UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

"INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MONTES CAURINO RONALT ROOSVELT

ASESOR:

ING. MAGUIÑA SALAZAR WALTHER TEÓFILO

HUARAZ – ANCASH – PERÚ

2021

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: MONTES CAURINO RONALT ROOVELT

Código de alumno: 091.0904.391 Teléfono: 976875255

E-mail: ronad_15_1@hotmail.com D.N.I. n°: 45175075

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- (●) Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional
- ( ) Trabajo Académico
- ( ) Trabajo de Investigación
- ( ) Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

4. Título del trabajo de investigación:

INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ - ANCASH,AÑO 2020

5. Facultad de: Ingeniería Civil

6. Escuela o Carrera: Ingeniería Civil

7. Línea de Investigación(*): Ingeniería Transportes

8. Sub-línea de Investigación(*): Innovaciones tecnológicas,económicas,sociales,humanísticas,ambientales de ciencias básicas y procesos productivos

(*)Según resolución de aprobación del proyecto de tesis

9. Asesor:

Apellidos y nombres MAGUIÑA SALAZAR WALTHER TEÓFILO D.N.I n°: 31605837

E-mail: wmaguinas@unasam.edu.pe ID ORCID:

10. Referencia bibliográfica: Tesis en formato APA

11. Tipo de acceso al Documento:

- ( ) Acceso público* al contenido completo.
- (●) Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

……

14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz, 19/10/2021

Firma: Varillas Wiliam Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

*__Acceso abierto__: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	259

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL Nº 253

En la ciudad de Huaraz, al (a los) **DICINUEVE** día (s) del mes de **OCTUBRE** del **DOS MIL VEINTEIUNO**, siendo las **17:00** horas, se reunieron el Jurado Examinador integrado por:

PRESIDENTE	:	**Dr. Ing. JOAQUÍN SAMUEL TAMARA RODRÍGUEZ**
SECRETARIO	:	**Mag. Ing. OSCAR FREDY ALVA VILLACORTA**
VOCAL	:	**Ing. CALANCIO FRANCISCO ROSALES SÁNCHEZ**
y;	:	
ASESOR	:	**Mag. Ing. WHALTER TEOFILO MAGUIÑA SALAZAR**
CO - ASESOR	:	

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad: [X] Tesis [ ] Proyecto [ ] Proyecto de Experiencia Profesional, del (de la) Bachiller: **RONALT ROOSVELT MONTES CAURINO**

del (de la) (Tesis) - (Proyecto) - (Proyecto de Experiencia Profesional):

"INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020"

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y, aclaraciones y su absolución, el Jurado Examinador determinó la calificación de:

APROBADO ------

Siendo las **18:30** horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

PRESIDENTE
Dr. Ing. JOAQUÍN SAMUEL TAMARA RODRÍGUEZ

SECRETARIO
Mag. Ing. OSCAR FREDY ALVA VILLACORTA

VOCAL
Ing. CALANCIO FRANCISCO ROSALES SÁNCHEZ

ASESOR
Mag. Ing. WHALTER TEOFILO MAGUIÑA SALAZAR

CO - ASESOR

SUSTENTANTE
RONALT ROOSVELT MONTES CAURINO

DEDICATORIA

A mi madre lucia Caurino cueva, que iluminaron mi camino con su experiencia y sabiduría; guiando siempre mis pasos con amor y cariño para que hoy día pueda cumplir uno de mis objetivos profesionales.

A mis hermanos Hilda, María, Eliseo, Eberth y Roberth, que me dieron las fuerzas para seguir siempre adelante y poder lograr así una de mis metas trazadas.

A mis amigos inseparables del código 091 de la FIC, que siempre estuvieron en los momentos alegres y difíciles, siempre apoyándonos unos a otros cuando se necesitaba de los verdaderos amigos.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento A la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, que es la Alma Mater de las generaciones venideras, por haberme dado la oportunidad de formarme en sus aulas y salir profesional.

A mis docentes, por sus invalorables enseñanzas en mi formación profesional; enseñanzas que han servido para darme una base sólida para la culminación de una de mis metas.

A mi asesor, **Ing. Maguiña Salazar Walther Teófilo** por compartir su experiencia y gran apoyo en la elaboración de la presente investigación.

Al **Ing. Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel; Ing. Fredy Alva; Ing. Rosales Sánchez Calancio Francisco**. Por su apoyo, sus importantes aportes en la revisión como jurados de mi tesis.

A Dios por guiarme paso a paso, por tomar decisiones correctas, por darme una madre ejemplar. Y nunca abandonarme y siempre estar aquí junto a mí, y a mi familia.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA…….....i
AGRADECIMIENTO ii
INDICE DE CONTENIDO iii
INDICE DE TABLAS vii
INDICE DE FIGURAS.....x
RESUMEN……. xiv
ABSTRACT…….....xv
CAPITULO I…… 1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1. Situación problemática 1
1.2. Formulación del problema.....3
Problema General……..3
Problemas Específicos.....3
1.3. Justificación.....4
1.4. Objetivos…… 5
General…… 5
Específicos…….....5
1.5. Hipótesis 6
Hipótesis General 6
Hipótesis específicas 6
1.6. Variables 7
Variable dependiente:.....7
Variable independiente:.....7
Operacionalización de variables.....7
CAPITULO II 9
MARCO TEORICO.....9
2.1. Antecedentes de la investigación.....9
2.1.1.Antecedentes Internacionales 9
2.1.2.Antecedentes Nacionales.....13

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2.2. Bases teóricas 18
Diseño pavimento asfaltico 18
Mezclas asfálticas en caliente 20
Componentes de una mezcla asfáltica en caliente 20
Característica y comportamiento de la mezcla asfáltica 25
Propiedades consideradas en el diseño de mezclas asfálticas. 29
Método de diseño Marshall 38
Mezcla asfáltica con adición de partículas de caucho reciclado 41
2.3. Marco normativo 47
2.4. Definición de términos 50
CAPITULO III 53
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 53
3.1. Perspectiva metodológica y tipo de investigación 53
Enfoque 53
Tipo de investigación 53
Nivel de investigación 54
Diseño de investigación 54
Límites de la investigación 55
3.2. Contexto y unidad de análisis: población y muestra 56
Contexto 56
Población y Muestra 56
3.3. Métodos, Técnica y recursos empleados en la Investigación 58
Métodos de Investigación 58
Técnicas e Instrumentos de recolección de datos 59
Recursos Empleados 60
3.4. Procedimiento de recolección de datos 61
3.4.1.Ensayos en los agregados. 61
3.4.2.Mezcla de agregados. 111
3.4.3.Incorporación de caucho por vía húmeda 114
3.4.4.Preparación de las probetas 116
3.5. Procedimiento de análisis de datos 137
CAPITULO IV 139

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

RESULTADOS……..139
4.1. Agregados…….139
Agregado grueso.....139
Agregado fino……...140
4.2. Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional.....141
a) Peso unitario de la muestra compactada.....141
b) Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%VMA).....142
c) Porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada. 143
d) Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (%V.LL.C.A.).....144
e) Cálculo del contenido óptimo de asfalto convencional.....145
f) Ensayo de inmersión- compresión.....148
4.3. Resultado del diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional 149
4.4. Diseño de la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho mediante proceso por vía húmeda……. 150
a) Peso unitario de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho…… 150
b) Porcentajes de vacíos en el agregado mineral (%VMA) de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho 151
c) Porcentaje de vacíos de aire (%Va) de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho.....152
d) Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (%V.LL.C.A.) de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho 153
e) Cálculo de parámetros Marshall de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho.....154
f) Ensayo de inmersión- compresión de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho.....161
4.5. Resultado del diseño de la mezcla asfáltica modificada con 15% de granos de caucho…….....162
4.6. Resultado del diseño de la mezcla asfáltica modificada con 20% de granos de caucho…….....163
4.7. Comparación de resultados de mezcla asfáltica convencional y modificada.....165
CAPITULO V…….....175
DISCUSION……. 175
5.1. Contrastación de las hipótesis 175

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

a) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda influye en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.....175

b) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la estabilidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.....176

c) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la fluencia del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.....177

d) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la densidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.....178

e) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda en el contenido de vacíos mejora el comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.....178

f) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la resistencia a la compresión-inmersión del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente…….....180

CONCLUSIONES…… 182

RECOMENDACIONES.....185

BIBLIOGRAFICA.....187

ANEXOS…….. 193

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadística de suministros de neumáticos en el Perú.....2

Tabla 2. Causa y Efecto de Estabilidad en el Pavimento.....30

Tabla 1. Causa y Efecto de Poca Durabilidad 32

Tabla 2. Causas y Efectos de la Permeabilidad 33

Tabla 3. Causa y Efecto de la Trabajabilidad 35

Tabla 4. Causa y Efecto de una Mala Resistencia a la Fatiga 37

Tabla 5. Causa y Efecto de Poca Resistencia al Deslizamiento 38

Tabla 6. Requerimiento para los Agregados Gruesos.....47

Tabla 7. Requerimiento para los Agregados Finos.....48

Tabla 8. Requerimientos de Usos Granulométricos 49

Tabla 9. Selección del Tipo de Cemento Asfaltico 50

Tabla 10. Resumen de Análisis Granulométrico de Arena Natural y Arena Triturado 65

Tabla 11. Resumen de Análisis Granulometría de Piedra Triturada.....65

Tabla 12. Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados 69

Tabla 13. Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas.....71

Tabla 14. Resultados de Ensayo de Abrasión.....73

Tabla 15. Resultado de Ensayo de Adherencia.....75

Tabla 16. Resultados de Durabilidad al Sulfato de Sodio y Magnesio.....77

Tabla 17. Resultados Índice de Durabilidad 83

Tabla 18. Resultado de Equivalente de Arena 88

Tabla 19. Resultado de Angularidad del Agregado Fino.....90

Tabla 20. Resultado de Ensayo de Azul de Metileno 94

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Tabla 21. Resultado del Índice de Plasticidad (malla N° 40) 98

Tabla 22. Resultado de Índice de Plasticidad (malla N° 200) 98

Tabla 23. Resultado de Sales Solubles Totales.....102

Tabla 24. Resultado de Gravedad Especifica de Agregado Fino.....107

Tabla 25. Resultado del Porcentaje de Absorción del Agregado Fino 107

Tabla 26. Resultados de Gravedad Especifica de Agregado Grueso.....110

Tabla 27. Resultados de Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso.....111

Tabla 28. Análisis Granulométrico de la Mezcla de Agregados.....113

Tabla 29. Granulometría de granos de caucho.....115

Tabla 30. Temperatura de producción con 15%GC.....115

Tabla 31 Temperatura de producción con 20% GC.....115

Tabla 32. Resultados de Requerimiento para Agregado Grueso 140

Tabla 33. Resultados de Requerimiento para Agregado Fino 141

Tabla 34. Resumen del peso unitario de la mezcla asfáltica convencional 142

Tabla 35. Resumen de Porcentajes de Vacíos en el Agregado Mineral (%VMA) 143

Tabla 36. Resumen de Porcentaje de Vacíos (%Va) 144

Tabla 37. Resumen de Porcentajes de Vacíos Llenos de Asfalto (% V.LL.C.A.).....144

Tabla 38. Análisis de inmersión- compresión -convencional.....148

Tabla 39. Requerimientos EG-2013 y diseño de Marshall de la mezcla asfáltica convencional……...149

Tabla 40. Resumen del peso unitario de la mezcla asfáltica modificada (con 15%GC) 151

Tabla 41. Resumen del peso unitario de la mezcla asfáltica modificada (con 20%GC) 151

Tabla 42. Resumen de %VMA con 15% GC.....152

Tabla 43. Resumen de %VMA con 20%GC.....152

Tabla 44. Resumen de Porcentaje de Vacíos con 15%GC.....153

Tabla 45. Resumen de Porcentaje de Vacíos con 20%GC.....153

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 46. Resumen de Porcentajes de Vacíos Llenos de Asfalto con 15%GC.....154

Tabla 47. Resumen de Porcentajes de Vacíos Llenos de Asfalto con 20%GC.....154

Tabla 48. Análisis de inmersión- compresión con 15%GC 162

Tabla 49. Análisis de inmersión- compresión con 20%GC 162

Tabla 50. Requerimientos EG-2013 y diseño de Marshall de la mezcla asfáltica Modificada con 15% de granos de caucho 163

Tabla 51. Requerimientos EG-2013 y diseño de Marshall de la mezcla asfáltica..... Modificada con 20% de granos de caucho 164

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de Pavimento Flexible.....19

Figura 2. Composición Química.....22

Figura 3. Del VMA en una Probeta de Mezcla Compactada.....28

Figura 4. Estructura del Neumático.....42

Figura 5. Acumulación de neumáticos a la orilla del camino.....43

Figura 6. Esquema de Fabricación de Asfalto Caucho por Vía Húmeda.....46

Figura 7. Ubicación de Planta (cantera).....61

Figura 8. Material de agregado grueso y fino.....62

Figura 9. Tamizado de Agregado Grueso.....64

Figura 10. Porcentaje de Caras Fracturadas.....68

Figura 11. Dispositivo Calibrador Proporcional.....70

Figura 12. Partículas Chatas y Alargadas.....71

Figura 13.Máquina de los Ángeles y muestra agregado para abrasión.....73

Figura 14. Mezcla de Agregado con Asfalto, mezcla para que enfrié a temperatura..... ambiente.....75

Figura 15. Material para el ensayo de Índice de Durabilidad, agitar el recipiente con el agregado por un periodo de 10 minutos.....83

Figura 16. Agitación del Cilindro por el Método Manual.....86

Figura 17. Procedimiento de irrigación.....87

Figura 18. Contenido en reposo.....88

Figura 19. Aparato para Medir la Angularidad del Agregado Fino.....89

Figura 20. Vierte la Arena por el embudo hasta que rebose el cilindro.....90

Figura 21. Agitando la solución colorante.....93

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 22. Aparición de Aureola en el ensayo de Azul de Metileno.....94

