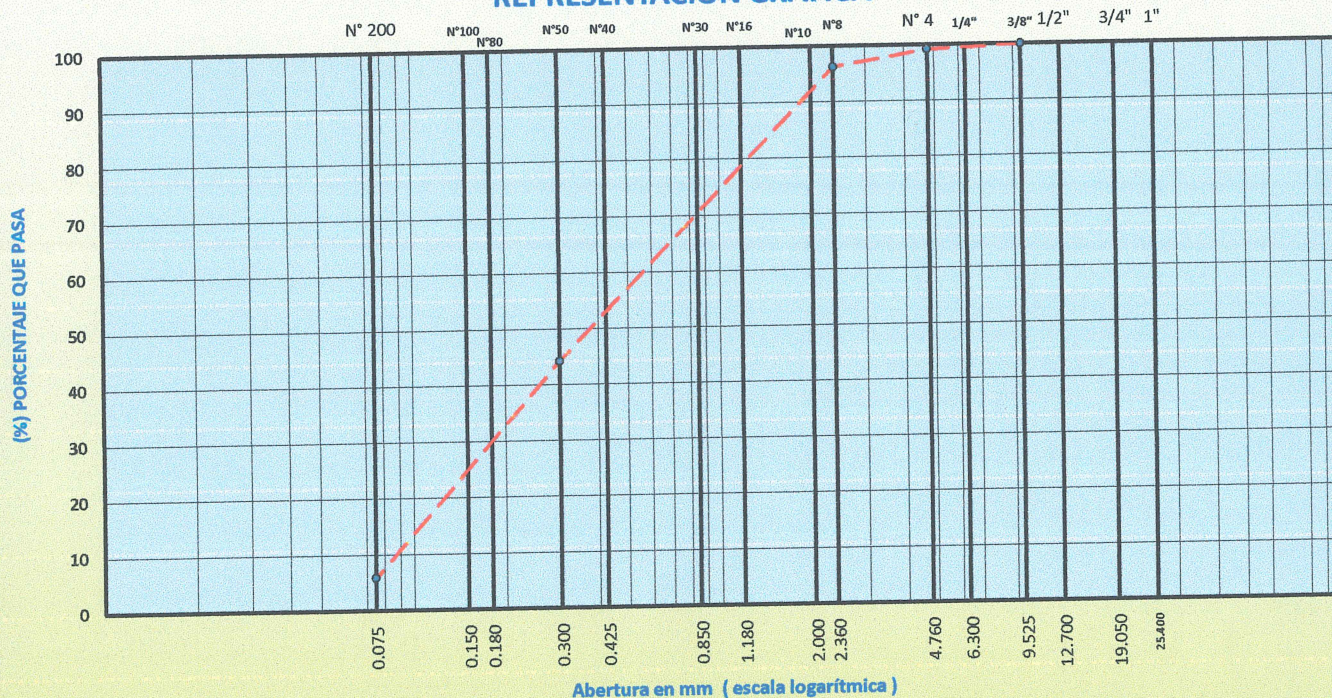
OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : CONCHAN
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

HECHO POR : G.R.R
ING. RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : CONCHAN
1/2"	12.700					Material : ARENA FINA <3/8"
3/8"	9.525				100.0	Muestra : M-2
1/4"	6.300					P. Material Humed : 1330.6 grs
N° 4	4.760	9.7	0.7	0.7	99.3	P. Material Seco : 1299.0 grs
N° 8	2.360	38.9	3.0	3.7	96.3	
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 2.43 %
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	675.0	52.0	55.7	44.3	Observacion :
N° 80	0.180					
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	499.0	38.4	94.1	5.9	
< 200	-	76.0	5.9	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:



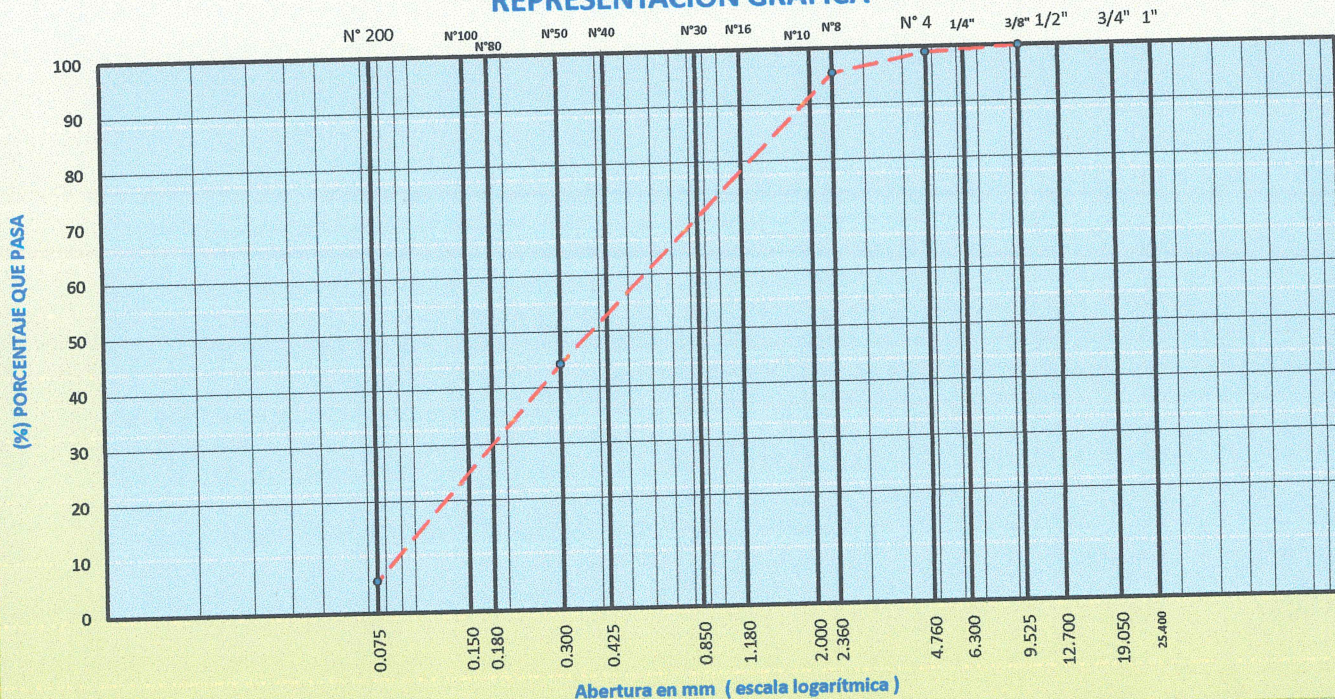
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" **HECHO POR :** G.R.R
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA **ING. RESPONSABLE :** H.C.R
UBICACIÓN : CHOTA **FECHA :** 15-09-20
CANTERA : CONCHAN
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : CONCHAN
1/2"	12.700				100.0	Material : ARENA FINA <3/8"
3/8"	9.525					Muestra : M-3
1/4"	6.300					P. Material Humed : 1334.0 grs
Nº 4	4.760	12.5	1.0	1.0	99.0	P. Material Seco : 1300.0 grs
Nº 8	2.360	45.0	3.5	4.4	95.6	
Nº 10	2.000					Modulo de Finez :
Nº 16	1.180					Humedad Natural : 2.62 %
Nº 30	0.850					Observacion :
Nº 40	0.425					
Nº 50	0.300	667.0	51.3	55.7	44.3	
Nº 80	0.180					
Nº 100	0.150					
Nº 200	0.075	500.0	38.5	94.2	5.8	
< 200	-	76.0	5.8	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Claudio Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 77267



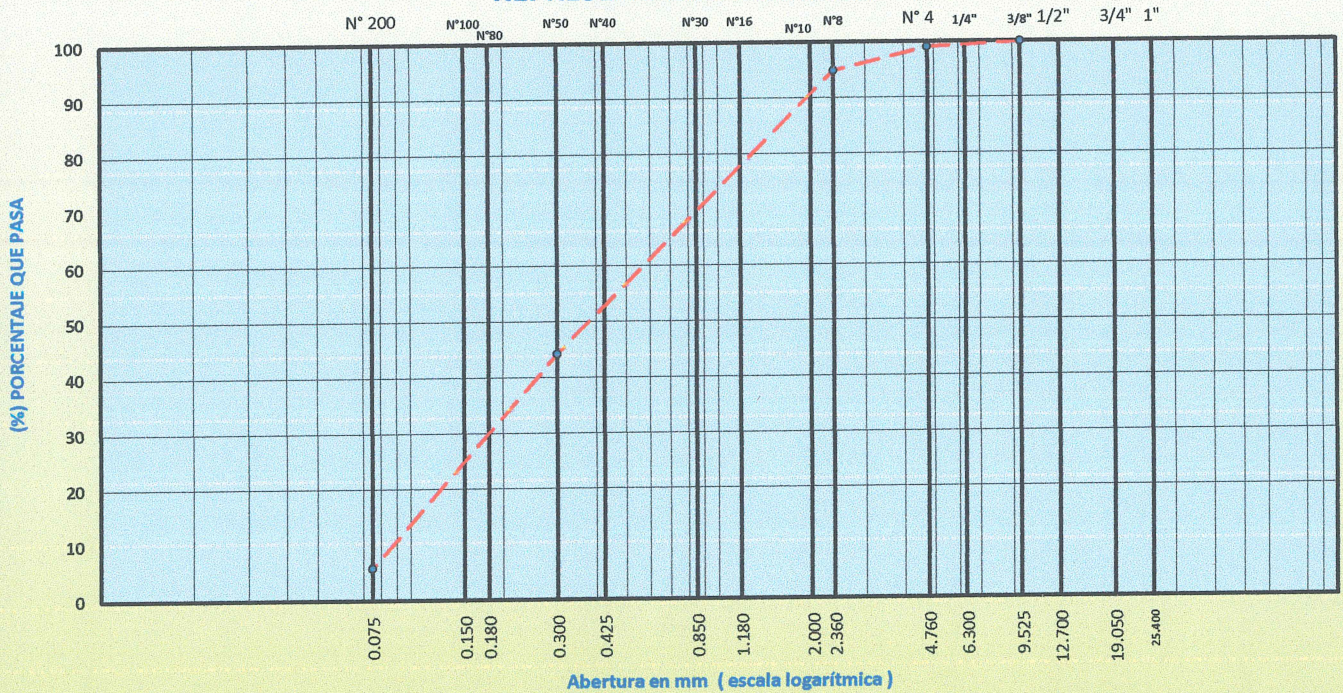
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANTERA : CONCHAN UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : CONCHAN
1/2"	12.700					Material : ARENA FINA <3/8"
3/8"	9.525				100.0	Muestra : M-4
1/4"	6.300					
N° 4	4.760	12.0	0.9	0.9	99.1	P. Material Humed : 1367.0 grs
N° 8	2.360	56.0	4.2	5.1	94.9	P. Material Seco : 1334.0 grs
N° 10	2.000					
N° 16	1.180					Modulo de Finez :
N° 30	0.850					
N° 40	0.425					Humedad Natural : 2.47 %
N° 50	0.300	676.0	50.7	55.8	44.2	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	512.0	38.4	94.2	5.8	
< 200	-	78.0	5.8	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:



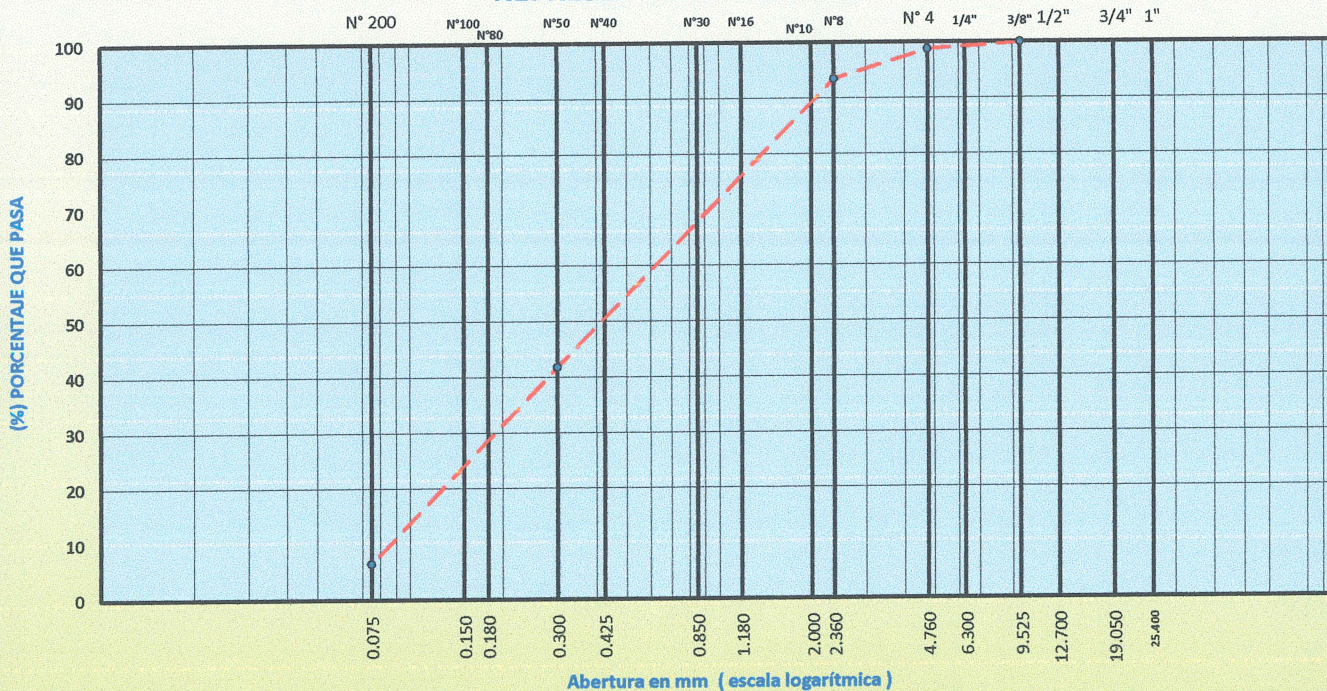
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANTERA : CONCHAN UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : CONCHAN
1/2"	12.700					Material : ARENA FINA <3/8"
3/8"	9.525				100.0	Muestra : M-5
1/4"	6.300					P. Material Humed : 1257.0 grs
N° 4	4.760	15.0	1.2	1.2	98.8	P. Material Seco : 1226.4 grs
N° 8	2.360	65.0	5.3	6.5	93.5	
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 2.50 %
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	634.0	51.7	58.2	41.8	Observacion :
N° 80	0.180					
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	432.0	35.2	93.4	6.6	
< 200	-	80.4	6.6	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimacachi Gamarachin
 LABORATORISTA SUBSISTEMAS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID OLANO GAMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ARENA ZARANDEADA DE RIO DOÑAANA

**DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N^o 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : RIO DOÑAANA
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

HECHO POR: G.R.R
ING. RESPONSABLE: H.C.R
FECHA: 15-09-20

CUADRO DE RESUMEN - ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA GRUESA % QUE PASA

TAMIZ ASTM	Abertura mm	GRANULOMET. M-1	GRANULOMET. M-2	GRANULOMET. M-3	GRANULOMET. M-4	GRANULOMET. ET. M-5	PROMEDIO	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100	
1/4"	6.300							
Nº 4	4.760	87.6	89.3	88.3	87.4	88.8	88.3	
Nº 8	2.360	68.5	71.7	68.8	69.0	70.5	69.7	
Nº 10	2.000							
Nº 16	1.180							
Nº 30	0.850							
Nº 40	0.425							
Nº 50	0.300	15.8	15.9	16.7	18.7	19.6	17.3	
Nº 80	0.180							
Nº 100	0.150							
Nº 200	0.075	0.8	0.1	1.3	0.9	0.8	0.8	
< 200	-							

OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rímulo
 Geremias Rímulo
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David Clavo
 HENRY DAVID CLAVO BARRACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP Nº 17267



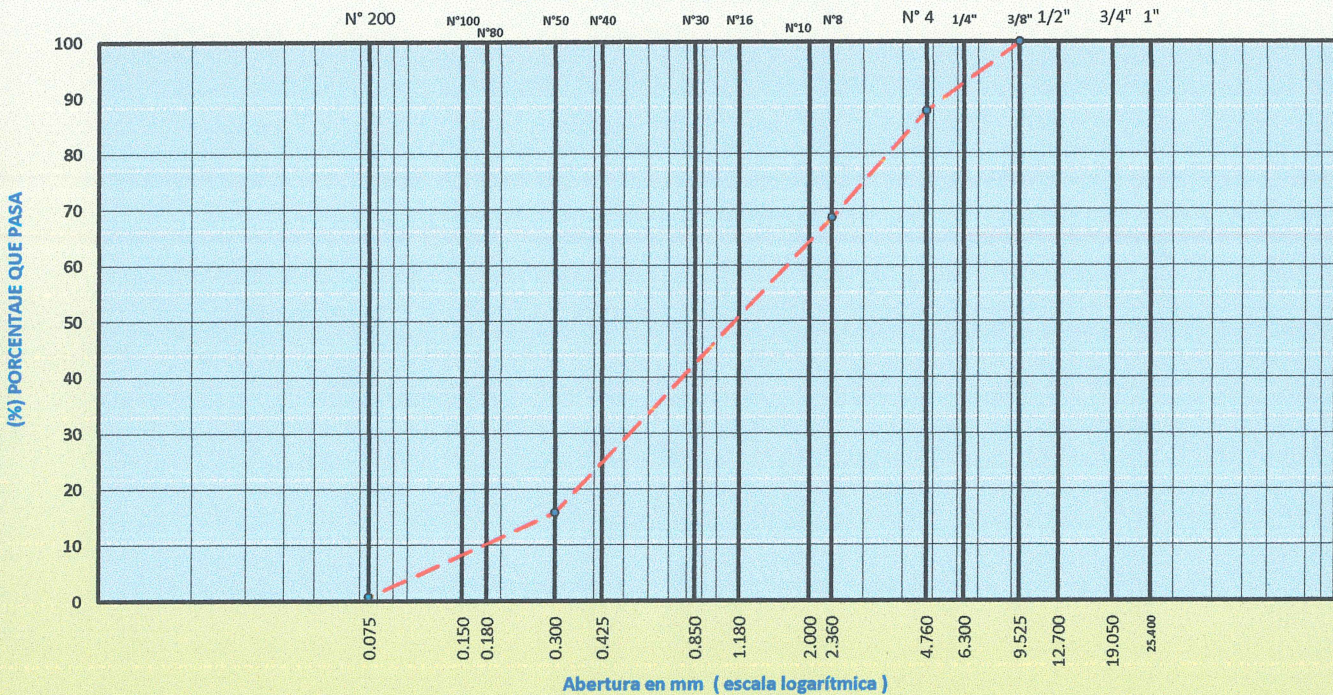
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANTERA : RIO DOÑAANA UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : RIO CHOTA
1/2"	12.700					Material : ARENA GRUESA RIO CHOTA
3/8"	9.525				100.0	Muestra : M-1
1/4"	6.300					
N° 4	4.760	741.0	12.4	12.4	87.6	P. Material Humed : 6123.0 grs
N° 8	2.360	1145.0	19.1	31.5	68.5	P. Material Seco : 5992.0 grs
N° 10	2.000					
N° 16	1.180					Modulo de Finez :
N° 30	0.850					
N° 40	0.425					Humedad Natural : 2.19 %
N° 50	0.300	3157.0	52.7	84.2	15.8	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	903.0	15.1	99.2	0.8	
< 200	-	46.0	0.8	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rincón y Kinamanchin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAUDIO MARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 7267



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

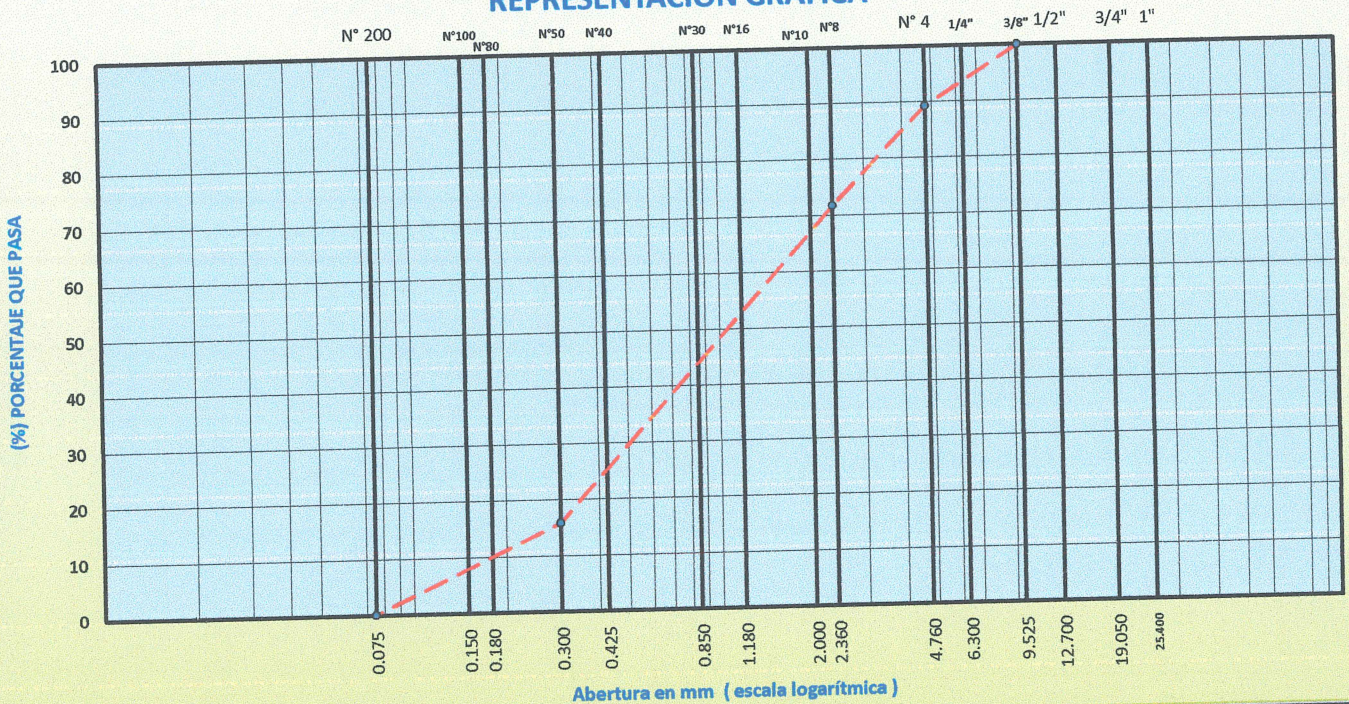
OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : CHOTA
CANTERA : RIO DOÑAANA
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC 2

HECHO POR : G.R.R
ING. RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : RIO CHOTA
1/2"	12.700				100.0	Material : ARENA GRUESA RIO CHOTA
3/8"	9.525					Muestra : M-2
1/4"	6.300				89.3	P. Material Humed : 1365.0 grs
N° 4	4.760	143.0	10.7	10.7	71.7	P. Material Seco : 1334.0 grs
N° 8	2.360	234.0	17.5	28.3		Modulo de Finez :
N° 10	2.000					Humedad Natural : 2.32 %
N° 16	1.180					Observacion :
N° 30	0.850					
N° 40	0.425				15.9	
N° 50	0.300	745.0	55.8	84.1		
N° 80	0.180					
N° 100	0.150				0.1	
N° 200	0.075	210.0	15.7	99.9		
< 200	-	2.0	0.1	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAY RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77287



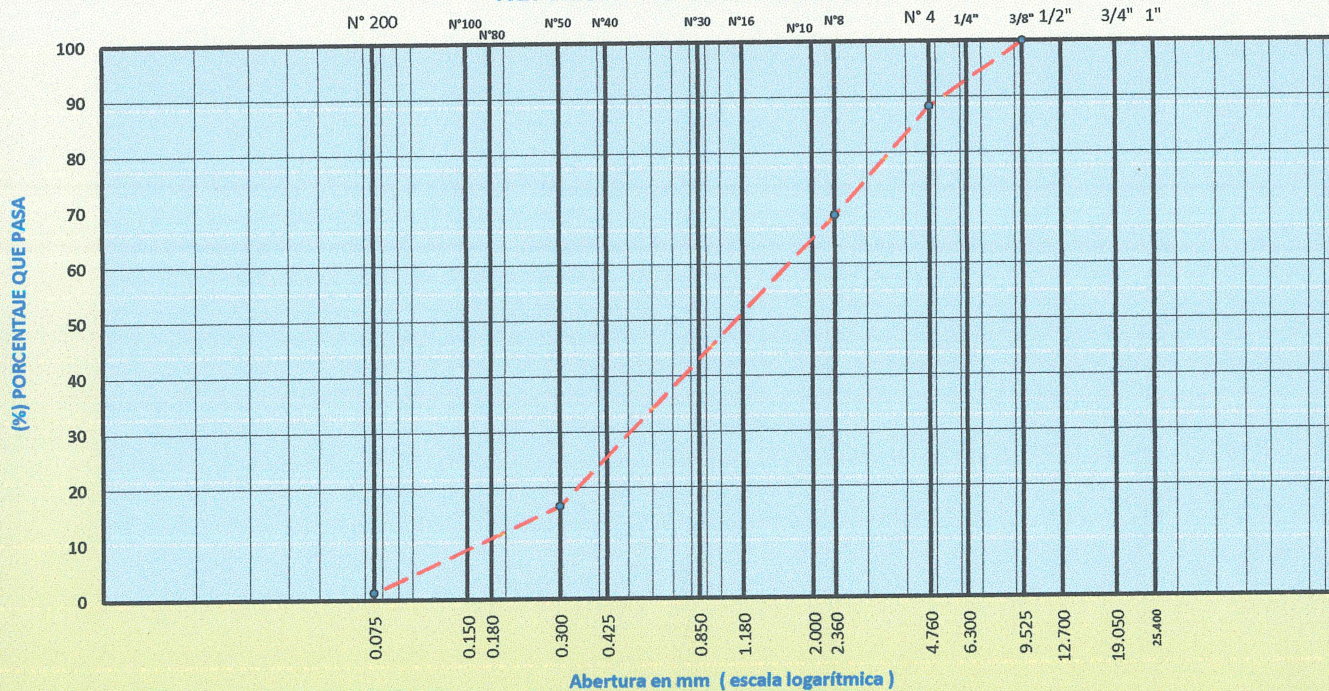
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANTERA : RIO DOÑAANA UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Maximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : RIO CHOTA
1/2"	12.700					Material : ARENA GRUESA RIO CHOTA
3/8"	9.525				100.0	Muestra : M-3
1/4"	6.300					P. Material Humed : 1634.0 grs
N° 4	4.760	187.0	11.7	11.7	88.3	P. Material Seco : 1598.0 grs
N° 8	2.360	312.0	19.5	31.2	68.8	
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 2.25 %
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	832.0	52.1	83.3	16.7	Observacion :
N° 80	0.180					
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	246.0	15.4	98.7	1.3	
< 200	-	21.0	1.3	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Almarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CEMENTOS Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAUDIO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



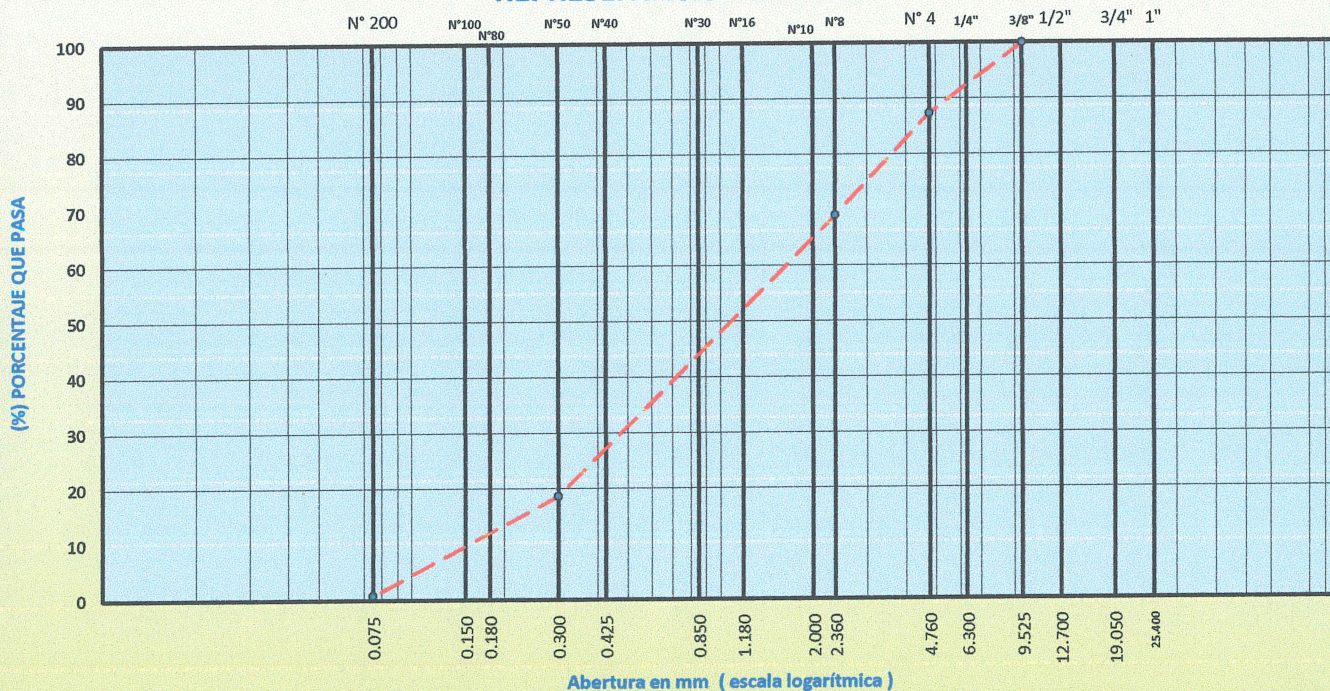
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANTERA : RIO DOÑAANA UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Máximo : 3/8" Cantera : RIO CHOTA Material : ARENA GRUESA RIO CHOTA Muestra : M-4
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525				100.0	
1/4"	6.300					P. Material Humed : 1602.0 grs P. Material Seco : 1567.0 grs
N° 4	4.760	198.0	12.6	12.6	87.4	
N° 8	2.360	287.0	18.3	31.0	69.0	
N° 10	2.000					Modulo de Finez : Humedad Natural : 2.23 %
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					
N° 40	0.425					
N° 50	0.300	789.0	50.4	81.3	18.7	
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	279.0	17.8	99.1	0.9	
< 200	-	14.0	0.9	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin, Rimarachin
 LABORACIONISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAY RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



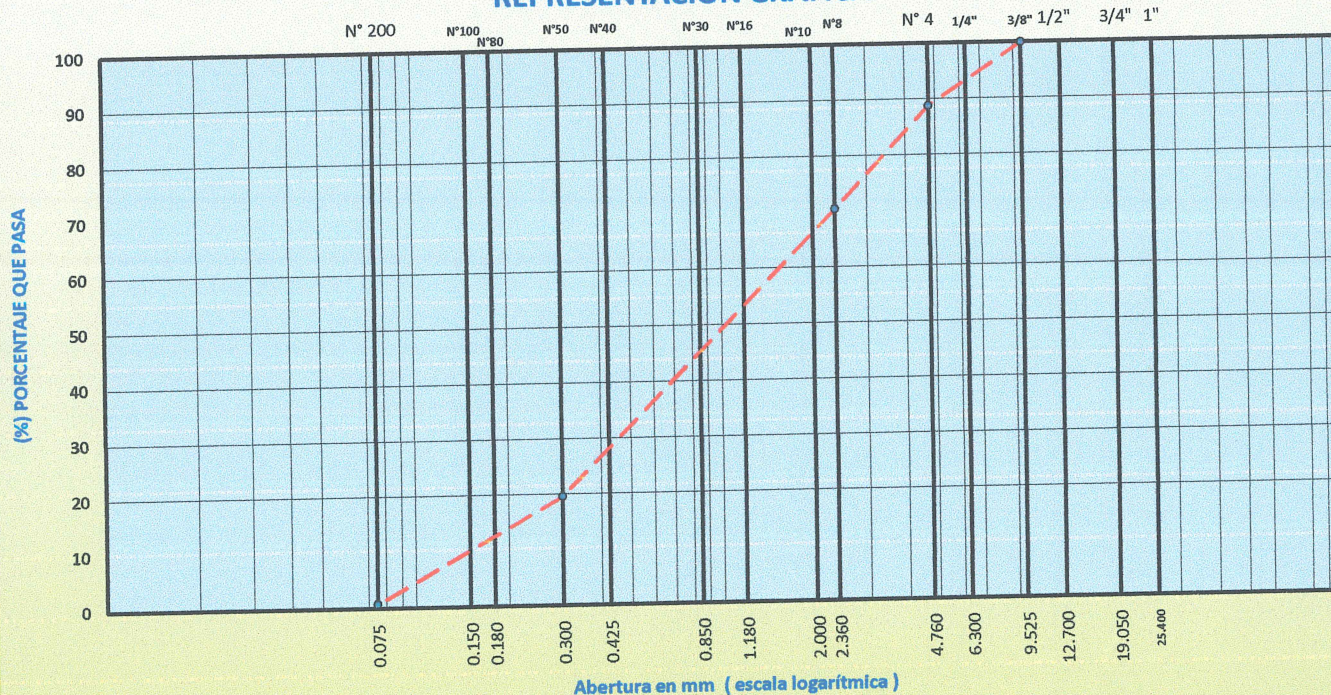
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : CHOTA CANTERA : RIO DOÑAANA UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR : G.R.R ING. RESPONSABLE : H.C.R FECHA : 15-09-20
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					Tamaño Máximo : 3/8"
3/4"	19.050					Cantera : RIO CHOTA
1/2"	12.700					Material : ARENA GRUESA RIO CHOTA
3/8"	9.525				100.0	Muestra : M-5
1/4"	6.300					P. Material Humed : 1803.0 grs
N° 4	4.760	198.0	11.2	11.2	88.8	P. Material Seco : 1765.0 grs
N° 8	2.360	323.0	18.3	29.5	70.5	
N° 10	2.000					Modulo de Finez :
N° 16	1.180					
N° 30	0.850					Humedad Natural : 2.15 %
N° 40	0.425					Observacion :
N° 50	0.300	898.0	50.9	80.4	19.6	
N° 80	0.180					
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	332.0	18.8	99.2	0.8	
< 200	-	14.0	0.8	100.0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

PIEDRA PARA ASFALTO TM $\frac{3}{4}$ "

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N^o 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

HECHO POR : G.R.R

SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

ING. RESPONSABLE : H.C.R

UBICACIÓN : CHOTA

FECHA : 15-09-20

CANTERA : LOS PEROLES

UBICACIÓN : -

GRADACION : MAC 2

CUADRO DE RESUMEN - ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA % QUE PASA

TAMIZ ASTM	Abertura mm	GRANULOMET. M-1	GRANULOMET. M-2	GRANULOMET. M-3	GRANULOMET. M-4	GRANULOMET. M-5	PROMEDIO	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS
1"	25.400						100	
3/4"	19.050	100	100	100	100	100	100	
1/2"	12.700	79.7	78.7	78.4	81.9	79.2	79.6	
3/8"	9.525							
1/4"	6.300							
N° 4	4.760	11.7	11.7	12.9	14.8	14.1	13.0	
N° 8	2.360	3.4	3.2	3.7	4.4	4.3	3.8	
N° 10	2.000							
N° 16	1.180							
N° 30	0.850							
N° 40	0.425							
N° 50	0.300	2.1	1.8	2.3	4.40	2.5	2.6	
N° 80	0.180							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075	0.6	0.5	0.6	1.3	0.8	0.8	
< 200	-							

OBSERVACIONES:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rinaucachi Riquirachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David Claudio Riquirachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 17267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

CARAS FRACTURAS DE AGREGADO GRUESO

**DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N^a 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422 - C 136

OBRA: TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

HECHO POR : G.R.R

SOLICITANTE: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

ING. RESPONSABLE : H.C.R

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA

FECHA : 16-09-20

MATERIAL: GRAVA < 3/4" PARA MEZCLA ASFALTICA

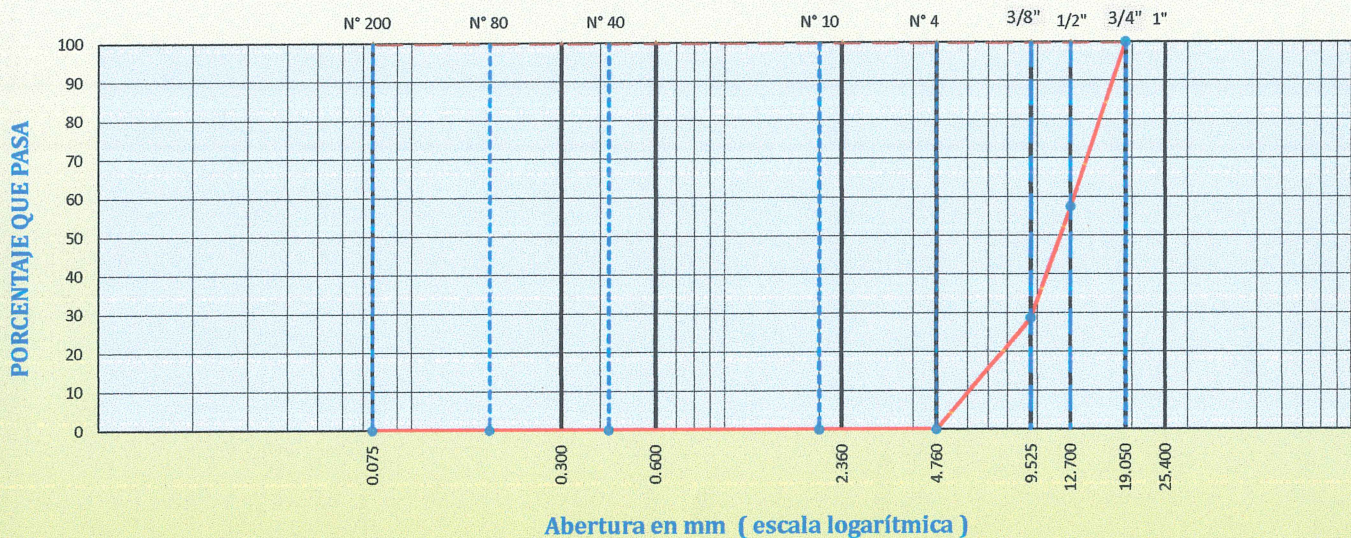
CANTERA: LOS PEROLES

UBICACIÓN: -

GRAVA TRITURADA PARA MEZCLA ASFALTICA

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400					TAMAÑO MAXIMO 3/4"
3/4"	19.050				100.0	Cantera : LOS PEROLES
1/2"	12.700	8788.0	42.6	42.6	57.4	P.Material Humedo : 18798.6
3/8"	9.525	5930.0	28.7	71.3	28.7	P.Material Seco : 20648.0 grs.
1/4"	6.300					
N°4	4.760	5930.0	28.7	100.0	0.0	Humedada Natural : %
N°8	2.360					Muestra : M-01
N°10	2.000					
N° 16	1.180					OBSERVACIONES :
N° 40	0.425					
N° 80	0.177					
N° 200	0.075					
< 200	-					

REPRESENTACION GRAFICA



OBSERVACIONES:

En la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 Materiales Tabla 423.01 Requerimientos para los agregados gruesos caras fracturadas MTC E 210 - 85/50

La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas (EG-2013)

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Ruzo Ruzo Ruzo Ruzo
LABORATORIA DE CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO AYMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 17267



CARAS FRACTURADAS

MTCE 210 - ASTM D 5821

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA: TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN: PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA
MATERIAL: GRAVA < 3/4" PARA MEZCLA ASFALTICA
CANTERA: LOS PEROLES
UBICACIÓN: -

HECHO POR: G.R.R
ING: RESPONSABLE: H.C.R
FECHA: 16-09-20

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS


PASA	TAMIZ	RETIENE	TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. B/A*100 (C)	% RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C*D (E)
1 1/2"		1"		2000.0 g				
1"		3/4"		1500.0 g				
3/4"		1/2"		1203.4 g	1201.0 g	99.8%	42.6%	4247.6
1/2"		3/8"		300.4 g	300.2 g	99.9%	28.7%	2869.9
TOTAL				5003.8			71.3%	7117.5
% con una o más caras fracturadas (E/D)								99.9%


CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

PASA	TAMIZ	RETIENE	TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. B/A*100 (C)	% RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C*D (E)
1 1/2"		1"		2000.0 g				
1"		3/4"		1500.0 g				
3/4"		1/2"		1203.4 g	1162.5 g	96.6%	42.6%	4111.4
1/2"		3/8"		300.4 g	225.4 g	75.0%	28.7%	2154.8
TOTAL				5003.8			71.3%	6266.2
% con dos o más caras fracturadas (E/D)								87.9%

OBSERVACIONES:

En la seccion 423 Pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 Materiales Tabla 423.01 Requerimientos para los agregados gruesos caras fracturadas MTC E 210 - 85/50
 La notacion "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas (EG-2013)


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
[Signature]
 Geremias Rincón de la Cruz
 LABORANTISTA SUELOS CIVIL Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
[Signature]
 HENRY DAVID CARRANZA HERRERA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



CARAS FRACTURADAS

MTCE 210 - ASTM D 5821

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA: TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN: PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA
MATERIAL: GRAVA < 3/4" PARA MEZCLA ASFALTICA
CANTERA: LOS PEROLES
UBICACIÓN: -

HECHO POR: G.R.R
ING: RESPONSABLE: H.C.R
FECHA: 16-09-20

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

PASA	TAMIZ	RETIENE	TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. B/A*100 (C)	% RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C*D (E)
1 1/2"		1"		2000.0 g				
1"		3/4"		1500.0 g				
3/4"		1/2"		1204.3 g	1203.5 g	99.9%	42.6%	4253.1
1/2"		3/8"		301.5 g	300.3 g	99.6%	28.7%	2860.5
TOTAL				5005.8			71.3%	7113.6
% con una o más caras fracturadas (E/D)								99.8%

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

PASA	TAMIZ	RETIENE	TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. B/A*100 (C)	% RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C*D (E)
1 1/2"		1"		2000.0 g				
1"		3/4"		1500.0 g				
3/4"		1/2"		1204.3 g	1165.3 g	96.8%	42.6%	4118.2
1/2"		3/8"		301.5 g	235.6 g	78.1%	28.7%	2244.1
TOTAL				5005.8			71.3%	6362.3
% con dos o más caras fracturadas (E/D)								89.3%

OBSERVACIONES:

En la seccion 423 Pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 Materiales Tabla 423.01 Requerimientos para los agregados gruesos caras fracturadas MTC E 210 - 85/50
 La notacion "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas (EG-2013)

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rinao Jimenez
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ARRILLO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAUDIO MARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 17267



“GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC”
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

CHATAS Y ALARGADAS DE AGREGADO GRUESO

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

ASTM D 4791

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : DISTRITO DE CHOTA - PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA CANTERA : LOS PEROLES UBICACIÓN : - GRADACION : MAC 2	HECHO POR: G.R.R ING: RESPONSABLE: H.C.R FECHA: 17-09-20
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

MUESTRA : TOMADA DE ACOPIO

TAMIZ (Pulg.)	ABERTUR A (mm)	AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS		
		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.80												
1 1/2"	38.10												
1"	25.40												
3/4"	19.00			100.0									
1/2"	12.70	1465.6	26.6	73.4	91.2	6.2	1.7	69.9	4.8	1.3	1304.5	89.0	23.7
3/8"	9.50	1243.7	22.6	50.8	82.6	6.6	1.5	45.3	3.6	0.8	1115.8	89.7	20.3
Nº4	4.75	2798.6	50.8	0.0	102.5	3.7	1.9	35.2	1.3	0.6	2660.9	95.1	48.3
					276.3		5.0	150.4		2.7	5081.2		92.3
					PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Grs.)			5507.9					
					PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)			7.7					

Relación Dimensional 1:3

OBSERVACIONES:

En la seccion 423 Pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 - Matreiales Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados gruesos particulas chatas y alargadas Norma ASTM 4791 - se requiere como maximo 10% (EG-2013)

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 LABORONISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLARK RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP Nº 177267



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

ASTM D 4791

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

HECHO POR: G.R.R

SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

ING: RESPONSABLE: H.C.R

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHOTA - PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA

FECHA: 17-09-20

CANTERA : LOS PEROLES

UBICACIÓN : -

GRADACION : MAC 2

MUESTRA : TOMADA DE ACOPIO

TAMIZ (Pulg.)	ABERTUR A (mm)	AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS			
		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	
2"	50.80													
1 1/2"	38.10													
1"	25.40													
3/4"	19.00			100.0										
1/2"	12.70	1562.3	26.5	73.5	99.5	6.4	1.7	75.3	4.8	1.3	1387.5	88.8	23.5	
3/8"	9.50	1465.2	24.8	48.7	83.5	5.7	1.4	62.3	4.3	1.1	1319.4	90.0	22.3	
Nº4	4.75	2878.6	48.7	0.0	99.5	3.5	1.7	45.2	1.6	0.8	2733.9	95.0	46.3	
					282.5		4.8	182.8		3.1	5440.8		92.1	
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Grs.)											5906.1			
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)											7.9			

Relación Dimensional 1:3

OBSERVACIONES:

En la sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente - sub sección 423.02 - Materiales Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados gruesos partículas chatas y alargadas Norma ASTM 4791 - se requiere como máximo 10% (EG-2013)

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CASHIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP Nº 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA DE LAS CANTERAS

- **CONCHAN**
- **RIO DOÑAANA**

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA:	TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"	HECHO POR: G.R.R
SOLICITANTE:	KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA	ING: RESPONSABLE: H.C.R
UBICACION:	PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA	FECHA: 21-09-20
MATERIAL:	ARENAS PARA MEZCLA ASFALTICA <3/8"	
CANTERA:	RIO DOÑAANA	
UBICACION:	-	
USO:	PARA MEZCLA ASFALTICA MAC 2	

DESCRIPCION		IDENTIFICACION				Promedio %
		1	2	3		
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		04:08	04:10	04:12		
Hora de salida de saturación (mas 10')		04:18	04:20	04:22		
Hora de entrada a decantación		04:20	04:22	04:24		
Hora de salida de decantación (mas 20')		04:40	04:42	04:44		
Altura máxima de material fino	mm	4.20	4.10	4.25		
Altura máxima de la arena	mm	3.00	2.95	3.00		
Equivalente de Arena	%	71.4	72.0	70.6		71.3

OBSERVACIONES:

En la seccion 423 Pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 - Matreiales Tabla 423-02 Requerimientos

para los agregados finos Equivalente de Arena MTC-E 114 - se requiere como Minimo 60% (EG-2013)

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimonachi Rimonachi
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David Claudio Rimonachi
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS


OBRA: TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" **HECHO POR:** G.R.R
SOLICITANTE: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA **ING: RESPONSABLE:** H.C.R
UBICACION: PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA **FECHA:** 21/09/2020
MATERIAL: ARENAS PARA MEZCLA ASFALTICA <3/8"
CANTERA: CONCHAN
UBICACION: -
USO: PARA MEZCLA ASFALTICA MAC 2


DESCRIPCION		IDENTIFICACION				Promedio %
		1	2	3		
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		09:40	09:42	09:44		
Hora de salida de saturación (mas 10')		09:50	09:52	09:54		
Hora de entrada a decantación		09:52	09:54	09:56		
Hora de salida de decantación (mas 20')		10:12	10:14	10:16		
Altura máxima de material fino	mm	4.50	4.10	4.20		
Altura máxima de la arena	mm	3.02	2.80	2.90		
Equivalente de Arena	%	67.1	68.3	69.0		68.2

OBSERVACIONES:

En la seccion 423 Pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 - Matreiales Tabla 423-02 Requerimientos

para los agregados finos Equivalente de Arena MTC-E 114 - se requiere como Minimo 60% (EG-2013)


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CARRANZA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.O. N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

TERRONES DE ARCILLA

- **AGREGADO FINO**
- **AGREGADO GRUESO**

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



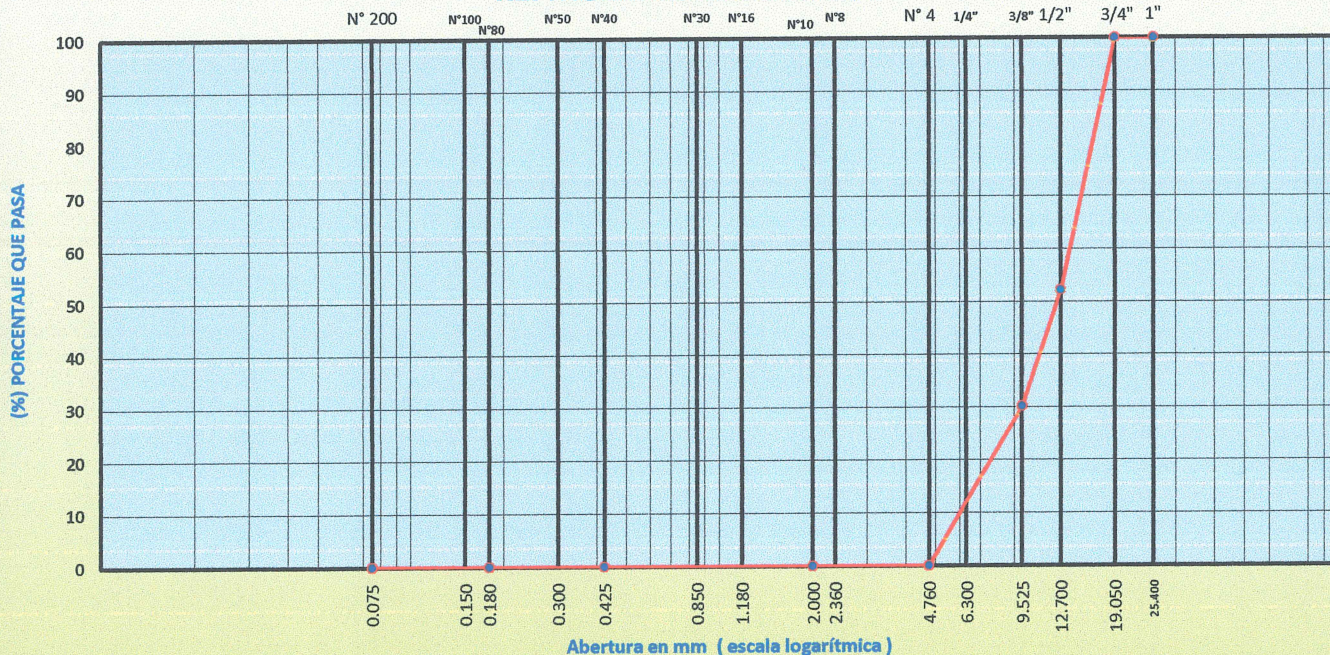
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA	TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE	: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA	ING. RESPONSABLE :	H.C.R
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA	FECHA :	21-09-20
CANtera	: LOS PEROLES		
UBICACIÓN	: -		
GRADACION	: RODADURA		

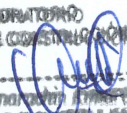
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO Y FINO NORMA ASTM C 136 MTC E 204

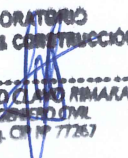
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	
1"	25.400				100.0	Tamaño Maximo : <3/4"
3/4"	19.050				52.2	Cantera : LOS PEROLES
1/2"	12.700	8787.0	47.8	47.8	30.2	Material : PIEDRA TRITURAD <3/4"
3/8"	9.525	4046.3	22.0	69.8		Muestra : M-1
1/4"	6.300					P. Material Humed : 14515.2 grs
N° 4	4.760	5552.0	30.2	100.0	0.0	P. Material Seco : 18385.3 grs
N° 8	2.360					
N° 10	2.000					
N° 16	1.180					Modulo de Finez :
N° 30	0.850					
N° 40	0.425					Humedad Natural :
N° 50	0.300					
N° 80	0.180					Observacion :
N° 100	0.150					
N° 200	0.075					
< 200	-					

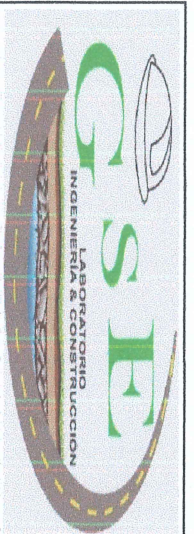
REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACION: En la seccion 423 pavimento de concreto asfaltico en caliente - Materiales 423.02 - Inciso C. Gradacion, el material de la mezcla debe de estar libre de terrones de arcilla y se aceptara como maximo el 1% de particulas deleznales según ensayo MTC E 212 (EG-2013)


Geremias Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


HENRY DAVID ELANO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.º Nº 77267



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS FRIABLES EN EL AGREGADO GRUESO
(NORMA MTC E-212, ASTM C-142, AASHTO T-112)

OBRA : TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA" SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA CANTERA : LOS PEROLES UBICACION : - GRADACION : RODADURA	HECHO POR: G.R.R ING. RESPONSABLE: H.C.R FECHA: 21-09-20
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Fracción	Retiene	Gradación Original %	Peso muestra Ensayada (g)	Peso Mínimo Requerido	Tamiz de Lavado	Peso Retenido (g) después del ensayo	Pérdida Total %	Pérdida Corregida %	
Pasa	1 1/2								
2"	3/4"								
1 1/2	3/8"	61.5	2005.5	2000.0	N° 4	2004.9	0.03	0.05	0.00
3/4"	N° 4	38.5	1002.4	1000.0	N° 8	1001.9	0.05	0.13	0.01
3/8"									
TOTALES		100.0	3007.9			3006.8		0.18	0.02
Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables (%)			0.02						

OBSERVACIONES: En la sección 423 pavimento de concreto asfáltico en caliente - Materiales 423.02 - Inciso C. Gradación, el material de la mezcla debe de estar libre de terrones de arcilla y se aceptara como maximo el 1% de partículas deleznales según ensayo MTC E 212 (EG-2013)



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRUPOS DE ARCILLA Y PARTICULAS FRIABLES EN EL AGREGADO FINO
(NORMA MTC E-212, ASTM C-142, AASHTO T-112)

OBRA : TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACION : PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA
CANTERA : CONCHAN
UBICACION : -
GRADACION : RODADURA

HECHO POR : G.R.R
ING. RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 21-09-20

Fracción	Peso Mínimo (g)	Tamiz de Lavado	Peso de la muestra A Ensayar en (g)	Peso de la muestra Ensayada en (g)	Pérdida Obtenida en el Ensayo	Pérdida Obtenida en %
N° 4	N° 16	N° 20	100.00	100.30	99.97	0.33
Promedio de Terrones de Arcilla y Partículas Friables (%)						
0.33						

OBSERVACIONES: En la seccion 423 pavimento de concreto asfáltico en caliente - Materiales 423.02 - Inciso C. Gradacion, el material de la mezcla debe de estar libre de terrones de arcilla y se aceptara como maximo el 1% de particulas deleznablees según ensayo MTC E 212 (EG-2013)



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS**

HUMEDAD NATURAL

- **AGREGADO FINO**
- **AGREGADO GRUESO**

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



HUMEDAD NATURAL

(ASTM D 2216, MTC E 108-2000)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFALTICA
ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA
MATERIAL : GRAVA CHANCADA < 3/4" PÁRA MEZCLA ASFALTICA
CANTERA : LOS PEROLES
UBICACIÓN : -


CERTIFICADO :
HECHO POR : G.R.R
ING.RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20


MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"

HUMEDAD NATURAL

TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO	1300.0	1300.0	1300.0	
TARRO + SUELO SECO	1293.7	1293.2	1293.8	
AGUA	6.30	6.80	6.20	
PESO DEL TARRO	0.00	0.00	0.00	
PESO DEL SUELO SECO	1293.7	1293.2	1293.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.49 %	0.53 %	0.48 %	0.50 %

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremas Rimarachin Rimarachin
LABORONISTA SUELOS CONCRETO / ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLAUDIO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 77217



HUMEDAD NATURAL

(ASTM D 2216, MTC E 108-2000)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA
ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
UBICACIÓN : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
SOLICITANTE : PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA
MATERIAL : ARENA FINA < 3/8" CANTERA CONCHAN PÁRA MEZCLA ASFALTICA
CANTERA : CONCHAN
UBICACIÓN : -

CERTIFICADO :


HECHO POR : G.R.R
ING.RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20


MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO

TAMAÑO MAXIMO : 3/8"

HUMEDAD NATURAL

				PROMEDIO
TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO	1300.0	1300.0	1300.0	
TARRO + SUELO SECO	1270.0	1269.0	1268.0	
AGUA	30.00	31.00	32.00	
PESO DEL TARRO	0.00	0.00	0.00	
PESO DEL SUELO SECO	1270.0	1269.0	1268.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.36 %	2.44 %	2.52 %	2.44 %