Figura 23. Determinación el Limite Liquido.....97

Figura 24. Muestras en Vasos de Precipitado.....101

Figura 25. Peso de Volumen de Aforo de arena combinada 102

Figura 26. Compactación del Árido Fino con 25 golpes 104

Figura 27. Primer Desmoronamiento Superficial.....105

Figura 28. Introduciendo en el Picnómetro 500 ± 10g de árido fino saturado superficialmente seco.....106

Figura 29. Llenado Parcial del Picnómetro con Agua.....106

Figura 30. Secado de Partículas sobre un Paño Absorbente.....109

Figura 31. Muestra Sumergida en Agua 110

Figura 32. Representación Gráfica del Análisis Granulométrico de la Mezcla de Agregados 113

Figura 33. Proveedor de granos de caucho 114

Figura 34. Tamizado de granos de caucho 114

Figura 35. Mezcla de agregados para los diferentes porcentajes de cemento asfaltico.....117

Figura 36. Mezclado de Agregado a una Temperatura.....118

Figura 37. Calentamiento del Cemento Asfaltico.....118

Figura 38. Peso total de la Muestra.....119

Figura 39. Mesclado de Agregado y Cemento Asfaltico a una Temperatura de 148 °C...119

Figura 40. Colocación de la Mezcla Asfáltica en el Molde.....120

Figura 41. Compactación de las 15 Muestras de Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional 121

Figura 42. Extracción de las 15 Muestra con Diferentes Porcentajes de Cemento Asfaltico del Molde 122

Figura 43. Combinación del Cemento Asfaltico con Polvo de Caucho 123

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 44. Calentar los Agregados a una Temperatura de 150°C 123

Figura 45. Mesclado del Cemento Asfaltico y Agregados 124

Figura 46. Chusear la Mezcla en el Molde 15 veces en los Bordes y 10 veces al interior y...

la Colocación de Papel no Absorbente 125

Figura 47. Compactación de 15 Muestras con 15% Polvo de Caucho y 15 Muestras con.....

20% Polvo de Caucho.....125

Figura 48. Muestras Modificados con 15 % y 20 % de Polvo de Caucho.....126

Figura 49. Peso de la Briqueta al Aire 127

Figura 50. Peso de la Briqueta en el Agua.....128

Figura 51. Sumergiendo las briquetas en baño de agua a 60 °C por 30 minutos 128

Figura 52. Secado de briqueta y colocado al aparato Marshal 129

Figura 53. Ensayo de Marshall Rotura de Briquetas 130

Figura 54. Muestras Enfriados a temperatura ambiente 131

Figura 55. Agregar Agua a la Muestra y Remover el Aire Atrapado.....132

Figura 56. Llenamos el Recipiente con Agua y lo Pesamos.....132

Figura 57. Muestras de Briquetas para el Ensayo de Inmersion-Compresion.....135

Figura 58. Efectos del agua en la resistencia a la compresion.....135

Figura 59. Muestras de Briquetas Almacenados en un Baño de Aire 136

Figura 60. Muestras de Briquetas Sumergidos en Agua a 60°C.....136

Figura 61. Ensayo de Resistencia a Compresión.....137

Figura 62.% De Cemento Asfaltico Vs Peso Unitario.....145

Figura 63.% De Cemento Asfaltico Vs % de Vacíos 146

Figura 64.% De Cemento Asfaltico Vs % de VMA 146

Figura 65.% De Cemento Asfaltico Vs % de V.LL.C.A. 147

Figura 66.% De Cemento Asfaltico Vs Estabilidad 147

Figura 67.% De Cemento Asfaltico Vs Flujo 148

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 68.%De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs Peso Unitario 155

Figura 69.% De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs %Va 156

Figura 70.% De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs %VMA.....156

Figura 71.% De Cemento Asfáltica + 15%GC Vs %V.LL.C.A. 157

Figura 72.% De Cemento Asfalto + 15%GC Vs Estabilidad 157

Figura 73.% De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs Flujo.....158

Figura 74.% De Cemento Asfaltico + 20%GC Vs Peso Unitario 158

Figura 75.% De Cemento Asfaltico + 20%GC Vs % Va 159

Figura 76.% De Cemento Asfaltico + 20%GC Vs %VMA.....159

Figura 77.% De Cemento Asfaltico +20%GC Vs %VFA 160

Figura 78.% De Cemento Asfaltico +20%GC Vs Estabilidad 160

Figura 79.% De Cemento Asfaltico +20%GC Vs Flujo.....161

Figura 80. Comparación de Estabilidad Marshall Convencional y Modificado.....165

Figura 81. Comparación de Flujo Convencional y Modificado 166

Figura 82. Comparación de Peso Unitario. Convencional y Modificado.....167

Figura 83. Comparación de Porcentaje de Vacíos de Aire Convencional y Modificado ..168

Figura 84. Comparación de Porcentaje de V.M.A. Convencional y Modificado.....170

Figura 85. Comparación de Porcentaje V.LL.C.A. Convencional y Modificado.....171

Figura 86. Comparación de Resistencia a la Compresión Convencional y Modificado ...172

Figura 87. Comparación de Índice de Resistencia Retenida Convencional y Modificado 173

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo general evaluar la influencia de la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente. Se realizó una investigación explicativa a través de un análisis cuantitativo con un diseño experimental de corte longitudinal. El grupo de estudio fueron 42 probetas con la incorporación del caucho de neumático reciclado que se realizó mediante el proceso por vía húmeda y para el diseño de las mezclas asfálticas se utilizó el método Marshall, estos se compararon con 15 probetas de asfalto convencional que representan el grupo de control. Para el desarrollo de esta tesis se adicionó a la mezcla asfáltica porcentajes de caucho de 15% y 20% por vía húmeda; analizando cómo influye en la estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, densidad y la inmersión – compresión, mejorando el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica. Los resultados fueron que con la incorporación de 15% y 20% de granos de caucho, la estabilidad incrementa en un 40.22% y 32.21%, el flujo disminuye en un 16.44% y 20.55%, el porcentaje de vacíos incrementa en 0.55% y 0.15%, el porcentaje de VMA incrementa en un 2.7% y 3%, en el porcentaje de V.LL.C. A se incrementa en un 1.1% y 3.1%, la densidad (peso unitario) disminuye ligeramente en un 3.33% y 3.75% respectivamente respecto a la convencional. Finalmente se concluye en cuanto a la estabilidad y flujo el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificado por vía húmeda tiene mejor rigidez, flexibilidad y elasticidad ante los cambios de temperatura; produciéndose menos casos de ahuellamiento en las carreteras a causa de las deformaciones permanentes bajo cargas de tránsito, en cuanto al %Va, % VMA, % V.LL.C.A. tiene mayor durabilidad y en cuanto a la densidad tiene mayor permeabilidad respecto a la mezcla asfáltica convencional.

Palabras clave: Asfalto en caliente, granos de caucho reciclado.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ABSTRACT

The present research work has the general objective of evaluating the influence of the incorporation of rubber grains by the humid way in the improvement of the mechanical behavior in hot asphalt mixtures. An explanatory investigation was carried out through a quantitative analysis with a longitudinal section experimental design. The study group consisted of 42 test tubes with the incorporation of recycled tire rubber that was carried out through the wet process and for the design of the asphalt mixtures the Marshall method was used, these were compared with 15 conventional asphalt test tubes that represent the control group. For the development of this thesis, rubber percentages of 15% and 20% were added to the asphalt mixture by wet means; analyzing how it influences the stability, flow, void percentage, density and immersion - compression, improving the mechanical behavior of the asphalt mix. The results were that with the incorporation of 15% and 20% of rubber grains, the stability increases by 40.22% and 32.21%, the flow decreases by 16.44% and 20.55%, the percentage of voids increases by 0.55% and 0.15. %, the percentage of VMA increases by 2.7% and 3%, in the percentage of V.LL.C. A increases by 1.1% and 3.1%, the density (unit weight) decreases slightly by 3.33% and 3.75% respectively compared to the conventional one. Finally, in terms of stability and flow, it is concluded that the mechanical behavior of the asphalt mix modified by wet means has better rigidity, flexibility and elasticity in the face of temperature changes; producing fewer cases of rutting on the roads due to permanent deformations under traffic loads, in terms of% Va,% VMA,% V.LL.C.A. it has greater durability and in terms of density it has greater permeability compared to conventional asphalt mix.

Keywords: Hot asphalt, recycled rubber grains.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

En el mundo un grave problema medio ambiental es causado por el desecho de neumáticos fuera de uso. Las principales dificultades generadas por este residuo, tienen que ver con su disposición final, dado que la mayoría de los neumáticos fuera de uso, se encuentran botados a la orilla de los caminos, en sitios descampados o en vertederos clandestinos, ocupando gran espacio, incrementando la posibilidad de incendios y la posible emanación de gases tóxicos, además de contribuir a la proliferación de roedores, insectos y otros posibles focos de infecciones (Cervera Borja , 2016).

El desecho a nivel mundial de llantas anualmente es muy elevado generando un alto impacto negativo en el medio ambiente, por ejemplo, aproximadamente 300 millones de llantas de neumático son desechadas anualmente en los Estados Unidos (Shen, 2007), Neto (2003) dice que en Brasil se producen anualmente cerca de 45 millones de llantas, de las cuales 30 millones son desechadas, Magalhães (2003) menciona que en Brasil hay una cantidad estimada de 900 millones de neumáticos colocados de manera inapropiada en el medio ambiente (Correa Lesmes , 2018).

En el Perú los últimos 5 años las importaciones de neumáticos según la asociación automotriz del Perú son:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 1.*Estadística de suministros de neumáticos en el Perú*

Año	Importación de neumáticos
2015	408,948,551.00
2016	400,722,013.00
2017	416,933,871.00
2018	445,550,660.00
2019	455,340,604.00
2020	379,372,203.00

Fuente: SUNARP-AAP (asociación automotriz del Perú)

Por lo tanto, sabiendo que el tiempo de vida de una llanta es de 5 años, entonces tendríamos aproximadamente 400,000,000.00 millones de llantas de neumáticos son desechados anualmente.

A nivel local la ciudad de Huaraz presenta grandes problemas principalmente porque la mayoría de las llantas son dispuestas como basura en las calles, lo que representa impactos negativos tanto por dañar la armonía paisajista de la cuidad como para el medio ambiente. Esto debido al crecimiento automotriz lo cual no solo genera un problema al medio ambiente sino también ocasiona severos daños a las autopistas, y que con el tiempo de persistir sin un cuidado adecuado nos dejará pavimentos en mal estado afectando aún más el problema ya presente en nuestras carreteras. Ante esta problemática surge la necesidad de desarrollar mezclas asfálticas más resistentes a la acción conjunta del tráfico y del clima, mejorando sus propiedades mecánicas y así dar solución a ciertos inconvenientes que actualmente se presentan en los pavimentos asfalticos en la ciudad de Huaraz.

Debido lo anteriormente expuesto nace la necesidad de un medio ambiente menos contaminado y la búsqueda de mejores materias primas para la pavimentación de vías.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Por tanto, se plantea utilizar materiales de reciclado de llantas de caucho con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica logrando mayor durabilidad, resistencia a las deformaciones frente a factores climatológicos y de tránsito en los pavimentos dándole así mejor comportamiento a la capa asfáltica para prolongar su vida útil, así como también disminuir la contaminación ambiental por el efecto del inadecuado reciclaje de los neumáticos de caucho.

1.2. Formulación del problema

Problema General

¿Cómo influye la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente en Huaraz-Ancash, año 2020?

Problemas Específicos

1. ¿Cómo influye la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la estabilidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente?
2. ¿Cómo influye la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la fluencia del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente?
3. ¿Cómo influye la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la densidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente?
4. ¿Cómo influye la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en el contenido de vacíos en la mejora del comportamiento en las mezclas asfálticas en caliente?

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

5. ¿Cómo influye la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la resistencia a la compresión-inmersión del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente?

1.3. Justificación

En los últimos años el gran aumento del parque automotor en el Perú y en la ciudad de Huaraz, ha generado el uso masivo de neumáticos y con ello las dificultades para su disposición final una vez usados, constituyendo así un grave problema ambiental.

El desarrollo del presente trabajo nos permite adoptar una nueva forma de minimizar la contaminación reutilizando las llantas en desuso en forma de granos de caucho, las cuales serán incorporados por vía húmeda a las mezclas asfálticas en caliente para mejorar el comportamiento mecánico y así se construyan pavimentos asfalticos con mayor durabilidad.

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

Ante los deterioros prematuros que sufren las carpetas asfálticas convencionales como consecuencia de susceptibilidad térmica y mayor número de cargas por eje, la presente investigación pretende aplicar una técnica que permita modificar las propiedades mecánicas del asfalto a través de la incorporación del asfalto caucho por vía húmeda y mejorar el desempeño de la mezcla asfáltica; principalmente propiedades como: viscosidad (asfalto) y, estabilidad y flujo (mezcla asfáltica) (Flores Perez , 2018)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Las vías de comunicación de la ciudad de Huaraz con los diferentes Departamentos ,Provincias o Distritos son muy importantes para el comercio en ese sentido, realizar constantes mantenimientos o cierres temporales por rehabilitaciones de la carpeta de rodadura perjudica a gran parte de la población huaracina y empresarios (nacionales e internacionales); es por ello que la investigación pretende aplicar la técnica asfalto caucho para prolongar la vida útil de la carpeta asfáltica con el fin de mantener transitable las vías de ingreso y salida de la ciudad en beneficio a los usuarios.