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimacanchi Rimacanchi
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID OLIVERO RIMACANCHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CP Nº 177257



HUMEDAD NATURAL

(ASTM D 2216, MTC E 108-2000)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA
ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA
MATERIAL : ARENA GRUESA < 3/8" RIO DOÑAANA PÁRA MEZCLA ASFALTICA
CANTERA : RIO DOÑAANA
UBICACIÓN : -

CERTIFICADO :

HECHO POR : G.R.R
ING.RESPONSABLE : H.C.R
FECHA : 15-09-20

MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO

TAMAÑO MAXIMO : 3/8"

HUMEDAD NATURAL

TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO	1300.0	1300.0	1300.0	
TARRO + SUELO SECO	1265.0	1265.0	1266.0	
AGUA	35.00	35.00	34.00	
PESO DEL TARRO	0.00	0.00	0.00	
PESO DEL SUELO SECO	1265.0	1265.0	1266.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.77 %	2.77 %	2.69 %	

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Raimonackin Raimonackin
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO RAIMONACKIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CP 14 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYO DE PLASTICIDAD TAMIZADO POR EL TAMIZ N° 40 Y N° 200 DE LA CANTERA CONCHAN

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MTCE 110 - MTCE-111 - ASTM D 4318 - AASHTO T 90

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA: TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
 SOLICITANTE: KELVIN JHONI CARRANZA
 UBICACION: PROVINCIA DE CHOTA- REGION CAJAMARCA
 MATERIAL: ARENAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA
 CANTERA: CONCHAN
 TAMIZ: N° 40

CERTIFICADO:
 HECHO POR: G.R.R
 ING. RESPONSABLE: H.C.R
 FECHA: 21-09-20

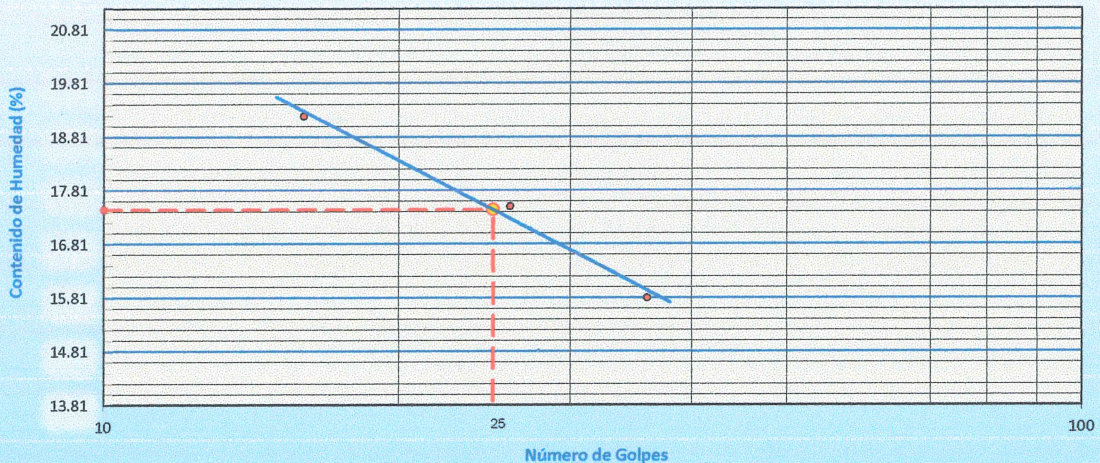
MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40			LÍMITE PLÁSTICO		
		LÍMITE LÍQUIDO					
Nro. de Recipiente		1	2	3			
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	49.64	46.90	47.70			
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	46.75	44.25	44.92			
Peso de Recipiente (C)	gr.	28.47	29.12	30.44			
Peso del Agua (A-B)	gr.	2.89	2.65	2.78			
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	18.28	15.13	14.48			
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	15.81	17.51	19.20			
N° De Golpes		36	26	16			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	17.51	NP	

RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES

Diagrama de Fluides



OBSERVACIONES :

En la seccion 423 pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 Materiales Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos - Indice de Plasticidad (Malla n°40) MTC E 111 - se requiere NP (EG-2013)

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID GUANO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

MTCE 110 - MTCE - 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T 90

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA: TESIS: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

CERTIFICADO:

UBICACIÓN: KELVIN JHONI CARRANZA

HECHO POR: G.R.R

SOLICITANTE: PROVINCIA DE CHOTA - REGION CAJAMARCA

ING. RESPONSABLE: H.C.R

MATERIAL: ARENAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA

FECHA: 21-09-20

CANTERA: CONCHAN

TAMIZ: N° 200

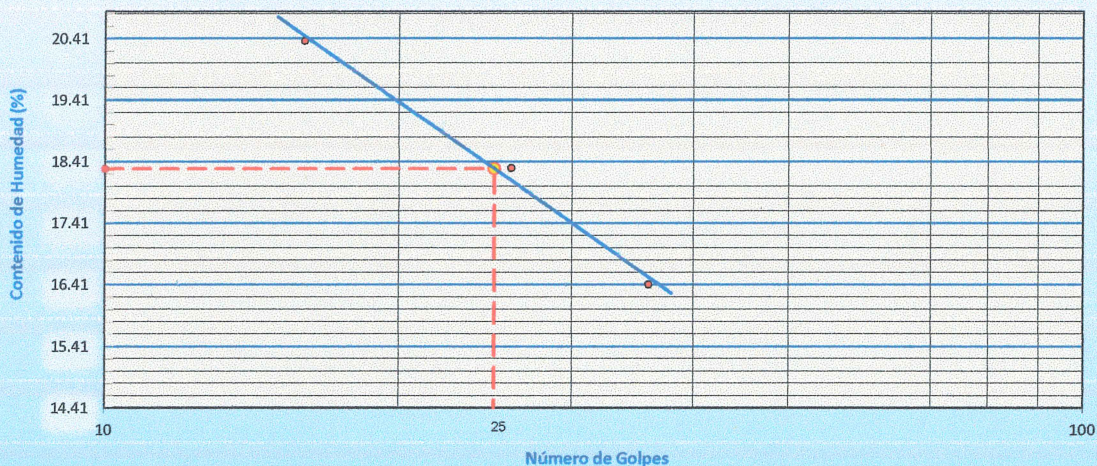
MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 200					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		1	2	3	4	5	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	49.75	47.02	47.87	18.47	17.41	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	46.75	44.25	44.92	18.00	17.00	
Peso de Recipiente (C)	gr.	28.47	29.12	30.44	15.10	14.50	
Peso del Agua (A-B)	gr.	3.00	2.77	2.95	0.47	0.41	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	18.28	15.13	14.48	2.90	2.50	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	16.41	18.31	20.37	16.21	16.40	16.30
N° De Golpes		36	26	16			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	18.36	16.30	

RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES

Diagrama de Fluidez



OBSERVACIONES :

En la seccion 423 pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 Materiales Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos - Indice de Plasticidad (Malla n°40) MTC E 111 - se requiere NP (EG-2013)



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYO DE PLASTICIDAD TAMIZADO POR EL TAMIZ N° 40 Y N° 200 DE LA CANTERA DOÑAANA

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MTCE 110 - MTCE -111 - ASTM D 4318 - AASHTO T 90

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA: TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
 SOLICITANTE: KELVIN JHONI CARRANZA
 UBICACION: PROVINCIA DE CHOTA- REGION CAJAMARCA
 MATERIAL: ARENAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA
 CANTERA: RIO DOÑAANA
 TAMIZ: N° 40

CERTIFICADO:
 HECHO POR: G.R.R
 ING. RESPONSABLE: H.C.R
 FECHA: 21-09-20

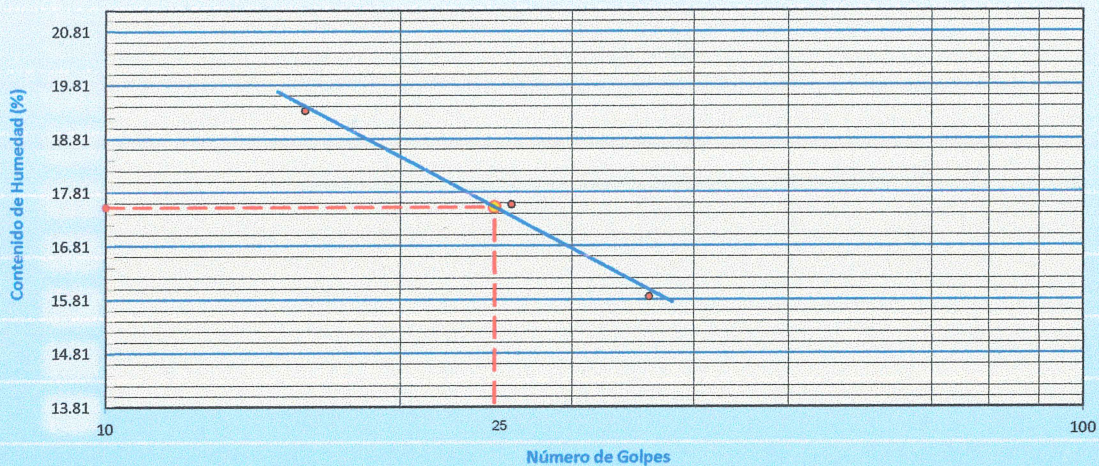
MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40			LÍMITE PLÁSTICO		
		LÍMITE LÍQUIDO					
Nro. de Recipiente		1	2	3			
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	49.65	46.91	47.72			
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	46.75	44.25	44.92			
Peso de Recipiente (C)	gr.	28.47	29.12	30.44			
Peso del Agua (A-B)	gr.	2.90	2.66	2.80			
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	18.28	15.13	14.48			
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	15.86	17.58	19.34			
N° De Golpes		36	26	16			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	17.59	NP	

RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES

Diagrama de Fluides



OBSERVACIONES :

En la seccion 423 pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 Materiales Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos - Indice de Plasticidad (Malla n°40) MTC E 111 - se requiere NP (EG-2013)



LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MTCE 110 - MTCE - 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T 90

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA: TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

CERTIFICADO:

UBICACIÓN: KELVIN JHONI CARRANZA

HECHO POR: G.R.R

SOLICITANTE: PROVINCIA DE CHOTA- REGION CAJAMARCA

ING. RESPONSABLE: H.C.R

MATERIAL: ARENAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA

CANTERA: DOÑAANA

FECHA: 21-09-20

TAMIZ: N° 200

MUESTRA: TOMADA DE ACOPIO

Material Pasante Tamiz N° 200

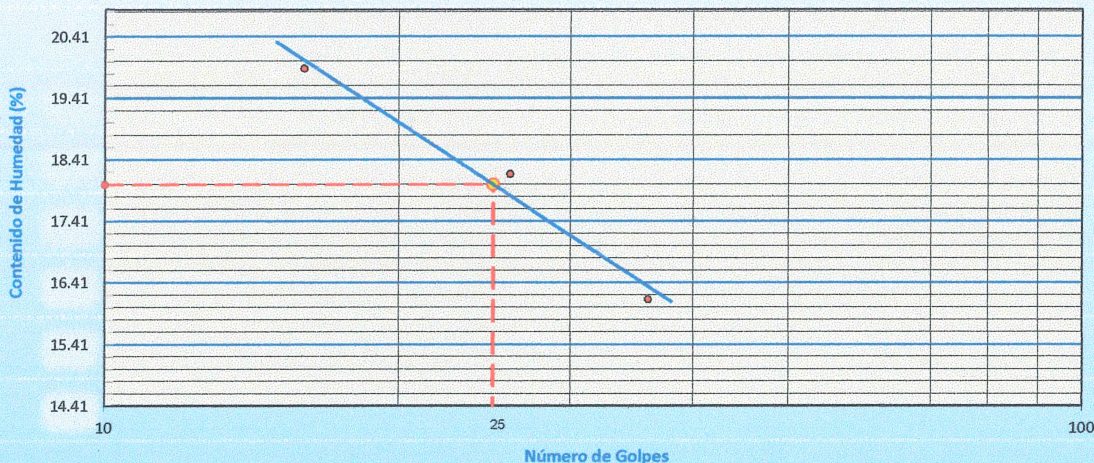
DESCRIPCION	UNIDAD
Nro. de Recipiente	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.
Peso de Recipiente (C)	gr.
Peso del Agua (A-B)	gr.
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%
N° De Golpes	

LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
1	2	3	4	5	
49.70	47.00	47.80	18.46	17.41	
46.75	44.25	44.92	18.00	17.00	
28.47	29.12	30.44	15.10	14.50	
2.95	2.75	2.88	0.46	0.41	
18.28	15.13	14.48	2.90	2.50	
16.14	18.18	19.89	15.86	16.40	16.13
36	26	16			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	18.07	16.13	1.94

RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES

Diagrama de Fluides



OBSERVACIONES :

En la seccion 423 pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 Materiales Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos - Índice de Plasticidad (Malla n°40) MTC E 111 - se requiere NP (EG-2013)

Anexo N° 7. Ensayos en la mezcla asfáltica



“GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC”
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA 85/100 SIN ADICION DEL CAUCHO

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N^o 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

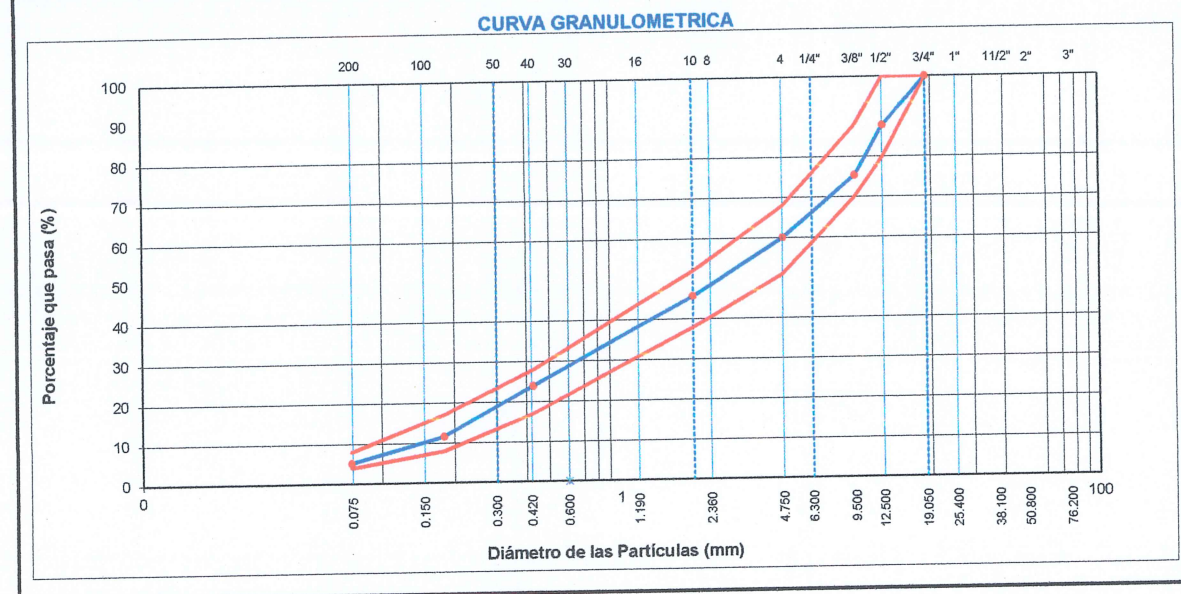
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

DESCRIPCIÓN : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

RESP. LAB. : G.R.R
 TEC. LAB. : H.C.R
 FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%
PEN 85/100	

DATOS ENSAYO								DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC - 2		
1"	25.000				100.0	100	100	TAMAÑO MÁXIMO 3/4" Peso inicial seco : 10000.0 gr Peso fracción fino : 600.0 gr
3/4"	19.000				87.9	80	88	
1/2"	12.500	1213	12.1	12.1	75.3	70	88	
3/8"	9.500	1253	12.5	24.7	60.1	51	68	
Nº 4	4.750	1527	15.3	39.9	45.8	38	52	
Nº 10	2.000	142.5	14.3	54.2	23.9	17	28	
Nº 40	0.425	218.8	21.9	76.1	11.7	8	17	
Nº 80	0.180	122.3	12.2	88.3	5.1	4	8	
Nº 200	0.074	65.0	6.5	94.9				
< Nº 200	FONDO	51.4	5.1	100.0				



Observaciones :

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.C.
 Geremas Rimarachin / Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.C.
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP Nº 77267



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1569 AASTHO T -245

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana RESP. LAB. : G.R.R
 MATERIAL : Mezcla de agregados TEC. LAB. : H.C.R
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%

PEN 85/100

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	39.00	37.25
B Arena Conchan	20.00	17.28
C Arena Rio Doñaana	41	39.16

% Que Pasa el Tamiz

	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1	
Especificaciones	100	100	89-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	4.5	4.5	4.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	37.25	37.25	37.25
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	17.28	17.28	17.28
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	1.82	1.82	1.82
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc. 1.021	1.021	1.021
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc. 2.551	2.551	2.551
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc. 2.619	2.619	2.619
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc. 2.620	2.620	2.620
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc. 2.642	2.642	2.642
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc. 0.86	0.86	0.86
12	Altura promedio de la probeta	cm. 6.2	6.1	6.1
13	Peso de la probeta en el aire	gr. 1195.6	1194.2	1193.2
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr. 1197.1	1196.3	1195.0
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr. 664.8	664.2	662.9
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c. 532.3	532.1	532.1
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc. 2.246	2.244	2.242
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc. 2.430	2.430	2.430
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc. 3.940	3.940	3.940
20	% de vacios con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	% 7.58	7.65	7.73
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.440	2.440	2.440
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 4.600	4.600	4.600
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc. 1.534	1.534	1.534
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	% -24.72	-24.72	-24.72
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3 + 4) * 17/21$	% 51.87	51.83	51.79
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25 + 20)$	% 40.55	40.51	40.48
27	% vacios del agregado mineral 100-25	% 48.13	48.17	48.21
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	% 17.98	17.98	17.98
29	Relacion betun vacios $(26/27) * 100$	% 84.25	84.11	83.97
30	Lectura del aro.	kg 116	121	112
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 492.2	513.2	475.5
32	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96
33	Estabilidad corregida 31*32	kg 473	493	456
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul. 10	10	11
34	Fluencia	m.m. 2.54	2.54	2.79
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm 1860	1940	1634

Observaciones :



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana RESP. LAB. : G.R.R
 MATERIAL : Mezcla de agregados TEC. LAB. : H.C.R
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz												
A Grava Triturada	39.93	38.30	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200			
B Arena Conchan	20.00	17.20													
C Arena Rio Doñaana	41	25.30													
Mezcla	100.0	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1						
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8						

#	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	38.30	38.30	38.30	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	17.20	17.20	17.20	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%				
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619	2.585
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.3	6.1	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1194.2	1194.3	1195.9	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1195.9	1196.8	1198.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	673.7	673.5	675.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	522.2	523.3	523.1	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.287	2.282	2.286	2.285
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.439	2.439	2.439	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/2(7+8)+(4^2/9+10))$	gr/cc.	3.809	3.809	3.809	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	6.23	6.42	6.25	6.30
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.443	2.443	2.443	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	4.495	4.495	4.495	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P- 8)+(4^*P-10))$	gr/cc.	1.587	1.587	1.587	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	-22.55	-22.55	-22.55	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^*17/21$	%	53.63	53.52	53.62	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	40.14	40.06	40.13	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	46.37	46.48	46.38	46.41
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$	%	17.52	17.52	17.52	
29	Relacion betun vacios $(26/27)^*100$	%	86.57	86.20	86.52	86.43
30	Lectura del aro.	kg	242	230	224	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1020	970	945	
32	Factor de estabilidad		1.00	0.96	0.96	
33	Estabilidad corregida 31^*32	kg	1020	931	907	953
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	13	13	12	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.30	3.05	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3089	2819	2975	2961

Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVE RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 17287



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana RESP. LAB. : G.R.R
 MATERIAL : Mezcla de agregados TEC. LAB. : H.C.R
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz											
A Grava Triturada	39.93	37.73	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200		
B Arena Conchan	19.07	16.24												
C Arena Rio Doñaana	41	38.75												
Mezcla	100.0	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1					
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8					

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.73	37.73	37.73	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	16.24	16.24	16.24	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.79	1.79	1.79	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619	2.585
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.3	6.2	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1195.3	1192.8	1195.7	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1197.7	1194.4	1196.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	683.8	682.0	683.4	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	513.9	512.4	513.4	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.326	2.328	2.329	2.328
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.443	2.443	2.443	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)))$	gr/cc.	3.823	3.823	3.823	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	4.80	4.72	4.67	4.73
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.441	2.441	2.441	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	4.598	4.598	4.598	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P- 8) + (4*P-10))$	gr/cc.	1.569	1.569	1.569	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	-23.26	-23.26	-23.26	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	53.14	53.18	53.20	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	42.07	42.10	42.12	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	46.86	46.82	46.80	46.83
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	18.05	18.05	18.05	
29	Relacion betun vacios $(28/27)*100$	%	89.77	89.93	90.02	89.90
30	Lectura del aro.	kg	275	262	255	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1158	1104	1074	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1158	1104	1074	1112
34	Lectura del fleximetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	14	14	13	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3257	3104	3254	3205

Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimorocay
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID ELA MARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 17367



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

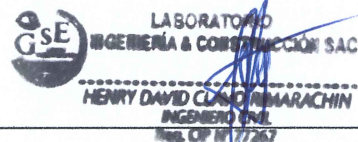
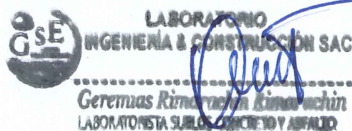
DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana RESP. LAB. : G.R.R
 MATERIAL : Mezcla de agregados TEC. LAB. : H.C.R
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz												
A Grava Triturada	39.93	37.53													
B Arena.	19.07	16.16													
C Arena Rio Doñaana	41	38.54	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200			
Mezcla	100	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1						
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8						

#	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.53	37.53	37.53	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	16.16	16.16	16.16	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.77	1.77	1.77	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619	2.585
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.1	6.1	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1194.4	1196.5	1192.1	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1195.7	1197.8	1193.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	684.0	685.5	682.6	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	511.7	512.3	510.5	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.334	2.336	2.335	2.335
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.427	2.427	2.427	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	3.768	3.768	3.768	
20	% de vacios con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	3.84	3.78	3.80	3.81
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.441	2.441	2.441	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.597	4.597	4.597	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	1.570	1.570	1.570	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23^2 * 21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	-23.20	-23.20	-23.20	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3 + 4) * 17/21$	%	53.02	53.06	53.05	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25 + 20)$	%	43.13	43.16	43.15	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	46.98	46.94	46.95	46.96
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	18.46	18.46	18.46	
29	Relacion betun vacios $(26/27) * 100$	%	91.82	91.94	91.91	91.89
30	Lectura del aro.	kg	300	295	288	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1263	1242	1213	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1263	1242	1213	1239
34	Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	15	14	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.81	3.56	3.56	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3315	3493	3410	3406

Observaciones :





ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana RESP. LAB. : G.R.R
 MATERIAL : Mezcla de agregados TEC. LAB. : H.C.R
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz											
A Grava Triturada	39.93	37.33												
B Arena.	19.07	16.08												
C Arena Rio Doñaana	41	38.34	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200		
Mezcla	100.0	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1					
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8					

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.33	37.33	37.33	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	16.08	16.08	16.08	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.75	1.75	1.75	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619	2.585
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.2	6.2	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1191.5	1192.5	1193.2	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1192.8	1194.0	1194.9	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	675.5	676.9	676.9	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	517.3	517.1	518.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.303	2.306	2.303	2.304
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.440	2.440	2.440	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc.	3.714	3.714	3.714	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	5.61	5.49	5.60	5.57
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.442	2.442	2.442	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	4.596	4.596	4.596	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P- 8)+(4*P-10))$	gr/cc.	1.594	1.594	1.594	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	-22.26	-22.26	-22.26	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	52.03	52.09	52.03	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	42.36	42.42	42.37	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	47.97	47.91	47.97	47.95
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	18.39	18.39	18.39	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	88.31	88.53	88.32	88.39
30	Lectura del arco.	kg	212	216	221	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	894	911	932	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida $31*32$	kg	894	911	932	913
34	Lectura del fleximetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	15	15	16	15
35	Fluencia	m.m.	3.81	3.81	4.06	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2347	2391	2293	2344

Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Kimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID GUANO KIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 17267



TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100

CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana

RESP. LAB. : G.R.R

MATERIAL : Mezcla de agregados


TEC. LAB. : H.C.R


SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

FECHA : 05-10-2020

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
1.- PESO DEL MATERIAL	1203.0	1203.5	1202.0	1204.0	1203.0	
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	8392.0	8392.0	8392.0	8392.0	8392.0	
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)	9595.0	9595.5	9594.0	9596.0	9595.0	
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)	9100.0	9102.0	9102.0	9100.0	9102.0	
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL	495.0	493.5	492.0	496.0	493.0	
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	2.430	2.439	2.443	2.427	2.440	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA	2.430	2.439	2.443	2.427	2.440	

Observaciones :


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rivarochin Rivarochin
 LABORATORISTA SUJOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAUDIO RIVARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 17267

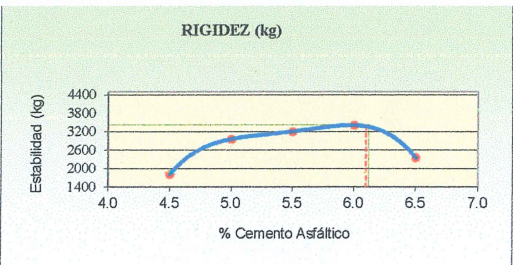
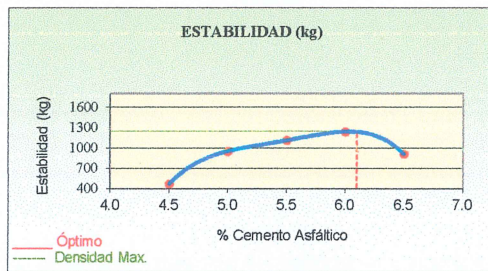
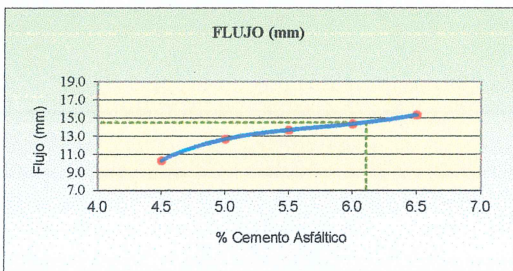
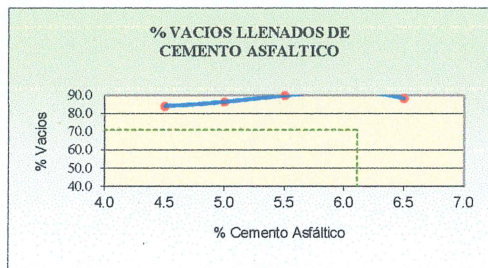
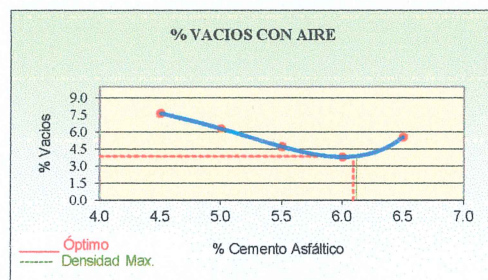
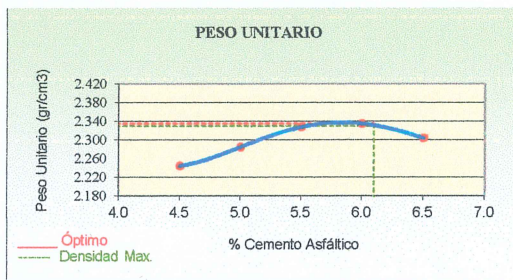


ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100
CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana **RESP. LAB.** : G.R.R
MATERIAL : Mezcla de agregados **TEC. LAB.** : H.C.R
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA **FECHA** : 05-10-2020



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	6.10
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.330
Vacios (%)	3.9
Vacios del Agregado mineral (%)	13.0
Vacios Llenados de C.A (%)	71.0
Flujo (mm)	3.7
Estabilidad (Kg)	1250
Relación Polvo Asfalto	1.18

Observaciones :

GSE LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Ceremias Rimarachin / Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GSE LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID ELAND RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYO DE ADHERENCIA AGREGADO GRUESO (CANTERA LOS PEROLES)

**DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE ADHERENCIA NORMA ASTM D 1664 / MTC E 517

OBRA : "TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHOTA DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CANTERA : LOS PEROLES
UBICACIÓN : -
GRADACION : MAC2

HECHO POR: G.R.R
ING. RESPONSABLE: H.C.R
FECHA: 06-10-20

MUESTRA

Mezcla Asfáltica - Diseño Tentativo

Bitumen - Aditivo :

◦ Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico PEN 60/70 [en peso de la mezcla asfáltica total]	5.80 %
◦ Aditivo Mejorador de Adherencia - Zycotherm [en peso del contenido óptimo del Cemento Asfáltico]	0.07 %

Agregados Pétreos [Proporciones] :


◦ Agregado Grueso [Piedra Chancada Tmáx. 3/4"]	100.0 %
	100.0 %


[Estimación Visual]

RECUBRIMIENTO	%	100%	100%
PORCENTAJE ESPECIFICADO	%	Min. 95 %	Min. 95 %
PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO	%	+ 95	+ 95

OBSERVACIONES: Ensayo realizado en Laboratorio de Obra

En la seccion 423 pavimento de concreto asfaltico en caliente - sub seccion 423.02 Materiales Tabla 423-07 Requerimientos para los agregados gruesos - adherencia MTC E 517 - se requiere +95 (EG-2013)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID ELIÑO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 77267



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + 1% CAUCHO

 LABORATORIO
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAUDIO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 17267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

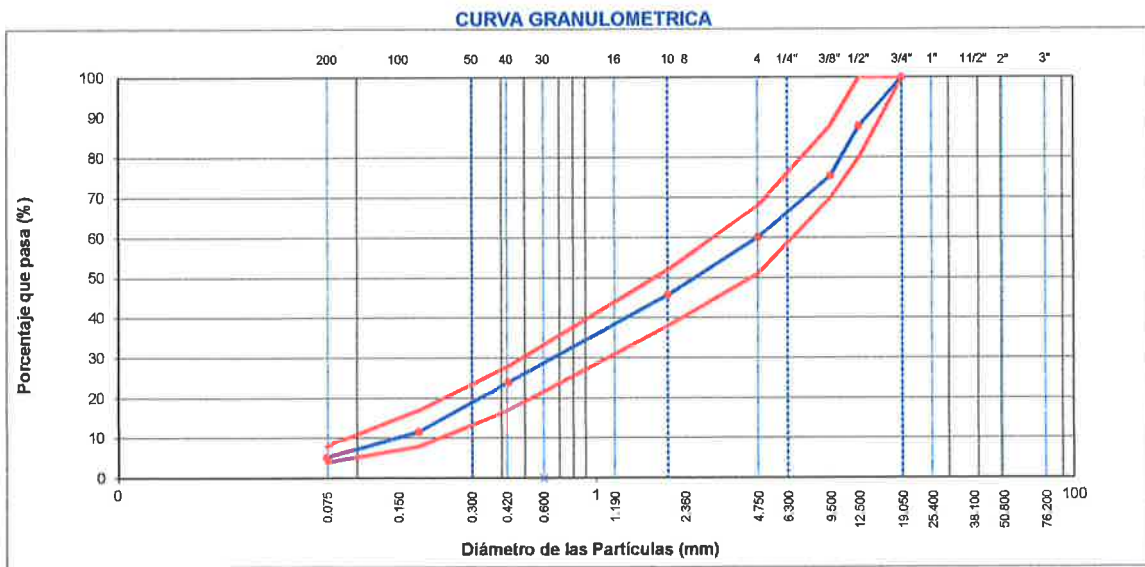
TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

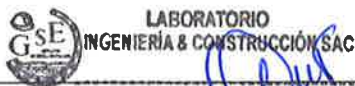
DESCRIPCIÓN : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 1% Caucho
 CANTERA : AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
 RESP. LAB. : H.C.R
 TEC. LAB. : G.R.R
 FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%
PEN 85/100	

DATOS ENSAYO								DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN N MAC - 2		
1"	25.000					100	100	TAMAÑO MÁXIMO 3/4" Peso inicial seco : 10000.0 gr Peso fracción fino : 600.0 gr
3/4"	19.000				100.0	100	100	
1/2"	12.500	1213	12.1	12.1	87.9	80	100	
3/8"	9.500	1253	12.5	24.7	75.3	70	88	
Nº 4	4.750	1527	15.3	39.9	60.1	51	68	
Nº 10	2.000	142.5	14.3	54.2	45.8	38	52	
Nº 40	0.425	218.8	21.9	76.1	23.9	17	28	
Nº 80	0.180	122.3	12.2	88.3	11.7	8	17	
Nº 200	0.074	65.0	6.5	94.9	5.1	4	8	
< Nº 200	FONDO	51.4	5.1	100.0				



Observaciones :



Geremias Rimarochin Rimarochin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO





ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 1% Caucho
CANTERA : AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Dofiaana **RESP. LAB.** : H.C.R
MATERIAL : Mezcla de agregados **TEC. LAB.** : G.R.R
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA **FECHA** : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz													
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200				
A Grava Triturada	39.93	37.49														
B Arena.	60.07	56.41														
Mezcla	100	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1							
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8							

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.1	6.1	6.1	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.49	37.49	37.49	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	56.41	56.41	56.41	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc	2.619	2.619	2.619	2.585
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.1	6.1	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1179.9	1187.8	1182.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1181.0	1189.0	1182.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	660.3	667.0	662.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c	520.7	522.0	520.6	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc	2.266	2.275	2.271	2.271
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.414	2.414	2.414	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2.6) + (3 \cdot 2) / (7 \cdot 8) + (4 \cdot 2) / (9 + 10))$	gr/cc	2.386	2.386	2.386	
20	% de vacios con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	6.12	5.72	5.89	5.91
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100 \cdot 21) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc	2.612	2.612	2.612	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100 \cdot 21) / ((3/7) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc	2.633	2.633	2.633	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P- 8) + (4 \cdot P- 10))$	gr/cc	2.648	2.648	2.648	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 \cdot 6(23-21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.53	0.53	0.53	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) \cdot 17/21$	%	81.45	81.79	81.64	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 \cdot (25+20)$	%	12.43	12.49	12.46	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.55	18.21	18.36	18.37
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	5.60	5.60	5.60	
29	Relacion betun vacios $(26/27) \cdot 100$	%	67.02	68.57	67.90	67.83
30	Leclura del aro	kg	285	281	282	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1198	1183	1188	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1198	1183	1188	1190
34	Leclura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	12	13	13
34	Fluencia	m.m	3.30	3.05	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3628	3883	3597	3702

Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremas Rina Pachy Rina Pachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CARRANZA MARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N.º 7267



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 208 ASTM D- 2041


DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 1% Caucho
 CANTERA : AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

RESP. LAB. : H.C.R
 TEC. LAB. : G.R.R
 FECHA : 05-10-2020

PORCENTAJE DE ASFALTO				6.1		
1.- PESO DEL MATERIAL				1202.0		
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE				8392.0		
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)				9594.0		
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)				9096.0		
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL				498.0		
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO				2.414		
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA				2.414		

Observaciones :

 **LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**
Geremas Rimarachin Yamarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 **LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**
HENRY DAVID CARRANZA YAMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + 2% CAUCHO



DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

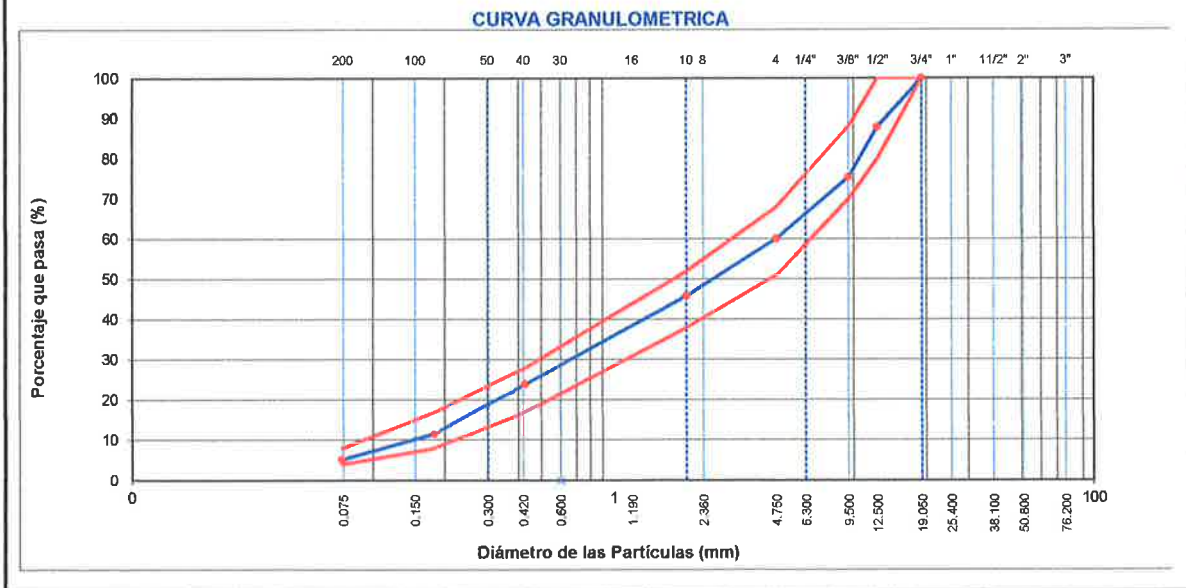
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

DESCRIPCIÓN : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 2% Caucho
 CANTERA : AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

RESP. LAB. : H.C.R
 TEC. LAB. : G.R.R
 FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%
PEN 85/100	

DATOS ENSAYO								DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC - 2		
1"	25.000					100	100	TAMAÑO MAXIMO 3/4" Peso inicial seco : 10000.0 gr Peso fraccion fino : 600.0 gr
3/4"	19.000				100.0	80	100	
1/2"	12.500	1213	12.1	12.1	87.9	70	88	
3/8"	9.500	1253	12.5	24.7	75.3	51	68	
Nº 4	4.750	1527	15.3	39.9	60.1	38	52	
Nº 10	2.000	142.5	14.3	54.2	45.8	17	28	
Nº 40	0.425	218.8	21.9	76.1	23.9	8	17	
Nº 80	0.180	122.3	12.2	88.3	11.7	4	8	
Nº 200	0.074	65.0	6.5	94.9	5.1			
< Nº 200	FONDO	51.4	5.1	100.0				



Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremas Rinaraquin Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 77267



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 2% Caucho	RESP. LAB.	: H.C.R
CANTERA	: AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Doñaana	TEC. LAB.	: G.R.R
MATERIAL	: Mezcla de agregados	FECHA	: 05-10-2020
SOLICITANTE	: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA		

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz												
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200			
A Grava Triturada	39.93	37.49													
B Arena.	60.07	56.41													
Mezcla	100	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1						
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8						

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	
2	C A en peso de la mezcla	%	6.1	6.1	6.1	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.49	37.49	37.49	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	56.41	56.41	56.41	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso especifico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619	2.595
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.1	6.1	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1183.3	1179.2	1185.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1186.1	1181.4	1187.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	648.0	645.7	649.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	538.1	535.7	538.5	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.199	2.201	2.201	2.201
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.388	2.388	2.388	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.386	2.386	2.386	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	7.90	7.81	7.80	7.84
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.612	2.612	2.612	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.633	2.633	2.633	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P- 8)+(4*P-10))$	gr/cc.	2.615	2.615	2.615	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.04	0.04	0.04	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	79.04	79.12	79.13	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	13.06	13.07	13.07	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	20.96	20.88	20.87	20.90
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	6.06	6.06	6.06	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	62.30	62.60	62.64	62.52
30	Lectura del aro.	kg	181	172	178	
31	Eslabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	765	727	752	
32	Factor de eslabilidad		0.93	0.93	0.93	
33	Eslabilidad corregida 31*32	kg	711	676	699	695
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	15	14	14	14
34	Fluencia	m.m	3.81	3.56	3.56	
35	Relacion Eslabilidad / Fluencia	kg/cm	1866	1901	1967	1911

Observaciones :





ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 2% Caucho
CANTERA : AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Doñaana
MATERIAL : Mezcla de agregados
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
RESP. LAB. : H.C.R
TEC. LAB. : G.R.R
FECHA : 05-10-2020

PORCENTAJE DE ASFALTO				6.1		
1.- PESO DEL MATERIAL				1201.0		
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE				8392.0		
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)				9593.0		
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)				9090.0		
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL				503.0		
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO				2.388		
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA				2.388		

Observaciones :

 **LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**
Geremas Rinarachin Rinarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 **LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**
 HENRY DAVID CLAYTON RINARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + 3% CAUCHO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Cas
Geremias Rincón de Rincón
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
H
HENRY DAVID C. J. RINCON
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

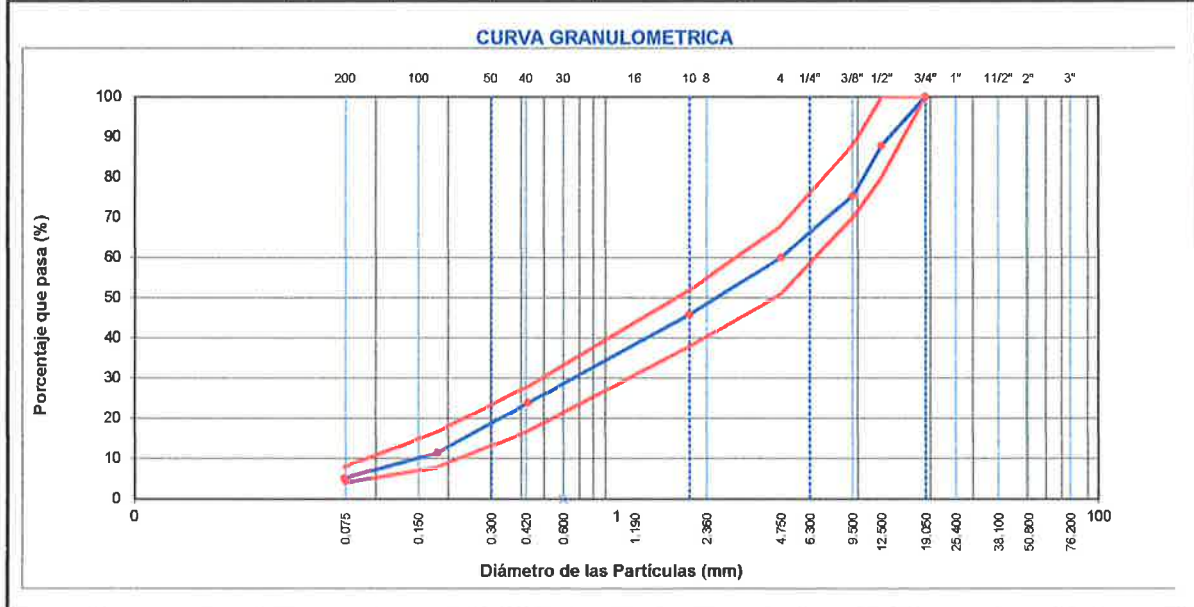
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