1.4. Objetivos

General

Evaluar la influencia de la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente en Huaraz-Ancash, año2020

Específicos

1. Establecer la influencia de la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la estabilidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.
2. Establecer la influencia de la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la fluencia del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.
3. Establecer la influencia de la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la densidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4. Establecer la influencia de la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en el contenido de vacíos en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

5. Hallar la influencia de la incorporación de granos de caucho por vía húmeda en la mejora de la resistencia a la compresión-inmersión del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

1.5. Hipótesis

Hipótesis General

La incorporación de granos de caucho por vía húmeda influye en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente en Huaraz-Ancash, año 2020

Hipótesis específicas

1. La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la estabilidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.
2. La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la fluencia del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.
3. La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la densidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.
4. La incorporación de granos de caucho por vía húmeda en el contenido de vacíos mejora el comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

5. La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la resistencia a la compresión-inmersión del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

1.6. Variables

Variable dependiente:

Comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas en caliente

Variable independiente:

Incorporación de granos de caucho por vía húmeda

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Incorporación de granos de caucho por vía húmeda	Los granos de caucho al mezclarse con el cemento asfáltico, reaccionan con éste, hinchándose y ablandándose por la absorción de aceites aromáticos, los cuales son componentes químicos del asfalto que le dan la consistencia para que sea trabajable. Las partículas hinchadas se vuelven pegajosas, desarrollando propiedades adhesivas. Además, a medida que se reducen los aceites aromáticos que lubrican la mezcla, se observa un aumento en la viscosidad. (Náyade Irene Ramírez Palma, 2006, p.21)	La incorporación de granos de caucho a la mezcla asfáltica es en base a las características de los granos de caucho, temperatura de producción y vía de incorporación	Grano de caucho Temperatura de producción Dosificación	Granulometría menor a la 0.6mm Temperatura de agregados Temperatura de C.A. Temperatura de Mezcla asfáltica Temperatura de compactación 15 % GC 20%GC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente	El comportamiento de las mezclas asfálticas, se determina con una muestra de pavimento preparada en el laboratorio que puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. El análisis está enfocado hacia cuatro características de la mezcla, y la influencia que estas pueden tener en el comportamiento de la mezcla. (Instituto del Asfalto,1982)	El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica con la incorporación de granos de caucho se evalúa en base a los parámetros de Marshall y a la resistencia de Compresion-Inmersion.	Ensayo Marshall	Estabilidad
			Ensayo Marshall	Flujo
			Ensayo peso especifico	Densidad
			Vacíos	- Vacíos de aire (Va) - Vacíos en el Agregado Mineral (VMA) - Vacíos llenos de Asfalto (V.LL.C. A)
			Resistencia a la Compresion-Inmersion	- Resistencia a compresión - Índice de resistencia retenida.

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Es variado el material bibliográfico que se encuentra disponible acerca de este tema. Sin embargo, se ha tratado de enfocar y analizar investigaciones que necesiten y apliquen tecnología disponible en nuestro medio. De esta manera, presentamos a continuación los siguientes estudios:

Díaz & Castro (2017). En su tesis "implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá", indica como objetivo la implementación del GCR en los pavimentos como una alternativa para solucionar problemas de tipo mecánico en los pavimentos y mitigar impactos ambientales que genera el mal manejo de las llantas deshechas. La adición de GCR para la modificación de las mezclas asfálticas, se traduce en una gran cantidad de beneficios, debido a las investigaciones que se han avanzado en los últimos años, han demostrado que este tipo de modificaciones son más durables con respecto a las convencionales, económicas a largo plazo, pues se disminuyen los mantenimientos y aumenta su durabilidad, además contribuyen a la reducción de impactos negativos para el medio ambiente como son, la quema indiscriminada de las llantas desechadas dando paso a las emisiones de CO2, uno de los gases tóxicos más contaminantes del mundo causantes del calentamiento global, entre otros. Con base en

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

una revisión bibliográfica, el presente trabajo resume las ventajas y desventajas técnicas, económicas y ambientales que se obtienen al hacer uso del grano de caucho reciclado para mejorar las mezclas asfálticas.

Agudelo & Martínez (2019). En su investigación "Estudio comparativo del envejecimiento a largo plazo de una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho reciclado indica como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica con asfalto modificado con grano de caucho reciclado (GCR), en comparación con una mezcla asfáltica convencional con asfalto CA 60-70. Para tal fin, se realizaron los dos diseños de mezcla por medio de la metodología Marshall con el objetivo de determinar los contenidos óptimos de asfalto. Posteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio con el fin de evaluar la respuesta de los materiales ante la aplicación de carga monofónica (ensayo de resistencia a la tracción indirecta) y cíclica (ensayo de módulo resiliente). Los ensayos de caracterización mecánica se realizaron en muestras envejecidas a corto y largo plazo, a fin de evaluar el efecto del envejecimiento de las mezclas. Para el envejecimiento a corto plazo se fabricaron las mezclas y se sometieron a un envejecimiento en un horno a temperatura de 150 °C por un tiempo de dos horas. Para el envejecimiento a largo plazo, se fabricaron las mezclas y se sometieron en un horno a una temperatura de 85º C durante 5 días. Como gran conclusión, se reporta que el envejecimiento de las mezclas asfálticas produce un incremente en la rigidez de las mezclas. Sin embargo, las mezclas con asfalto modificado con GCR presentaron menor susceptibilidad al envejecimiento, pudiendo inducir un aumento en la vida útil del pavimento.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Chamba & Benavides (2019), desarrolló la investigación “Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado”, cuyo objetivo principal fue diseñar una mezcla asfáltica incorporando caucho de neumáticos reciclados como agregado, analizando el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica mediante ensayos comparativos de la mezcla convencional con la mezcla modificada y así poder determinar el porcentaje adecuado para el diseño de la misma; en el cual se concluyó: primero, la incorporación como agregado del GCR incrementa los vacíos y vuelve la mezcla más porosa. Por tanto, se puede utilizar estas mezclas como una mezcla drenante o como una capa asfáltica drenante; segundo, de los ensayos realizados a la mezcla modificada se concluye que con el 0.5% y 1% de GCR se obtienen los mejores resultados en estabilidad, flujo y demás parámetros Marshall consideradas para un tráfico pesado.

Sánchez & Vega (2016), en su investigación “Evaluación del daño por humedad de una mezcla asfáltica modificada con grano de caucho reciclado (GCR)”, desarrollado en Bogotá Colombia, planteó como objetivo principal evaluar el efecto que tiene el daño por humedad en las mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado (GCR), por medio de la prueba establecida en la norma I.N.V.E-725-13. Partiendo de un diseño de mezcla entregado por la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial de Bogotá, se realizaron los ensayos de caracterización de los agregados, el ligante asfáltico y la mezcla, esta fue modificada por vía húmeda con 2%, 5%, 10%, 15% y 20% de GCR, teniendo en cuenta la especificación IDU 560-11, además de evaluar el daño por humedad a través del coeficiente RRT que mide la relación de resistencias a la tensión, se realizó el ensayo de estabilidad y flujo empleando la prueba Marshall parametrizada en la norma I.N.V.E-748-13 donde se determinó la resistencia

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

bajo carga monotónica. Los resultados arrojaron que el coeficiente RRT de las muestras modificadas con GCR descendía, debido a que la adhesión entre el ligante y los agregados pétreos se ve influenciada por la modificación realizada con los diferentes porcentajes de GCR, ya que a medida que aumenta el contenido de GCR el coeficiente RRT disminuye. También se pudo concluir que a mayor contenido de GCR aumenta el punto de ablandamiento, la rigidez y la viscosidad del ligante modificado, sin embargo, se disminuye la penetración. Con respecto al ensayo Marshall se encontró que al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la estabilidad disminuye, mientras que el flujo aumenta.

Ramírez, Ladino & Rosas (2014), en su investigación titulada "Diseño de mezcla asfáltica con asfalto caucho tecnología GAP GRADED para la ciudad de Bogotá", planteó como objetivo principal el diseño de pavimento flexible mediante el mejoramiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando al asfalto caucho como material granular fino, tecnología GAP GRADE. en la cual se concluyó que las mezclas asfálticas utilizadas en pavimentos, pueden incorporar una parte importante del caucho contenido en los neumáticos desechados. La adición de caucho proveniente de neumáticos a las mezclas asfálticas es una forma de reciclar tales desechos y mejorar las propiedades del pavimento. Las mezclas asfálticas modificadas con caucho permiten obtener un pavimento con mejores respuestas a los cambios térmicos, así como también aumentan la resistencia a la fisuración por fatiga y al envejecimiento, incrementando la vida útil del pavimento y disminuyendo los costos de mantenimiento. Por otro lado, ayuda a la preservación del medio ambiente al reciclar los neumáticos. El presente trabajo se enmarca dentro de una iniciativa de investigación y pretende realizar un diseño de pavimento mediante el efecto de la incorporación de caucho de neumáticos desechados

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

dentro de mezclas asfálticas en caliente, realizando los correspondientes ensayos de laboratorio para comparar con un diseño de mezcla asfáltica tradicional o convencional, determinando su ventaja a nivel de disminución de espesores de capa asfáltica y por ende su correspondiente estructura de pavimento.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Romero Ch. (2018). En su tesis "Estudio de la influencia de la Adición de Neumático reciclado en Mezclas Asfálticas en Caliente, en la Ciudad de Juliaca", señala que su investigación tiene por objetivo fundamental proponer una mezcla asfáltica en caliente de mejor calidad respecto a una mezcla asfáltica en caliente convencional, teniendo en cuenta que esta mejora en la calidad y no demande mayor costo. Realizó una investigación explicativa a través de un análisis cuantitativo con un diseño Experimental, con la incorporación del caucho de neumático reciclado por vía seca y para el diseño de las mezclas asfálticas se utilizó el método Marshall. Para el desarrollo de esta tesis se adicionó a la mezcla asfáltica porcentajes de caucho de 0.5%, 1%, 2% y 3%; analizando cómo influye en la estabilidad y flujo el caucho. Los resultados fueron que con la incorporación de 0.5% de caucho de neumático reciclado, mejora las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente convencional, disminuyendo su rigidez en un 20.9% y cumpliendo las exigencias de la norma EG- 2013; sin embargo, al adicionar porcentajes mayores a 1% de caucho, la mezcla asfáltica no presenta mejoras, debido a que el porcentaje de vacíos es mayor a 6% el cual es perjudicial para la ciudad de Juliaca. En cuanto al costo por cada 0.5% de caucho adicionado a la mezcla asfáltica el costo se incrementa en 2.37% por m2 respecto a la mezcla asfáltica convencional.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Flores P. (2018). En su tesis “Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018”, se planteó como objetivo incorporar los neumáticos, molidos a granos, en la producción de mezcla asfáltica y determinar ¿cuál es el comportamiento mecánico de una mezcla modificada en comparación con una convencional?, en ese contexto, su aplicación se realizó en un tramo de la avenida Perú, en el Callao, porque presenta una carpeta de rodadura deteriorada por el tráfico y por el empozamiento de agua generada por el negocio de lavado de auto. En respuesta a la pregunta se desarrolló una investigación con un método científico, de enfoque cuantitativo porque siguió un proceso riguroso y secuencial para la recolección de datos, del tipo aplicada porque en base a teorías se ejecutó en beneficio del lugar de estudio, de nivel explicativo y de diseño experimental porque se manipuló deliberadamente una de las variables; la población fueron las infinitas briquetas del laboratorio y la muestra fué estratificada. Los resultados de los valores del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada fueron: la deformación de la mezcla asfáltica modificada con 5% de granos de caucho en comparación con la mezcla convencional presentó una pequeña disminución de 2.6% de estabilidad máxima y un aumento de 13% longitud de flujo, la incorporarle 5% de granos de caucho por vía húmeda a mezcla asfáltica mejora la resistencia a la inmersión – compresión, porque incrementa su capacidad de carga, su esfuerzo máximo, en 5% en briquetas no acondicionadas (secas) y acondicionadas en un 14%, y para el índice retenido aumenta en un 8%, la mezcla asfáltica fue modificada al incorporarle caucho por vía húmeda con 5%, 10% y 20% con temperaturas de incorporación 170 °C, 185°C y 200 °C respectivamente, el porcentaje que tuvo el mejor comportamiento mecánico fue 5% y un óptimo contenido de asfalto-caucho de 6.2% porque incrementó la resistencia a la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

compresión, la resistencia inducida por humedad y conservó su deformabilidad y los otros porcentajes de caucho (20% y 10%) no se obtuvo buenos resultados porque acrecentó los valores de vacíos, permeabilidad al agua y sus propiedades mecánicas se alejaron de los estándares mínimos establecidos por el manual de carreteras del MTC (EG – 2013) para la producción de mezcla asfáltica. Concluye que las mezclas modificadas muestran mejoras con la incorporación de granos de caucho. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se recomienda aplicar el uso de granos de caucho en desuso en las mezclas asfáltica a fin de mejorar el desempeño de esta y el manejo de residuos sólidos. También se pueden realizar investigaciones adicionales que mejoren el comportamiento mecánico de la mezcla con porcentajes de caucho menores al 5%.

Tueros D. (2017). en su Tesis" 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", plantea como objetivo general: determinar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento al incorporar polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional en la ciudad de Huancayo 2016. El tipo de investigación fue aplicada, de nivel Experimental – Correlacional, diseño de investigación: Causal – Correlacional, de enfoque cuantitativo. El propósito de la investigación se basa a los resultados obtenidos de acuerdo a los indicadores: Gradación de agregado, proporción física de polvo de caucho, contenido de asfalto, para la variable polvo de caucho, asimismo durabilidad y depresión de ahuellamiento, mediante el comportamiento del MAC frente al ahuellamiento. La población es el cemento asfaltico PEN 85/100 adquirido por la Municipalidad de Huancayo, para el análisis se utilizó una muestra no aleatoria o dirigida que consiste en muestras briquetas de mezclas asfálticas convencional e incorporando con polvo de caucho al 1%, 2% y 3% del peso total de la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

muestra, realizando ensayos: Diseño Marshall (80 briquetas), Contenido de Bitumen en los Agregados (2400 gr. De la muestra en campo), Ensayo Cántabro (20 briquetas) y 02 Paños de Prueba (1.00 x 1.00 m, e=2”). La principal conclusión del estudio es: Con la incorporación de polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional mejora el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de Huancayo 2016, al evidenciar que, la incorporación de polvo de caucho influye en 85%, 87% y 97% los valores de Estabilidad, flujo e índice de rigidez de la mezcla asfáltica convencional. Asimismo, influye en un 57% la mejora de la durabilidad y diferente en un 66.67% la deformación plástica.