DESCRIPCIÓN : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 3% Caucho
 CANTERA : AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Río Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

RESP. LAB. : H.C.R
 TEC. LAB. : G.R.R
 FECHA : 05-10-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%
PEN 85/100	

DATOS ENSAYO								
TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	MAC - 2		
1"	25.000							
3/4"	19.000				100.0	100	100	TAMAÑO MAXIMO 3/4"
1/2"	12.500	1213	12.1	12.1	87.9	80	100	Peso inicial seco : 10000.0 gr
3/8"	9.500	1253	12.5	24.7	75.3	70	88	Peso fraccion fino : 600.0 gr
Nº 4	4.750	1527	15.3	39.9	60.1	51	68	
Nº 10	2.000	142.5	14.3	54.2	45.8	38	52	
Nº 40	0.425	218.8	21.9	76.1	23.9	17	28	
Nº 80	0.180	122.3	12.2	88.3	11.7	8	17	
Nº 200	0.074	65.0	6.5	94.9	5.1	4	8	
< Nº 200	FONDO	51.4	5.1	100.0				



Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rinarachin Rinarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID RINARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CPN 77207



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1569 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 3% Caucho	RESP. LAB.:	H.C.R
CANTERA	: AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Doñaana	TEC. LAB.:	G.R.R
MATERIAL	: Mezcla de agregados	FECHA:	05-10-2020
SOLICITANTE	: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA		

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	39.93	37.49
B Arena.	60.07	56.41

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	
2	C. A. en peso de la mezcla	%	6.1	6.1	6.1	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.49	37.49	37.49	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	56.41	56.41	56.41	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc	2.619	2.619	2.619	2.585
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Allura promedio de la probeta	cm	6.1	6.1	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1183.3	1186.5	1180.9	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1185.2	1199.3	1182.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	626.6	636.9	625.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	558.6	562.4	557.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc	2.118	2.110	2.120	2.116
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.401	2.401	2.401	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/8)+(3*2/(7+8))+4*(2/(9+10)))	gr/cc.	2.386	2.386	2.386	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	11.78	12.14	11.71	11.89
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.612	2.612	2.612	
22	Peso especifico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.633	2.633	2.633	
23	Peso especifico efectivo del agregado total (3+4)/((3P- 8)+(4P-10))	gr/cc.	2.632	2.632	2.632	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	76.14	75.83	76.20	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	12.08	12.03	12.09	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	23.86	24.17	23.80	23.94
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.82	5.82	5.82	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	50.63	49.77	50.81	50.40
30	Lectura del aro	kg	156	161	158	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	660	681	668	
32	Factor de estabilidad		0.89	0.86	0.89	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	587	585	595	589
34	Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	15	15	16	15
34	Fluencia	m.m.	3.81	3.81	4.06	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	1541	1537	1463	1514

Observaciones :





ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D-2041

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 3% Caucho

CANTERA : AG- Cantera los Peroles y AG. Cantera Conchan y Rio Doñaana

RESP. LAB. : H.C.R

MATERIAL : Mezcla de agregados

TEC. LAB. : G.R.R

SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

FECHA : 05-10-2020

PORCENTAJE DE ASFALTO				6.1		
1.- PESO DEL MATERIAL				1203.0		
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE				8392.0		
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)				9595.0		
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)				9094.0		
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL				501.0		
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO				2.401		
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA				2.401		

Observaciones :


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremas Rivarachin Rivarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID RIVARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.O. N° 7267



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + 4% CAUCHO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimbachin Rimbachin
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David C...
INGENIERO CIVIL
Reg. C. N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

DESCRIPCIÓN : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 4% Caucho
 CANTERA : A.G. Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

RESP. LAB. : H.C.R
 TEC. LAB. : G.R.R
 FECHA : 15-09-2020

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%
PEN 85/100	

DATOS ENSAYO								
TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	N MAC - 2		
1"	25.000					100	100	TAMAÑO MAXIMO 3/4" Peso inicial seco : 10000.0 gr Peso fraccion fino : 600.0 gr
3/4"	19.000				100.0	100	100	
1/2"	12.500	1213	12.1	12.1	87.9	80	100	
3/8"	9.500	1253	12.5	24.7	75.3	70	88	
Nº 4	4.750	1527	15.3	39.9	60.1	51	68	
Nº 10	2.000	142.5	14.3	54.2	45.8	38	52	
Nº 40	0.425	218.8	21.9	76.1	23.9	17	28	
Nº 60	0.180	122.3	12.2	88.3	11.7	8	17	
Nº 200	0.074	65.0	6.5	94.9	5.1	4	8	
< Nº 200	FONDO	51.4	5.1	100.0				



Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremas Rinarachin Rinarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID RIVERO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 71267



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1659 AASTHO T -245

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 4% Caucho
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
 RESP. LAB. : H.C.R
 TEC. LAB. : G.R.R
 FECHA : 15-09-2020

DATOS DE DISEÑO

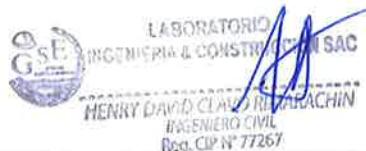
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <3/8"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	39.93	37.49
B Arena	60.07	56.41

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.1	6.1	6.1	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.49	37.49	37.49	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	56.41	56.41	56.41	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619	2.595
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.1	6.1	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1202.0	1205.0	1202.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1200.0	1203.0	1199.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	615.0	623.0	613.0	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	585.0	580.0	586.0	
17	Peso Unitario de la Probeta	gr/cc.	2.055	2.078	2.051	2.061
18	Peso especifico teorico maximo (Rice)	gr/cc.	2.401	2.401	2.401	
19	Maxima densidad teorica de los agregados	gr/cc.	2.386	2.386	2.386	
20	% de vacios con aire	%	14.43	13.48	14.58	14.16
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.612	2.612	2.612	
22	Peso especifico Aparente del agregado total	gr/cc.	2.633	2.633	2.633	
23	Peso especifico efectivo del agregado total	gr/cc.	2.632	2.632	2.632	
24	Asfalto absorbido por el agregado total	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	73.85	74.68	73.73	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta	%	11.72	11.85	11.70	
27	% vacios del agregado mineral	%	26.15	25.32	26.27	25.91
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla	%	5.82	5.82	5.82	
29	Relacion betun vacios	%	44.81	46.78	44.52	45.37
30	Lectura del aro	kg	123	126	132	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	522	534	539	
32	Factor de estabilidad		0.83	0.83	0.81	
33	Estabilidad corregida	kg	433	443	453	443
34	Lectura del fleximetro	pul.	15	15	15	15
34	Fluencia	m.m.	3.81	3.81	3.81	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	1136	1164	1189	1163

Observaciones :





ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D-2041

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 4% Caucho
 CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Río Doñaana
 MATERIAL : Mezcla de agregados
 SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA
 RESP. LAB. : H.C.R
 TEC. LAB. : G.R.R
 FECHA : 15-09-2020

PORCENTAJE DE ASFALTO				6.1		
1.- PESO DEL MATERIAL				1203.0		
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE				8392.0		
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)				9595.0		
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)				9094.0		
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL				501.0		
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO				2.401		
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA				2.401		

Observaciones :

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremas Rinarachin Rinarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID SANCHEZ RINARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + 5% CAUCHO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rinarachin Rinarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David C. Rinarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

DESCRIPCIÓN : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 5% Caucho
CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana
MATERIAL : Mezcla de agregados
SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

RESP. LAB. : S.B.F.
TEC. LAB. : C.A.D.S.
FECHA : 15-09-2020

DATOS DE DISEÑO

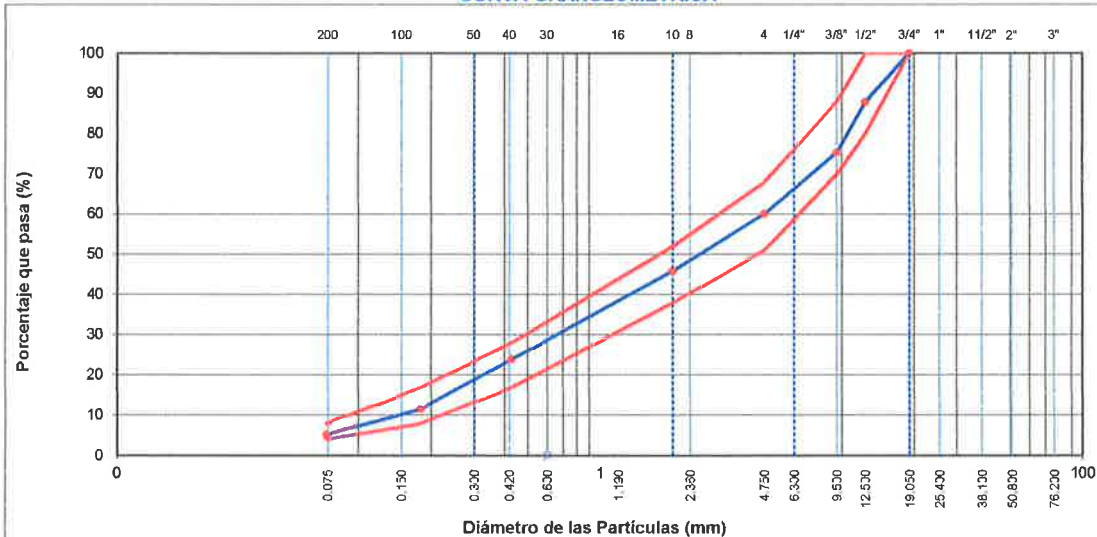
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%

PEN 85/100

DATOS ENSAYO

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC - 2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)							
1"	25.000							TAMAÑO MÁXIMO 3/4" Peso inicial seco : 10000.0 gr Peso fracción fino : 600.0 gr
3/4"	19.000				100.0	100	100	
1/2"	12.500	1213	12.1	12.1	87.9	80	100	
3/8"	9.500	1253	12.5	24.7	75.3	70	88	
Nº 4	4.750	1527	15.3	39.9	60.1	51	68	
Nº 10	2.000	142.5	14.3	54.2	45.8	38	52	
Nº 40	0.425	218.8	21.9	76.1	23.9	17	28	
Nº 80	0.180	122.3	12.2	88.3	11.7	8	17	
Nº 200	0.074	65.0	6.5	94.9	5.1	4	8	
< Nº 200	FONDO	51.4	5.1	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones :

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Kinkarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID GARCÍA MARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 5% Caucho	RESP. LAB. :	S.B.F.
CANTERA	: A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana	TEC. LAB. :	C.A.D.S.
MATERIAL	: Mezcla de agregados	FECHA :	15-09-2020
SOLICITANTE	: KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA		

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	39%
Arena Zarandeada <1/4"	20%
Arena Zarandeada <1/4"	41%
PEN 85/100	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz										
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200	
A Grava Triturada	39.93	37.49											
B Arena	60.07	56.41											
Mezcla	100	100.0	87.9	75.3	60.1	45.8	23.9	11.7	5.1				
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8				

#	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A en peso de la mezcla	%	6.1	6.1	6.1	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	37.49	37.49	37.49	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	56.41	56.41	56.41	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc	2.551	2.551	2.551	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc	2.619	2.619	2.619	2.585
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc	2.620	2.620	2.620	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc	2.642	2.642	2.642	2.631
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.1	6.1	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1212.0	1208.0	1203.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1210.0	1206.0	1201.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	609.0	611.0	609.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	601.0	595.0	592.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc	2.017	2.030	2.032	2.026
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 , MTC E 508)	gr/cc	2.401	2.401	2.401	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc	2.386	2.386	2.386	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	16.02	15.45	15.37	15.61
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.612	2.612	2.612	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.633	2.633	2.633	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P- 8)+(4*P-10))$	gr/cc	2.632	2.632	2.632	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	72.48	72.97	73.04	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	11.50	11.58	11.59	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	27.52	27.03	26.96	27.17
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.82	5.82	5.82	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	41.79	42.84	42.98	42.54
30	Lectura del arco	kg	104	105	108	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	442	446	459	
32	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81	
33	Estabilidad corregida $31*32$	kg	358	361	372	364
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	16	16	15	16
34	Fluencia	m.m	4.06	4.06	3.81	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	881	889	975	915

Observaciones :





ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA"

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

DESCRIPCION : Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con PEN 85/100 + 5% Caucho

CANTERA : A.G- Cantera los Peroles y A. F. Canteras Conchan y Rio Doñaana

RESP. LAB. : S.B.F.

MATERIAL : Mezcla de agregados

TEC. LAB. : C.A.D.S.

SOLICITANTE : KELVIN JHONI CARRANZA HERRERA

FECHA : 15-09-2020

PORCENTAJE DE ASFALTO				6.1		
1.- PESO DEL MATERIAL				1203.0		
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE				8392.0		
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)				9595.0		
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)				9094.0		
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL				501.0		
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO				2.401		
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA				2.401		

Observaciones :



LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Geremas Rimacochan Rimbachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

HENRY DAVID C. RIMBACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. (C) N° 77267



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

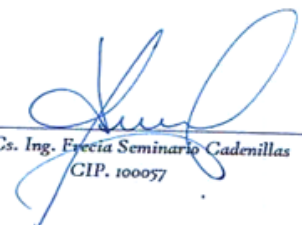


ACTA DE CONFORMIDAD

Chota, 29 de Diciembre del 2021.

Mediante la presente la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería da conformidad que el bachiller: **Kelvin Jhoni Carranza Herrera**, ha presentado la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO RESIDUOS DE NEUMÁTICOS, CHOTA”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 80 % de originalidad, estando dentro de los límites permitidos, por tanto se da la autorización para que se continúe el proceso de sustentación final.

Sin otro particular.



M. Cs. Ing. Ezequiel Seminario Cadenillas
CIP. 100057

Jefe de la Unidad de Investigación FCI-UNACH