Cervera B. (2016). En su tesis **“**influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016”, plantea que su investigación está orientada a utilizar partículas de caucho reciclados (PCR) en la fabricación de pavimentos flexibles usándose como un agregado, sin alterar la composición del cemento asfáltico, para dicha tesis se utilizó PEN 85/100, elaborando así mezclas asfálticas en caliente que cumplan con las exigencias de estabilidad y flujo para pavimentos flexibles, contempladas en nuestra normativa vigente. Siendo una alternativa novedosa en nuestro medio en relación con los productos tradicionales, en este estudio se ha utilizado caucho de neumáticos reciclados en cantidades de 0.5% y 1% con respecto al peso de los agregados, proporcionado por reencauchadoras locales; obtenidos a través de procesos de trituración y pre granulación. Para el desarrollo de los ensayos de laboratorio en la fabricación de la mezcla asfáltica se hizo uso del caucho con diferentes porcentajes de PEN; comparando las características de Estabilidad y Flujo de acuerdo al tipo de tránsito pesado tradicional definidos en este estudio. Así mismo se llega a la conclusión de que la incorporación de PCR (Partículas de Caucho Reciclado)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

influye de manera positiva la mezcla asfáltica en caliente, incrementando y mejorando la interrelación del flujo con la estabilidad en un 50%. Los costos unitarios de una mezcla mejorada con PCR son mayores en 5.05% respecto a las MAC tradicionales cuando se utiliza 1% de PCR. La relación de costo mantenimiento dio como resultado beneficioso, ya que, en un plazo de 5 años, los costos se reducen en 8.4% respecto al pavimento tradicional.

Álvarez & Carrera (2017), en su tesis "Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica", sustentado en la Universidad Privada Antenor Orrego, se planteó como objetivo principal determinar la influencia de la incorporación del triturado de los residuos de llantas, sobre las propiedades físicas de mezclas asfálticas, mediante la metodología Marshall, para establecer su uso en el diseño y la construcción de pavimentos flexibles; el tipo de investigación fue experimental y concluyó: primero, que fue establecido un procedimiento de diseño con el uso de un 5% de asfalto 20% de agregado pasa 3/4", 35% triturado para 1/2", 20% de arena lavada zarandeada, otro 20% en arena triturada y un 1.5% de GCR, al cumplir con los valores de estabilidad y flujo establecidos por la norma MTC; segundo, se identificó que solo las muestras (briquetas) con el 1.5% y 2% de caucho reciclado cumplieron con los valores de 900kg de estabilidad; tercero, el valor de la resistencia a la compresión de las muestras (briquetas) disminuyen con respecto al incrementarse el porcentaje de GCR; cuarto, solo los flujos de las muestras con porcentaje de GCR de 1.5% y de 2% fueron aceptadas al cumplir con los parámetros del MTC y quinto, se observó que el valor de las densidades bulk obtenidas de las muestras (briquetas), fueron disminuyendo a medida que se incrementaba los porcentajes de grano de caucho reciclado.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

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

2.2. Bases teóricas

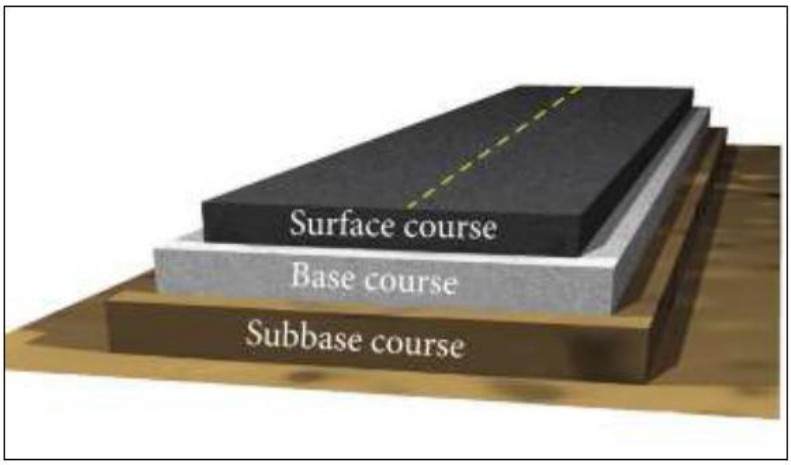
Diseño pavimento asfaltico

El diseño de la mezcla asfáltica dependerá del cemento asfaltico, agregados, sus propiedades volumétricas y la dosificación de los materiales para que el pavimento asfaltico tenga una buena resistencia a la formación de ahuellamientos, la fatiga, agrietamiento en bajas temperaturas y otras formas de fallas. Las fallas más comunes en el pavimento de asfalto son las grietas, que se producen a temperaturas intermedias y bajas; y la deformación permanente que se produce en altas temperaturas. Estas fallas reducen la vida útil y el costo de mantenimiento de las vías, por lo cual en los últimos años se usa más aditivos que mejoren las propiedades de la mezcla asfáltica.

La estructura del pavimento flexible está compuesta de un revestimiento bituminoso (carpeta asfáltica), la base (superficie de la carretera), y sub-base como se muestra en la figura 2. La carpeta asfáltica está unida sobre una base granular por lo cual la estructura total del pavimento se deflecta por acción de la carga de tránsito (Nuha Salim , Asim , Mohamed y Mahrez , 2013).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 1. *Estructura de Pavimento Flexible*



Fuente: Nuha et. al (2013)

El pavimento asfáltico debe tener una alta rigidez para ser capaz de resistir la deformación permanente. Por otro lado, las mezclas deben tener suficiente tensión en la parte inferior de la capa de asfalto para resistir agrietamiento por fatiga después de muchas aplicaciones de carga.

El aumento de la demanda en las carreteras y los efectos climáticos reducen sus propiedades de resistencia y hacen que sean más susceptibles a fallar. En general la durabilidad del pavimento se ve afectada por las propiedades del ligante asfaltico, debido a que los asfaltos convencionales no son suficientes para resistir las fallas en el pavimento, por lo cual se está buscando modificadores del asfalto. En la actualidad hay muchos aditivos que se utilizan como el estireno butadieno estireno (SBS), de estireno-butadieno (SBR), etileno acetato de vinilo (EVA). Sin embargo, con el uso de materiales alternativos como el modificador de polvo de neumático (CRM) no solo se mejorará las propiedades del ligante sino también beneficiará al medio ambiente. (Granados Noa , 2017)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Mezclas asfálticas en caliente

Las mezclas asfálticas se definen como la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados; incluyendo el polvo mineral, y eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas queden muy cubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados. Se emplea tanto en la construcción de carreteras, como de vías urbanas y aeropuertos, y se utilizan tanto para capas de rodadura como para capas inferiores de los afirmados. (Ochoa Jaramillo , 2010)

Componentes de una mezcla asfáltica en caliente

Asfalto

El asfalto es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero; capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes. La condición varía dependiendo de la temperatura por lo que en temperaturas frías se comporta como un sólido elástico, a temperaturas intermedias como visco-elástico y a medida que se eleva la temperatura pasa a ser un material menos viscoso, para tomarse más fluido a temperaturas sobre los 110°C o 120°C (Carrizales Apaza, 2015)

a. Propiedades físicas

El asfalto es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo y cohesivo, elástico, susceptible a la temperatura, altamente impermeable, y duradero; capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes, Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se le combina usualmente, Su color varía entre el café oscuro y el negro; de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

consistencia sólida, semisólida o líquida, dependiendo de la Temperatura a la que se exponga o por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación. (Carrizales Apaza, 2015)

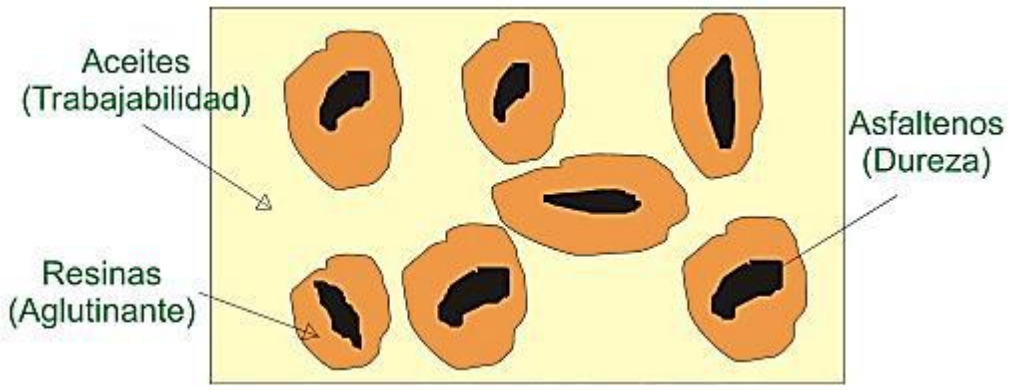
b. Propiedades químicas

El asfalto es una mezcla de hidrocarburos que están compuestos de azufre, nitrógeno y oxigeno; casi en su totalidad. Se obtienen por destilación del petróleo, los cuales se obtienen por un medio de un proceso de destilación Industrial del crudo. Los hidrocarburos constituyentes del asfalto forman una solución coloidal en la que un grupo de moléculas de hidrocarburos pesados (asfáltenos) se encuentran dispersas en un medio aceitoso más ligero (máltenos) compuesto por hidrocarburos saturados, resinas y aromáticos, aromáticos, sin que exista una separación entre estas dos fases sino una transición (Carrizales Apaza, 2015).

Los asfáltenos proporcionan las características estructurales y da dureza al asfalto y los máltenos son líquidos viscosos compuestos por resinas y aceites. Las resinas son generalmente líquidos pesados que aportan cualidades adhesivas (pegajosidad), mientras que los aceites actúan como medio de transporte de asfáltenos y resinas dando la consistencia adecuada para hacerlos trabajable. Las resinas se transforman gradualmente en asfalto, durante estas reacciones, y los aceites se transforman en resinas, provocando un aumento de la viscosidad del asfalto (Salamaca Arce, 2007).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 2. *Composición Química*



Fuente: Asopac

Agregados pétreos

En el diseño de una mezcla asfáltica intervienen dos materiales indispensables que son los agregados pétreos y el asfalto; los agregados por su parte son de gran importancia ya que en una mezcla asfáltica constituyen entre el 90 y el 95 por ciento en peso, y entre el 75 y 85 por ciento en volumen; es de mencionar que la calidad de la mezcla asfáltica depende de la calidad de los materiales constituyentes y la capacidad de carga de la carpeta es proporcionada esencialmente por los agregados, de esto se deriva la importancia de una adecuada selección y manejo de los materiales pétreos que serán utilizados para elaborar una mezcla asfáltica, específicamente en lo que se refiere a una buena distribución granulométrica (Turbo & Mendoza, 2017).

a. Agregado grueso

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa de material asfaltico esta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito, en caso de que esta

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

circunstancia se produzca será necesario añadir algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad (Paz Malca, 2014).

El tamaño máximo de los agregados viene normalmente limitado por consideraciones relativas al espesor de la capa extendida, trabajabilidad, segregación, etc.

Las partículas angulosas y de textura superficial áspera del agregado grueso como por ejemplo los agregados triturados tienen mayor rozamiento interno que se genera entre las partículas, esto constituye que las partículas gruesas permanezcan en su lugar cuando el pavimento entre en funcionamiento y no de produzcan desplazamientos. Mejorando así la resistencia a la deformación o capacidad de soporte de una capa de pavimento. También influye de forma importante la granulometría del agregado y el porcentaje de vacíos del material compactado. A mayores densidades corresponden generalmente mayores resistencias mecánicas, por lo que la compactación es un factor de primer orden.

Lo ideal es que las partículas presenten formas cuboides, evitando o restringiendo las formas planas, alargadas y en forma de lajas, este tipo de forma es muy susceptible a quebrarse bajo condiciones de carga de tráfico, lo que modifica las granulometrías y las propiedades iniciales de las mezclas (Carrizales Apaza, 2015).

b. Agregado fino

El agregado fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera y grava natural. Existen limitaciones en la proporción de agregado fino no triturado a emplear en las mezclas. Regularmente se emplea arena natural en la elaboración de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

mezclas asfálticas que van a ser empleadas en pavimentos con una baja intensidad de tráfico y a bajos niveles de cargas, se deberá señalar la proporción máxima de arena natural no triturada, a emplear en la mezcla, la cual regularmente no será superior al 10% de la masa total del agregado combinado y sin que supere el porcentaje de agregado fino triturado empleado en la mezcla, la limitación de la cantidad de arena rodada o no triturada que puede incorporarse a la mezcla, se hace por temor a una disminución de la rigidez final de ésta. Hay autores y administraciones que consideran que una proporción del orden del 10% puede mejorar al tiempo la manejabilidad, la compacidad e incluso la estabilidad de la mezcla (Carrizales Apaza, 2015).

c. Polvo mineral (fíller)

Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como polvo mineral, a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz #200. El Fíller o polvo mineral es de naturaleza pulverulenta (cemento normalmente o cenizas volantes de central térmica) o un polvo en general calizo, especialmente preparado para utilizarlo en mastico para mezclas asfálticas.

Son esenciales para la producción de una mezcla densa, cohesiva, durable y resistente a la penetración del agua. Sin embargo, un pequeño porcentaje de más, o de menos, de relleno o polvo mineral, puede causar que la mezcla aparezca excesivamente seca o, excesivamente rica (húmeda), cualquier variación en el contenido de relleno mineral causa cambios en las propiedades de la mezcla, haciéndola variar de seca a húmeda (Fajardo Cachay & Vergaray Huaman, 2014).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Su función es rellenar parcialmente los espacios libres dejados por la estructura granular compactada y conformada por las partículas mayores, reduciendo el volumen de los vacíos de la mezcla evitando un aumento pronunciado de la cantidad de ligante asfaltico (Turbo & Mendoza, 2017).

Característica y comportamiento de la mezcla asfáltica

El comportamiento de las mezclas asfálticas, se da gracias Al conjunto de todos los materiales y propiedades que cada tipo de mezcla contiene durante el diseño y en el funcionamiento bajo situaciones extremas.

Una muestra de mezcla de pavimento preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento, el análisis está enfocado hacia cuatro características de mezcla y la influencia que éstas puedan tener en el comportamiento de la mezcla (Paredes Matta , 2009). Las cuatro características son:

- Densidad de la mezcla
- Vacíos de aire, o simplemente vacíos
- Vacíos en el agregado mineral
- Contenido de asfalto

Densidad de la mezcla

La densidad de la mezcla compactada está definida como su peso unitario (el peso de un volumen específico de mezcla). La densidad es una característica muy importante para el ingeniero diseñador, debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

La densidad es calculada al multiplicar la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua (1000 kg/m3), la densidad obtenida en el laboratorio se convierte en la densidad patrón y es usada como referencia para determinar si la densidad del pavimento terminado es o no adecuada, las especificaciones usualmente requieren que la densidad del pavimento sea un porcentaje de la densidad del laboratorio, esto se debe a que raras veces la compactación in situ logra las densidades que se obtienen usando los métodos normalizados de compactación de laboratorio (Paz Malca, 2014).

Si la densidad es baja la cantidad de vacíos son mayores, por lo tanto, la mezcla compactada será vulnerable al agua. Si la densidad es alta la cantidad de vacíos es menor, el agua no entrara en su interior obteniéndose de esta manera una carpeta de rodadura más durable (Ordoñez Lujano , 2016).

Vacíos de aire (o simplemente vacíos)

Los vacíos de aire son espacios pequeños de aire, o bolsas de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada, es necesario que todas las mezclas densamente graduadas contengan cierto porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico y proporcionar espacios a donde pueda fluir el asfalto durante esta compactación adicional, el porcentaje permitido de vacíos para capas de base y capas superficiales esta entre 3% y 5% dependiendo el diseño específico.

La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos, la razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos menor será la permeabilidad de la mezcla.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Un contenido demasiado alto de vacíos proporciona conductos a través de la mezcla, por los cuales pueda entrar el agua y el aire y causar deterioro, por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto; una condición en donde el exceso de asfalto es exprimido fuera de la mezcla hacia la superficie.

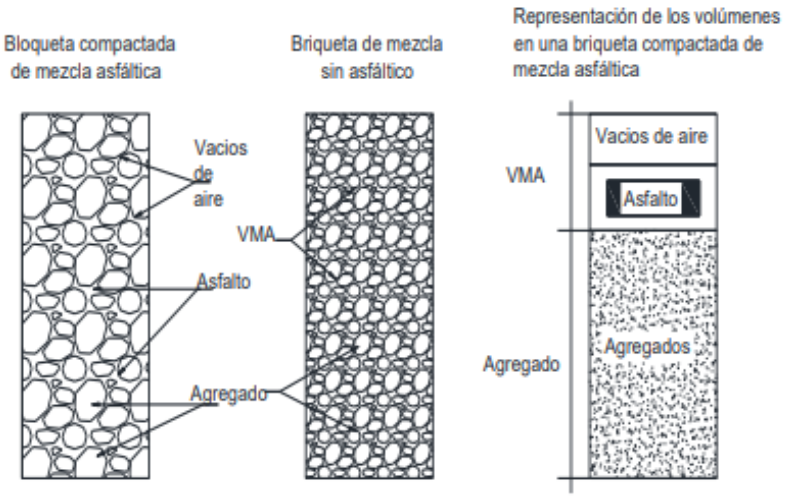
Las especificaciones de la obra requieren, usualmente una densidad que permita acomodar el menor número posible de vacíos, preferiblemente menos de 8% (Paz Malca, 2014).

Vacíos en el agregado mineral

Los vacíos en el agregado mineral son los espacios de aire que existen de entre las partículas de agregado y los espacios que están llenos de asfalto en una mezcla asfáltica compactada de pavimentación. Es decir, el VMA es el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto y el volumen de vacíos necesarios en la mezcla. El volumen efectivo de asfalto es todo el asfalto menos la porción que se pierde, por absorción, en el agregado. Si el VMA es mayor, existirá más espacio para la película de asfalto. Hay que tener en cuenta que entre más gruesa sea la película de asfalto que cubre las partículas de agregado se obtiene mayor durabilidad de una mezcla. Por lo anteriormente descrito existen valores mínimos de VMA recomendados y especificados en función del tamaño del agregado. Puede resultar que para economizar el contenido de asfalto en un diseño de mezcla disminuyamos los valores de VMA establecidos como mínimos, siendo esto completamente perjudicial y dañino para la calidad de la carpeta asfáltica, obteniéndose películas delgadas de asfalto en el agregado y una mezcla de baja durabilidad y apariencia seca (Ordoñez Lujano , 2016).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 3. *Del VMA en una Probeta de Mezcla Compactada*



Fuente: (Rolando Franco, 2002)

Contenido de asfalto

El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende en gran parte, de las características del agregado, tales como la granulometría y la capacidad de absorción, la granulometría del agregado está directamente relacionada con el contenido óptimo de asfalto. Entre más finos contenga la graduación de la mezcla, mayor será el área superficial total y mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir uniformemente todas las partículas. Por otro lado, las mezclas más gruesas exigen menos asfaltos debido a que poseen menos área superficial total.

La capacidad de absorción del agregado usado en la mezcla es importante para determinar el contenido óptimo de asfalto, esto se debe a que se tiene que agregar suficiente asfalto a la mezcla para permitir absorción y para que además se puedan cubrir las partículas con una película adecuada de asfalto. Los técnicos hablan de dos tipos de asfalto cuando se refieren al asfalto absorbido y al no absorbido: contenido total de asfalto y contenido efectivo de asfalto. El contenido total de asfalto es la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

cantidad de asfalto que debe ser adicionada a la mezcla para producir las cualidades deseadas en la mezcla. El contenido efectivo de asfalto es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado, es la cantidad de asfalto que forma una película ligante efectiva sobre las superficies de los agregados, el contenido efectivo de asfalto se obtiene al restar la cantidad absorbida de asfalto del contenido total de asfalto (Paz Malca, 2014).

Propiedades consideradas en el diseño de mezclas asfálticas.

Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad de pavimentos de mezclas asfálticas. Estas incluyen: la estabilidad, la durabilidad, la impermeabilidad, la trabajabilidad, la flexibilidad, la resistencia a la fatiga y la resistencia al deslizamiento. Y el objetivo primordial del procedimiento de diseño de mezclas asfálticas, es el de garantizar, que la mezcla de pavimentación posea cada una de estas propiedades.

a) Estabilidad

Es la capacidad de la mezcla asfáltica de resistir cargas de tránsito sin que se produzcan grandes deformaciones, propiedad que depende de la cohesión y de la fricción interna de la mezcla.

- La fricción interna es aportada por el material pétreo y depende del tamaño del árido y de la rugosidad de sus caras, así pues, mezclas con materiales más gruesos y de caras angulosas tendrán mayor estabilidad que mezclas con materiales finos.
- La cohesión es la fuerza que mantiene unidas las partículas del agregado pétreo, propiedad que se incrementa con el aumento en el contenido asfáltico hasta llegar a un óptimo, para luego disminuir debido a que el exceso de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

asfalto produce un efecto lubricador, que reduce el contacto entre las partículas de agregado y por lo tanto disminuye la fricción interna de la mezcla.

La fuerza ligante de la cohesión aumenta, con aumentos en la frecuencia de carga del tráfico. La cohesión también aumenta, a medida que la viscosidad del asfalto aumenta, o a medida que la temperatura del pavimento disminuye (Segovia Airaudo, 2007).

Tabla 2.*Causa y Efecto de Estabilidad en el Pavimento*

Estabilidad Baja	
Causas	**Efectos**
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones, ahuellamientos, y afloramiento o exudación
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente durante un corto tiempo; dificultad para la compactación.
Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas.	Ahuellamiento y canalización

Fuente: Instituto del Asfalto (1982)

b) Durabilidad

La durabilidad de un pavimento es su habilidad para resistir factores, tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades de asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito o una combinación de ambos. El clima afecta la vida útil del pavimento, principalmente la capa superficial por encontrarse está en

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

contacto con el sol, el aire y el agua, pues produce que este material pierda las propiedades aglutinantes, se oxide, se rigidice y envejezca.

Generalmente, la durabilidad de una mezcla puede ser mejorada en tres formas: usando la mayor cantidad posible de asfalto, usando una graduación densa de agregado resistente a la separación y compactando la mezcla, para obtener la máxima impermeabilidad.

La mayor cantidad posible de asfalto aumenta la durabilidad, porque las películas gruesas de asfalto no envejecen o endurecen tan rápido, como lo hacen las películas delgadas. Por lo tanto, el asfalto retiene por más tiempo sus características originales. Además, el máximo contenido posible de asfalto sella eficazmente un gran porcentaje de vacíos interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua. Por supuesto, se debe dejar un cierto porcentaje de vacíos en el pavimento para permitir la expansión del asfalto en los tiempos cálidos.

Una graduación densa de agregado firme, duro, a la separación, contribuye de tres maneras a la durabilidad del pavimento. Una graduación densa proporciona un contacto más cercano entre las partículas del agregado, lo cual mejora la impermeabilidad de la mezcla. Un agregado firme y duro, resiste la desintegración bajo las cargas del tránsito.

Un agregado resistente a la separación, resiste la acción del agua y el tránsito, las cuales tienden a separar la película de asfalto de las partículas de agregado, conduciendo a la desintegración del pavimento. La resistencia de una mezcla asfáltica a la separación puede ser mejorada, bajo ciertas condiciones, mediante el uso de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

compuestos adhesivos, o rellenos como la cal hidratada. Existen muchas causas y efectos con una poca durabilidad del pavimento (Cervera Borja , 2016).

Tabla 1.*Causa y Efecto de Poca Durabilidad*

Poca Durabilidad	
Causas	**Efectos**
Bajo rendimiento de asfaltos	Endurecimiento rápido del asfalto y desintegración por perdida de agregado.
Alto contenido de vacíos debido al diseño o la falta de compactación.	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración.
Agregados susceptibles al agua (Hidrofilitos).	Película de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado, o desintegrado.

Fuente: Instituto del Asfalto (1982)

c) Impermeabilidad

La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, siendo un indicador del paso potencial de aire y agua a través de un pavimento, la naturaleza de estos vacíos es muy importante que su cantidad. El grado de impermeabilidad está determinado por el tamaño de los vacíos, sin importar si están o no conectados, y por el acceso que tienen a la superficie del pavimento. Aunque la impermeabilidad es importante para la durabilidad de las mezclas compactadas,

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

virtualmente todas las mezclas asfálticas, usadas en la construcción de carreteras, tienen cierto grado de impermeabilidad. Esto es aceptable, siempre y cuando la permeabilidad esté dentro de los límites específicos (Cervera Borja , 2016).

Tabla 2. *Causas y Efectos de la Permeabilidad*

Mescla demasiado Permeable	
Causas	**Efectos**
Bajo contenido de asfalto	Las películas delgadas de asfalto causaran tempranamente, un envejecimiento y una desintegración de la mezcla
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento, causando oxidación y desintegración de la mezcla.
Compactación inadecuada	Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a la infiltración de agua y baja estabilidad.

Fuente: Instituto del Asfalto (1982)

d) Trabajabilidad

La trabajabilidad está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquella con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. La trabajabilidad puede ser mejorada, modificando los parámetros de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

Las mezclas gruesas (mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso) tienen una tendencia a segregarse durante su manejo; y también pueden ser

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

difíciles de compactar. A través de mezclas de prueba en el laboratorio puede ser posible adicionar agregado fino, y tal vez asfalto, a una mezcla gruesa, para volverla más trabajable. En tal caso se deberá tener cierto cuidado para garantizar que la mezcla modificada cumpla con los otros criterios de diseño, tales como contenido de vacíos y estabilidad.

Un contenido demasiado alto de relleno, también puede afectar la trabajabilidad. Puede ocasionar que la mezcla se vuelva muy viscosa, haciendo difícil su compactación.

La trabajabilidad es especialmente importante en sitios donde se requiere colocar y rastrillar a mano cantidades considerables de mezcla, como por ejemplo alrededor de tapas de alcantarillados, curvas pronunciadas y otros obstáculos similares. Es muy importante usar mezclas trabajables en dichos sitios (Cervera Borja , 2016).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 3.*Causa y Efecto de la Trabajabilidad*

Mala Trabajabilidad	
Causas	**Efectos**
Tamaño máximo de partícula: grande	Superficie áspera, difícil de colocar
Demasiado agregado grueso	Puede ser difícil de compactar
Temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable superficie áspera, difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda.
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierna, altamente permeable
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar, poco durable.

Fuente: Instituto del Asfalto (1982)

e) Flexibilidad

La Flexibilidad es la capacidad de la carpeta asfáltica para acomodarse ligeramente, sin sufrir agrietamiento, soportando los movimientos graduales y asentamientos de la base y sub-base. Los asentamientos en el pavimento pueden ocurrir debido a que falle cualquiera de sus componentes. Provocando daños visibles en la carpeta de rodadura. De hecho, todas las estructuras tienden a tener asentamientos diferenciales. La flexibilidad de las mezclas asfálticas es incrementada agregando mayor contenido de asfalto, hasta llegar al contenido óptimo, a partir de este, si se

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

aumenta en exceso el contenido de asfalto la carpeta tiende a ser extremadamente flexible y provoca entonces una mezcla con estabilidad baja. Algunas veces los requerimientos de flexibilidad entran en conflicto con los requisitos de estabilidad, de tal manera que se debe buscar el equilibrio de los mismos. Una mezcla de granulometría abierta con alto contenido de asfalto es, generalmente, más flexible que una mezcla densamente graduada de bajo contenido de asfalto (Ordoñez Lujano , 2016).

f) Resistencia a la fatiga

Es la capacidad de un pavimento asfáltico para resistir la flexión repetida causada por las cargas de tránsito. Que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad, tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento disminuye. Por tal razón, las mezclas asfálticas de graduación densa presentan mayor resistencia a la fatiga que las mezclas asfálticas de graduaciones abiertas. Asimismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente, tiene menor resistencia a la fatiga (Cervera Borja , 2016).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 4.*Causa y Efecto de una Mala Resistencia a la Fatiga*

Mala Resistencia a la Fatiga	
Causas	**Efectos**
Bajo contenido de asfalto	Agrietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Falta de compactación	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Espesor inadecuado de pavimentos	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga.

Fuente: Instituto del Asfalto (1982)

g) Resistencia al deslizamiento

resistencia al deslizamiento, es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie esta mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo). La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad de 65 km/hr (40 min/hr) (Cervera Borja , 2016).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 5.*Causa y Efecto de Poca Resistencia al Deslizamiento*

Poca Resistencia al Deslizamiento	
Causas	**Efectos**
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso, posibilidad de hidroplaneo
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

Fuente: Instituto del Asfalto (1982)

Método de diseño Marshall

1. Antecedentes

El método Marshall para diseño de mezclas de pavimentos fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del departamento de autopistas del estado de Mississippi. Este método es aplicable solo a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor. A continuación, se presenta una descripción general de los procedimientos seguidos en el Diseño Marshall de Mezclas. El procedimiento completo y detallado que se debe ser seguido se encuentra en la norma AASHTO T 245 (o ASTM D1559) (Carrizales Apaza, 2015).

2. Procedimiento del ensayo Marshall

El objetivo principal del método Marshall es seleccionar el contenido de asfalto óptimo para la mezcla, de manera que se logren obtener las propiedades de volumetría requeridas: Va (% de vacíos de aire) y VMA (vacíos en el agregado mineral), y que se

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

satisfaga los requerimientos mínimos de estabilidad y flujo, evaluados mediante un procedimiento empírico que permite determinar la resistencia y flexibilidad de la mezcla.

Paz M. (2014), Indica que, existen tres procedimientos en el método del ensayo Marshall. Estos son: determinación del peso específico total, medición de la estabilidad y la fluencia, el análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas.

2.1. Determinación del peso específico total

El peso específico total de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacío. El peso específico total se determina usando el procedimiento de la norma AASHTO T166.73 (Carrizales Apaza, 2015).

2.2. Análisis de Estabilidad Marshall

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. En el ensayo cuando la carga es aplicada lentamente los cabezales superior e inferior del aparato se acercan y la carga sobre la probeta aumenta al igual que la lectura en el indicador de cuadrante. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de estabilidad Marshall (Carrizales Apaza, 2015).

Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla a la deformación, existe una tendencia a pensar que, si un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mucho mejor. La estabilidad extremadamente alta se obtiene acosta de durabilidad (Paz Malca, 2014).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2.3. Análisis de fluencia Marshall

La fluencia representa la deformación de la probeta. Para medir la deformación que ocurre durante el ensayo Marshall. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de las probetas.

Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad Marshall son consideradas demasiadas frágiles y rígidas para una mezcla en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiadas plásticas, tienen tendencia a deformarse fácilmente bajo las cargas de tránsito (Paz Malca, 2014).

2.4. Análisis de densidad y vacíos

Una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de probetas de prueba. El propósito del análisis es el determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada.

- **Análisis de vacíos**

Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregados revestidas de asfalto. El porcentaje de vacíos se calcula a partir del peso específico total de cada probeta compactada y del peso específico teórico de la mezcla asfáltica (sin vacíos). Este último puede ser calculado a partir de los pesos específicos del asfalto y agregados de la mezcla, con un margen apropiado para tener en cuenta la cantidad de asfalto absorbido por el agregado; o directamente mediante un ensayo normalizado AASHTO T 209, efectuado sobre la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

muestra de mezcla sin compactar. El peso específico total de la probeta compactada se determina pesando las probetas en aire y en agua (Paz Malca, 2014).

- **Análisis de los vacíos en el agregado mineral**

  Los vacíos en el agregado mineral (VMA), están definidos por el peso inter granular de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregado de la mezcla asfáltica compactada, incluyendo los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla. El VMA es calculado con base en el peso específico total del agregado y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla asfáltica compactada (Paz Malca, 2014).

- **Análisis de los vacíos llenos de asfalto**

  Los vacíos llenos de asfalto (VFA), son el porcentaje de vacíos inter granulares entre las partículas de agregado que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire y por lo tanto el VFA se calcula al restar los vacíos de aire del VMA y luego dividiendo por el VMA y expresando el valor final como un porcentaje (Paz Malca, 2014).

Mezcla asfáltica con adición de partículas de caucho reciclado

Uno de los polímeros utilizados para modificar el ligante y las mezclas asfálticas son los granos de caucho. Este puede ser especialmente fabricado o provenir de la recuperación de neumáticos que se encuentran en desuso.

1. **El neumático**

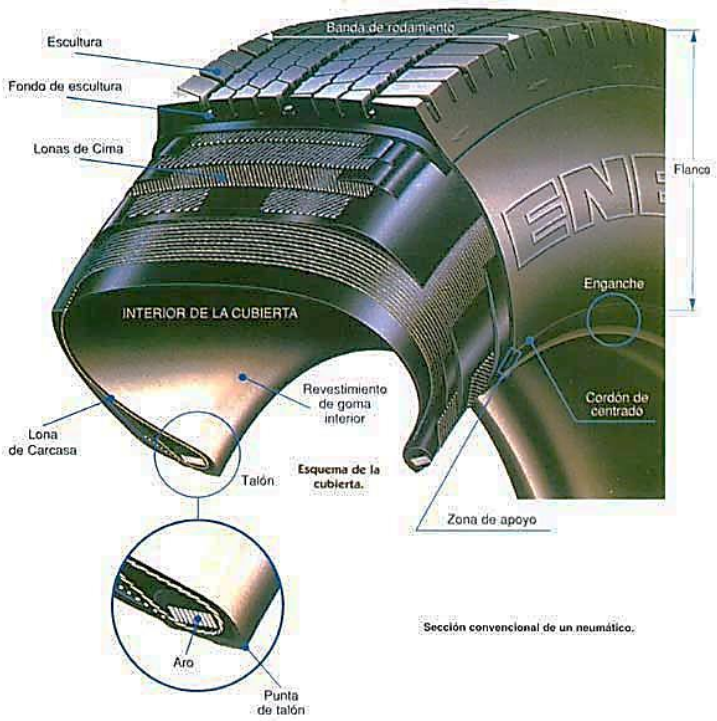
En el año 1880, el norteamericano Charles Goodyear, descubre en forma accidental el proceso de vulcanización, con el que se da al caucho la resistencia y solidez necesaria para fabricarlo. Esto consistió en mezclar el caucho con azufre y luego

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

calentada, la goma endurecía y tomaba la calidad del cuero, y no se disolvía con tanta facilidad en petróleo y otras soluciones.

En realidad, más allá de cauchos naturales y sintéticos, aquí se conjugan las cualidades de más de 200 materias distintas necesarias, para obtener el neumático que todos conocemos. Negros de carbono, sílices, azufres, plastificantes, vulcanizantes y también hilos metálicos o textiles como el poliéster, el rayón, el kevlar (Cervera Borja , 2016).

Figura 4. *Estructura del Neumático*



Fuente: Goodyear, 1998

2. Neumáticos desechados

Cada año, millones de neumáticos son desechados en todo el mundo. El principal inconveniente con los neumáticos usados es su disposición final; dado que la mayoría de ellos terminan en sitios públicos o en vertederos clandestinos. El

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

almacenamiento ocupa un espacio considerable, aparte del peligro por la posibilidad de incendios y además por ser un terreno ideal para la proliferación de roedores e insectos que a menudo son transmisores de enfermedades. La quema directa provoca graves problemas, ambientales ya que produce emisión de gases que contienen partículas nocivas para el entorno.

Figura 5. *Acumulación de neumáticos a la orilla del camino*

Fuente: propio

3. Modificación del ligante

Los granos de caucho al mezclarse con el cemento asfáltico, reaccionan con éste, hinchándose y ablandándose por la absorción de aceites aromáticos, los cuales son componentes químicos del asfalto que le dan la consistencia para que sea trabajable. Las partículas hinchadas se vuelven pegajosas, desarrollando propiedades adhesivas. Además, a medida que se reducen los aceites aromáticos que lubrican la mezcla, se observa un aumento en la viscosidad.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

El proceso de hinchamiento de las partículas de caucho, no es del tipo química, pues las partículas no se funden en el asfalto. El proceso se asimila a lo que sucede con una esponja seca y dura al sumergirla en agua, pues a medida que la esponja absorbe el agua, se hincha y ablanda.

El grado de modificación del ligante depende de ciertos factores entre los cuales se encuentran el tamaño, textura y proporción de los granos de caucho, tipo de cemento asfáltico, tiempo y temperatura de mezclado, grado de agitación mecánica durante la reacción de la mezcla y el componente aromático del cemento asfáltico.

La viscosidad de la mezcla es el principal parámetro usado para supervisar la reacción, es por esto que debe ser chequeada a diferentes intervalos de tiempo durante el mezclado y el tiempo de reacción, hasta obtener la viscosidad requerida (Ramírez Palma, 2006).

4. Aplicación del grano de caucho (GC) en las mezclas asfálticas

El grano de caucho puede ser incorporado en las mezclas asfálticas por medio de dos métodos diferentes denominados proceso húmedo y proceso seco. En el proceso húmedo, el caucho actúa modificando el ligante, mientras que en el proceso seco el caucho es usado como una porción de agregado fino.

Una de las principales características que presenta el cemento asfáltico modificado con GC es el aumento en la viscosidad de la mezcla resultante, haciéndola más flexible a bajas temperaturas y menos plástica a altas. Entre los principales beneficios en los pavimentos están las mejoras a la deformación permanente, a la fatiga, y la resistencia al fisuramiento a bajas temperaturas (Ramírez , Ladino, & Rosas , 2014).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

5. Proceso vía húmeda

En este proceso, se unen los granos del polvo de caucho con el cemento asfáltico, para producir una mezcla modificada llamada asfalto – caucho, que es usada de la misma manera que un ligante modificado.

La fabricación de asfalto – caucho, consiste en la mezcla de los granos de caucho, todo el GC deberá tener un tamaño inferior a 0.60mm (pasante del tamiz No.30), con el cemento asfáltico en un estanque con agitación a 2000 r.p.m. Generalmente, el porcentaje de adición es entre 10 – 20% con respecto al peso del ligante.

Para promover la unión del asfalto y el caucho, es necesario establecer una temperatura y un tiempo de reacción dentro del estanque. Usualmente, la mezcla es formulada a temperaturas entre 180 – 210 °C por 1 a 4 horas.

Una vez que el asfalto-caucho alcance los parámetros requeridos, especialmente la viscosidad de la mezcla, se incorpora, en un proceso continuo, al mezclador de la planta asfáltica para unirse con los agregados pétreos (Ramírez Palma, 2006).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 6. *Esquema de Fabricación de Asfalto Caucho por Vía Húmeda*

Fuente: Ramírez, 2006

Terminado el mezclado del asfalto – caucho con los agregados pétreos, el concreto asfáltico obtenido se transporta al lugar de pavimentación y se coloca por medio de una finisher tradicional. Para la compactación, generalmente se utiliza un rodillo liso doble tambor.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2.3. Marco normativo

El Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), indica las especificaciones y requerimientos que deben de cumplir cada uno de los componentes que se requieren para la producción de asfaltos, los que se indican a continuación:

a. Agregados minerales gruesos

Los agregados gruesos, deben cumplir con los requerimientos de la Tabla 6.

Tabla 6.*Requerimiento para los Agregados Gruesos*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3,000	>3,000
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18%máx.	15% máx.
Abrasión los ángeles	MTC E 207	40%máx.	35%máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de durabilidad	MTC E 214	35%min.	35%min.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10%máx.	10%máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5%máx.	0.5%máx.
Absorción	MTC E 206	1.0%máx.	1.0%máx.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

h) Agregados minerales finos

Los agregados minerales finos, deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 7

Tabla 7.*Requerimiento para los Agregados Finos*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3,000	>3,000
Equivalencia de arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18%máx.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35%min.	35%min.
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5%máx.	0.5%máx.
Absorción	MTC E 205	0.5%máx.	0.5%máx.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

b. Fíller o relleno mineral

Es un material que se utiliza en las mezclas asfálticas, con la finalidad de completar la granulometría de los agregados fino, cuyas características no cumplen las especificaciones técnicas correspondiente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

c. Gradación para mezcla asfáltica en caliente

La gradación de la Mezcla Asfáltica en caliente (MAC) deberá exponer algunos de los usos granulométricos, especificados en la EG-2013, los cuales se muestra en la Tabla 8. Requerimientos de Usos Granulométricos.

Tabla 8.*Requerimientos de Usos Granulométricos*

Tamiz	Propiedades que pasa		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
25.0 mm (1”)	100		
19.0 mm (3/4”)	80 - 100	100	
12.5 mm (1/2”)	67 - 83	80 - 100	
9.5 mm (3/8”)	60 - 77	70 - 88	100
4.75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2.00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 µm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N° 80)	.8 - 17	.8 - 17	.9 - 19
75µm (N° 200)	.4 - 8	.4 - 8	.5 - 10

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

d. Cemento asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad cinemática, por penetración y los equivalentes al Grado de Performance (PG). Su empleo será según las características climáticas de la región, tal como lo indica la Tabla 9, y a correspondiente carta de viscosidad del cemento asfáltico.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 9.*Selección del Tipo de Cemento Asfaltico*

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

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la inclusión de aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto garantizado, con los ensayos correspondientes. En tales casos, las especificaciones particulares establecerán el tipo de aditivo y las especificaciones que deberán cumplir tanto el cemento asfáltico modificado como las mezclas asfálticas resultantes, que serán aprobadas por el supervisor, al igual que la dosificación y dispersión homogénea del aditivo incorporado.

2.4. Definición de términos

Durabilidad: Es el régimen de qué cantidad puede contener un asfalto sus tipos originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento (Fajardo & Vergaray, 2014).

Viscosidad: Es una propiedad pegajosa de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza (Silvestre Velasquez , 2017).

Elasticidad: Es la propiedad que poseen algunos materiales para regresar a su estado natural al quitarles las cargas aplicadas (Silvestre Velasquez , 2017).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Adhesión y cohesión: La adhesión se refiere a la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación.

Mientras que la cohesión se refiere a la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto las partículas de agregado en el pavimento terminado (Fajardo & Vergaray , 2014).

Susceptibilidad a la temperatura: Todos los asfaltos son termoplásticos, se vuelve más viscoso (duro) a medida que su temperatura disminuye y menos viscoso (blando) conforme su temperatura aumenta. Esta característica se conoce como susceptibilidad a la temperatura y es una de las propiedades más valiosas en un asfalto.

La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, pero aun así los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

Su importancia radica en que el asfalto debe tener suficiente fluidez a temperaturas altas para que pueda cubrir las partículas del agregado durante el mezclado y así permitir que estas se desplacen unas respecto a otras durante la compactación (Fajardo & Vergaray, 2014).

Incorporación de caucho por vía húmeda: proceso en el que se mezcla previamente el polvo de caucho con el asfalto para su posterior empleo como ligante en la mezcla bituminosa (Granados Noa , 2017).

Grano de caucho reciclado (GCR): material constituido por partículas y polvo de caucho vulcanizado procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso (NFU) donde se han separado los metales, los tejidos y otras impurezas extrañas al neumático. Está compuesto principalmente por cauchos naturales y sintéticos vulcanizados, negro de carbono, azufre y otros aditivos (Granados Noa , 2017).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Consistencia: Es dureza del material lo cual depende mucho de la temperatura ya que a altas temperaturas se denomina como una consistencia para definirla o moldearla (Silvestre Velasquez , 2017).

Endurecimiento y envejecimiento: Los asfaltos tienen una tendencia a solidificarse en la mezcla de asfáltica en medio del desarrollo, y además en el asfalto terminado. Esta solidificación se produce en su mayor parte por el procedimiento de oxidación (negro-top consolidado con oxígeno), que ocurre con mayor eficacia a altas temperaturas (por ejemplo, temperaturas de desarrollo) y en finas películas negras (por ejemplo, Película que cubre partículas del agregado). El asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas, mientras que cubrir las partículas del agregado en medio de la mezcla, esto hace que la oxidación y la solidificación más graves ocurren en esta etapa (Silvestre Velasquez , 2017).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Perspectiva metodológica y tipo de investigación

Enfoque

El propósito de la investigación es mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional incorporando granos de caucho reciclado, por vía húmeda en pavimentos flexibles de la ciudad de Huaraz.

Por su enfoque se trata de una investigación de tipo CUANTITATIVO; la finalidad es comparar los resultados obtenidos en los ensayos de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado de neumático fuera de uso respecto mezcla asfáltica convencional con los parámetros de las Especificaciones Técnicas Generales para construcción, EG-2013.

Tipo de investigación

El tipo de investigación es DESCRIPTIVA ya que consiste en detallar cómo son y se manifiestan las mezclas asfálticas modificadas con granos de caucho. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de procesos. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández Sampieri, Fernández Collao , & Baptista Lucio , 2014).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Nivel de investigación

Según su nivel La Investigación es explicativo; Según (Hernández Sampieri, Fernández Collao , & Baptista Lucio , 2014). Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales.

Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

Estudios explicativos Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que estudia el investigador.

Diseño de investigación

El diseño de investigación es EXPERIMENTAL, ya que busca verificar los resultados del comportamiento que tendrá la mezcla asfáltica modificada con el caucho de neumáticos reciclados que tiene frente a la mezcla asfáltica convencional. Con respecto a este tipo de investigación, Sampieri (2006) indica que la investigación experimental requiere de manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

También el diseño es LONGITUDINAL porque los estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos (Hernández Sampieri, Fernández Collao , & Baptista Lucio , 2014).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

En el desarrollo de la investigación, se realiza el diseño Marshall con el cemento asfaltico, agregándole granos de caucho al ligante, manteniendo las características del diseño de mezcla asfáltica convencional. Una vez obtenido el porcentaje óptimo de cemento asfaltico, para luego con los resultados realizar la comparación respectiva, a través del ensayo Marshall.

Límites de la investigación

La presente investigación se limita a realizar el diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional y el diseño de la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho, la cual es incorporada por vía húmeda para mejorar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas, mediante el método de Marshall y de acuerdo a las normativas de MTC para pavimentos flexibles.

Limite espacial

Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con la incorporando el 15% y 20% granos de cauchos por vía húmeda. Mediante el método de Marshall, en la ciudad de Huaraz.

Delimitación temporal

Se contempla la recolección de datos de los ensayos realizados en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional, así como modificada. El presente estudio se realizó en el año 2021.

Delimitación teórica

La investigación se limita únicamente a la mejora del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificado con granos de caucho que son incorporados

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

en diferentes porcentajes al cemento asfaltico (vía húmeda), respecto a la mezcla asfáltica caliente convencional, los cuales serán evaluados haciendo uso de las normas nacionales MTC.

3.2. Contexto y unidad de análisis: población y muestra

Contexto

La investigación se desarrolla dentro del contexto de investigaciones experimentales que promueve la universidad, en este caso el diseño de mezcla asfáltica en caliente modificado mediante el método de Marshall, usando los agregados pétreos y granos de caucho de neumáticos en desuso, el mismo que se desarrolló tomando en consideración el entorno de la ciudad de Huaraz.

Población y Muestra

Por tratarse de una investigación EXPERIMENTAL, no se puede definir una población y muestra, por lo que en este caso se usó un GRUPO DE ESTUDIO que se refiere al grupo de sujetos de experimentación.

En ese sentido como la investigación busca determinar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas con la inclusión de granos de caucho de neumáticos reciclados, el grupo de estudio está conformado por un GRUPO EXPERIMENTAL y un GRUPO DE CONTROL de briquetas de asfaltos que fueron sometidas a pruebas de laboratorio.

El GRUPO EXPERIMENTAL está conformado por 48 briquetas con mezclas asfálticas modificadas con adición de granos de caucho, con diferentes contenidos de Cemento Asfáltico (C.A %). Teniendo como referencia la experiencia de diferentes

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

autores y hechos reales, el contenido óptimo de asfalto se encuentra entre el 3.5 % y 7 % dependiendo mucho de los agregados pétreos y al tipo de tránsito al cual están destinados. Para la presente investigación se optó por elaborar probetas con contenidos de asfalto de 5.5% a 7.5% con incrementos de 0.5% en peso y tres probetas por cada contenido de Asfalto de acuerdo a la norma ASTM 1559. El grano de caucho será un material muy fino con tamaños inferiores al tamiz N°30 (0.60mm), ya que las formas de las partículas superiores a este tamaño son alargadas. El porcentaje con el cual se trabajará la presente tesis será de 15% y 20% respecto a los diferentes porcentajes cemento asfaltico con las que se trabajará. El detalle de las briquetas del grupo experimental es el siguiente:

- 03 briquetas con 5.5% de cemento asfáltico más 15% de GC.
- 03 briquetas con 6.0% de cemento asfáltico más 15% de GC.
- 03 briquetas con 6.5% de cemento asfáltico más 15% de GC.
- 03 briquetas con 7.0% de cemento asfáltico más 15% de GC.
- 03 briquetas con 7.5% de cemento asfáltico más 15% de GC.
- 03 briquetas con 5.5% de cemento asfáltico más 20% de GC.
- 03 briquetas con 6.0% de cemento asfáltico más 20% de GC.
- 03 briquetas con 6.5% de cemento asfáltico más 20% de GC.
- 03 briquetas con 7.0% de cemento asfáltico más 20% de GC.
- 03 briquetas con 7.5% de cemento asfáltico más 20% de GC.
- 06 briquetas con porcentaje de la muestra patrón de cemento asfáltico modificada con 15% GC
- 06 briquetas con porcentaje de la muestra patrón de cemento asfáltico modificada con 20% GC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

El GRUPO CONTROL está conformado por 21 briquetas con mezclas asfálticas en caliente sin adición de granos de caucho, que representan al diseño convencional, considerando contenidos de Cemento Asfáltico de 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% y 7.5%

- 03 briquetas con 5.5% de cemento asfáltico sin GC.
- 03 briquetas con 6.0% de cemento asfáltico sin GC.
- 03 briquetas con 6.5% de cemento asfáltico sin GC.
- 03 briquetas con 7.0% de cemento asfáltico sin GC.
- 03 briquetas con 7.5% de cemento asfáltico sin GC.
- 06 briquetas con porcentaje de la muestra patrón de cemento asfáltico sin GC

3.3. Métodos, Técnica y recursos empleados en la Investigación

Métodos de Investigación

La metodología a seguir es básicamente determinar la mejora del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho que son incorporadas por vía húmeda al cemento asfaltico en diferentes porcentajes respecto a la mezcla asfáltica en caliente convencional, haciendo uso del método de Marshall y el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013) para identificar que las mezclas asfálticas en caliente cumplan con la normativa peruana. En la tesis se ha desarrollado técnicas e instrumentos de recolección de datos de cada uno de los ensayos para luego analizar y evaluar comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica tradicional y modificado.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Consiste en la observación, recolección de información en las fichas técnicas de los ensayos en laboratorios de los componentes de la mezcla asfáltica en caliente que son los agregados pétreos y el cemento asfaltico de la zona en estudio, como también las fichas técnicas del ensayo de Marshall. Estos procesos Se dividirán en las siguientes etapas:

1. Selección de técnicas y elaboración de instrumentos para la toma de datos en las fichas técnicas de los ensayos en laboratorios de los componentes de la mezcla asfáltica en caliente que son los agregados pétreos y el cemento asfaltico según las condiciones del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013) y Manual de Ensayos de Material del MTC (agregados – sección 2 y mezclas bituminosas – sección 5).
2. Determinación del diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional óptimo mediante el ensayo de Marshall según las condiciones del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013), de esta manera se determinó el diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón.
3. Observación, análisis y comparación de los datos obtenidos de la mezcla asfáltica en caliente convencional y la mezcla asfáltica modificada por vía húmeda con 15% y 20% de granos de caucho.
4. Determinación de la mejora del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho que son incorporadas por vía húmeda al cemento

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

asfaltico en diferentes porcentajes a la mezcla asfáltica en caliente convencional patrón, haciendo uso del ensayo de Marshall y el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

Recursos Empleados

Los recursos empleados fueron humanos, técnico, materiales y equipos

Recursos Humanos: Para la elaboración de los ensayos de los agregados pétreos, el ensayo de Marshall y recolección de datos en las fichas técnicas del laboratorio, fue necesario 3 personas adiestradas en los procedimientos de laboratorio y el propio tesista.

Recursos de Materiales: Fichas técnicas de los ensayos para la recolección de datos de los agregados gruesos, finos, granos de caucho, los ensayos de Marshall y la de inmersión – compresión de la mezcla asfáltica en caliente.

Recursos de Equipos: Equipos de laboratorio como prensa de estabilidad Marshall, molde de compactación para asfalto, martillo de compactación para asfalto, baño maría, cabezal de rotura Marshall, así como también equipos de protección personal para trabajos en laboratorio.

Recursos de Técnicos: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013) y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC que indica la base del diseño de mezclas asfálticas en caliente y la normativa peruana de los ensayos de las componentes de la mezcla asfáltica tales como agregados pétreos y el cemento asfaltico.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.4. Procedimiento de recolección de datos

Los ensayos de control y verificación de las características de los agregados pétreos son de gran importancia porque incluyen en el comportamiento de los materiales dentro de la mezcla asfáltica. Todos los ensayos se realizaron siguiendo por procedimientos del manual de ensayos de materiales 2016 del ministerio de transportes y comunicaciones. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos y se enuncia la norma que los rige y los resultados obtenidos.

3.4.1. Ensayos en los agregados.

1) Ubicación de la planta (Cantera)

Los agregados para el presente proyecto de investigación se obtuvieron de la cantera de Tallan ubicada en el tramo de la carretera Huaraz-Lima en las coordenadas de (221618.3E,8943643.7N).

Figura 7. *Ubicación de Planta (cantera)*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 8. *Material de agregado grueso y fino*

Fuente: propio

2) Análisis granulométrico (MTC E204 / ASTM D 422).

Este ensayo tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de los agregados. Los agregados que se utilizaron: Piedra chancada de tamaño máximo 3/4”, Arena chancada de tamaño máximo de 3/8”, arena natural de tamaño máximo de 3/8”, se realizaran 5 granulometrías de cada uno de ellos para al final usar el promedio.

Equipo:

- Dos balanzas: Una para el agregado fino, con aproximación de 0.1g y sensibilidad a 0.1% del peso de la muestra que va ser ensayada. Para agregado grueso, con aproximación de 0.5g y exactitud a 0.1% del peso de la muestra a ser ensayada.
- Tamices de malla cuadrada: ¾”, ½”, 3/8”, ¼”, N°4, N°10, N°20, N°40, N°50, N°80, N°100, N°200.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Horno: Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5°C

Procedimiento:

a. Agregado fino

1. Con la muestra proveniente de la cantera, se procede a reducir en forma representativa, por medio del cuarteo.
2. Secar las muestras a temperatura de 110 ± 5°C, hasta obtener peso constante
3. Después de sacar del horno y determinar la masa se coloca la muestra en un recipiente y agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla. Agitar la muestra con fuerza con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz de N°200 (75µm) de las partículas gruesas y llevar el material fino a suspensión. De inmediato se vierte el agua de lavado con el material fino en suspensión sobre el juego de tamices de tamaño N°16 y N°200 una sobre otra. tener cuidado para evitar la decantación de las partículas más gruesas de la muestra.
4. Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y descantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado este completamente clara.
5. Retornar todo el material retenido en el juego de tamices mediante un chorro de agua a la muestra lavada. Secar el agregado lavado hasta obtener un peso contante a una temperatura de 110 ±5°C.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

6. Después de secar y determinar la masa se selecciona la serie de tamices de tamaños 3/8”, ¼”, N°4, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100, N°200. Se continua el tamizado.

7. Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz.

b. Agregado grueso

1. Secar las muestras a temperatura de 110 ± 5°C, hasta obtener peso constante

2. Después de secar la muestra se selecciona la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar. Encajar los tamices de orden decreciente, por tamaño de abertura, y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Efectuar el tamizado de forma manual durante un periodo adecuado

3. Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz.

Figura 9. *Tamizado de Agregado Grueso*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 10. *Resumen de Análisis Granulométrico de Arena Natural y Arena Triturado*

RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMETRICOS										
ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA NATURAL DE TAMAÑO MAXIMO 3/8"										
CANTERA	FECHA	N° MUESTRA	ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASA TAMIZ N°								
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200
			25.400	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.420	0.180	0.074
TACLLAN	07-Jul	M-1	100.0	100.0	100.0	100.0	87.2	60.8	20.4	6.4	2.2
	07-Jul	M-2	100.0	100.0	100.0	100.0	87.1	60.2	20.5	6.7	2.3
	07-Jul	M-3	100.0	100.0	100.0	100.0	86.1	60.5	21.1	5.9	2.4
	07-Jul	M-4	100.0	100.0	100.0	100.0	88.0	59.7	19.8	7.0	2.1
	07-Jul	M-5	100.0	100.0	100.0	100.0	86.9	61.5	21.0	6.2	1.9
ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA TRITURADA DE TAMAÑO MAXIMO 3/8"										
CANTERA	FECHA	N° MUESTRA	ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASA TAMIZ N°								
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200
			25.400	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.420	0.180	0.074
TACLLAN	07-Jul	M-1	100.0	100.0	100.0	99.8	81.2	56.2	32.2	21.7	12.9
	07-Jul	M-2	100.0	100.0	100.0	100.0	80.0	54.5	31.3	21.0	12.5
	07-Jul	M-3	100.0	100.0	100.0	100.0	79.7	55.4	32.5	21.9	13.0
	07-Jul	M-4	100.0	100.0	100.0	100.0	82.4	54.3	33.0	21.1	12.3
	07-Jul	M-5	100.0	100.0	100.0	100.0	81.8	55.7	31.8	21.2	12.4

Tabla 11. *Resumen de Análisis Granulometría de Piedra Triturada*

RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMETRICO										
ANALISIS GRANULOMETRICO DE PIEDRA TRITURADA DE TAMAÑO MAXIMO 3/4"										
CANTERA	FECHA	N° MUESTRA	ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASA TAMIZ N°								
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200
			25.400	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.420	0.180	0.074
TACLLAN	07-Jul	M-1	100.0	100.0	45.3	19.7	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	07-Jul	M-2	100.0	100.0	45.2	19.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	07-Jul	M-3	100.0	100.0	44.3	20.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	07-Jul	M-4	100.0	100.0	46.4	20.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	07-Jul	M-5	100.0	100.0	44.3	20.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3) Porcentaje de caras fracturadas en los agregados gruesos (MTC E 210/ASTM D 5821).

Este ensayo determina el porcentaje, en peso, del material que presente una o más caras fracturadas de la muestra del agregado grueso.

Equipo:

- Balanza A ± 0.01gr.
- Tamices (1/2" y 3/8").
- Cuarteador.
- Espátula.

Procedimiento:

1. Secar la muestra lo suficiente hasta obtener una separación clara entre el material fino y grueso en la operación de tamizado. Tamizar la muestra por la malla Nº4 (4,75 mm), u otra malla especificada para la retención de material para este ensayo. de acuerdo con el Método de Ensayo ASTM C 136 y luego reducir la parte retenida sobre la malla usando un cuarteador de acuerdo con la Práctica MTC E 103 (ASTM C 702) hasta el tamaño apropiado para ensayo.
2. Lavar la muestra sobre el tamiz designado para la determinación de partículas fracturadas para retirar cualquier material fino remanente y secar a masa constante. Determinar la masa de la muestra, y cualquiera de las determinaciones subsecuentes de masa, al menos con 0,1% de la masa de la muestra seca original.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3. Extender la muestra de ensayo seca sobre una superficie larga, plana y limpia que permita una inspección cuidadosa de cada partícula. Para verificar que la partícula entra en el criterio de fracturada, tomar la partícula del agregado de manera que la cara sea observada directamente. Si la cara constituye al menos un cuarto de la máxima sección transversal de la partícula de roca, considerar como una cara fracturada.

4. Usando la espátula o herramienta similar, separa en dos (02) categorías: (1) partículas fracturadas basadas en tanto si tiene el número requerido de caras fracturadas, (2) partículas que no reúnen el criterio especificado. Si el número requerido de caras de fractura no está dado a las especificaciones aplicables, la determinación será hecha sobre la base de un mínimo de una cara fracturada.

5. Determinar la masa o cantidad de partícula en la categoría de partícula fracturada y la masa o cantidad de las partículas que no reúnan el criterio de fractura especificado. Use la masa para calcular el porcentaje de partículas fracturadas a menos que el porcentaje por conteo de partículas sea especificado.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Cálculos e informe:

Calcular el porcentaje de masa o porcentaje de conteo de partículas con el número especificado de caras fracturadas con aproximación al 1% de acuerdo con lo siguiente:

$$P = \frac{F}{(F+N)} x100$$

Donde:

P = porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas,

F = masa o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas,

N = masa o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas o que no entran en el criterio de partícula fracturada.

Figura 10. *Porcentaje de Caras Fracturadas*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 12. *Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados*

CARAS FACTURADAS				
DESCRIPCION	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
PARTICULAS CON POR LO MENOS UNA CARA FRACTURADA	> 3,000.00 msnm	Min.	90%	95.00%
PARTICULAS CON POR LO MENOS DOS CARAS FRACTURADAS		Min.	70%	81.00%

Fuente: propio

4) Partículas chatas y alargadas (MTC E 223 - ASTM D-4791).

Las partículas planas y alargadas son definidas respectivamente, como aquellas partículas cuya dimensión última es menor que 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces la dimensión promedio.

Equipo:

- Calibradores metálicos.
- Tamices (1″, 3/4″, 1/2″, 3/8″ y 1/4″).
- Balanza A ± 0.1gr.
- Cuarteador de agregados.
- Recipientes metálicos.

Procedimiento:

1. Preparación de la muestra del material recibido en el laboratorio, se separa por cuarteo una muestra representativa, con cantidad suficiente para la realización del ensayo.
2. Secar la muestra al horno a peso constante a la temperatura de 110± 5C.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3. Una vez separada la muestra para ensayo, se procede a determinar su análisis granulométrico usando los tamices de 1″, ¾”, ½” y 3/8”.

4. Ensayar cada partícula de cada fracción medida y colocarlas en uno de los tres grupos: 1) Chatas, 2) Alargadas y 3) Ni chatas ni alargadas.

5. Ensayo de partículas chatas: Ajustar la abertura entre el brazo mayor y el poste, al ancho de las partículas. La partícula es chata si su espesor pasa por la abertura menor.

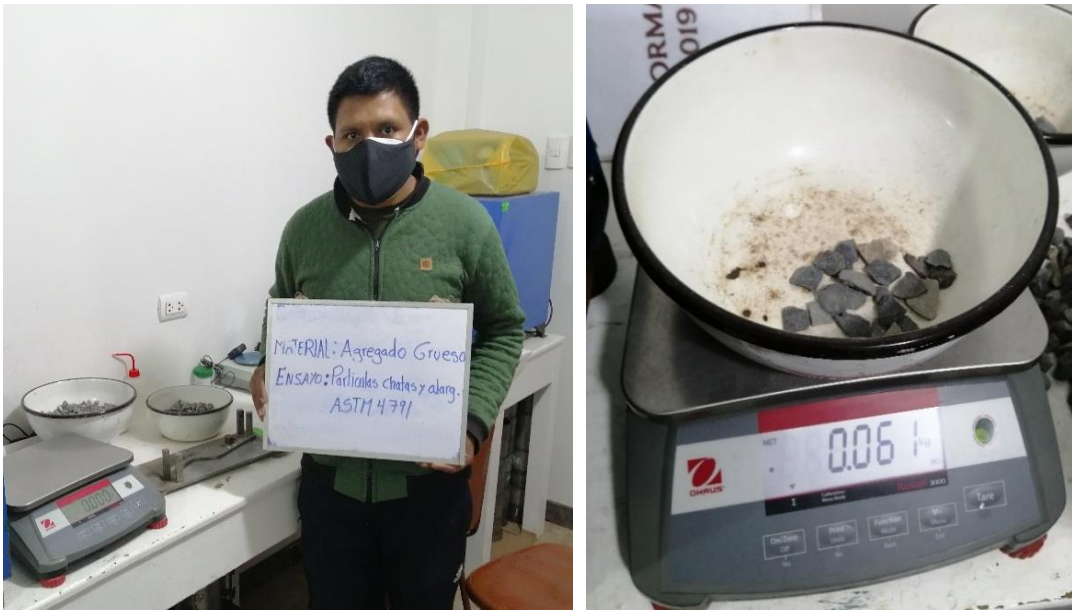
6. Ensayo de partícula alargada: Ajustar la abertura mayor a la longitud de la partícula. La partícula es alargada si su ancho pasa por la abertura menor.

Figura 11. *Dispositivo Calibrador Proporcional*

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 12. *Partículas Chatas y Alargadas*



Fuente: Propio

*Resultado***s:**

Tabla 13. *Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas*

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

DESCRIPCION	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Particulas Chatas y Alargadas	> 3,000.00 msnm	10%	Max.	5%

Fuente: Propio

5) Abrasión de agregado grueso máquina de los ángeles (ASTM C - 131).

Este ensayo se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva

Equipo:

- Balanza A ± 0.1gr.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

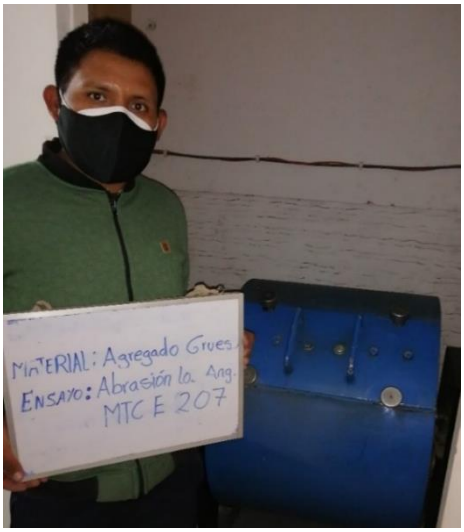
- Horno.
- Tamices (3/4",1/2", 3/8" y Nº12).
- Máquina de los Ángeles.
- Esferas de acero de diámetro 46.38mm y peso 390gr.

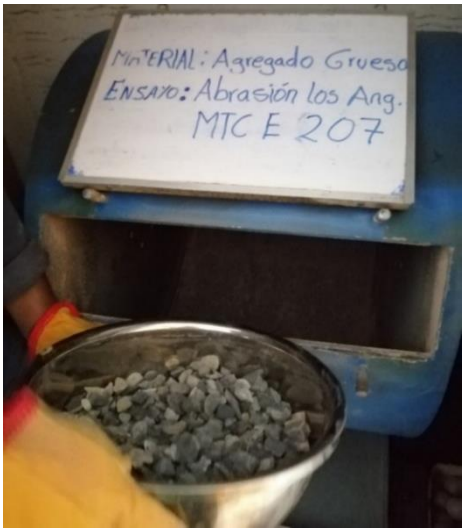
Procedimiento:

1. Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a 110 ± 5 ºC
2. La muestra de ensayo consiste en agregado limpio por lavado y secado en horno a una temperatura constante, separada por fracciones de cada tamaño y recombinadas. El tipo de abrasión que se realizará será de tipo A.
3. La muestra antes de ensayarla será pesada con aproximación de 1 g.
4. La muestra y la carga abrasiva correspondiente, se colocan en la máquina de Los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 r.p.m.); el número total de vueltas será 500. La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante.
5. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en un tamiz más grueso que el de 1.70 mm (No.12). La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No.12).
6. El material más grueso que el tamiz de 1.70 mm (No.12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre 105 a 110°C (221 a 230°F), y se pesa con precisión de 1 g.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 13.*Máquina de los Ángeles y muestra agregado para abrasión*





Fuente: Propio

Tabla 14. *Resultados de Ensayo de Abrasión*

ABRASION LOS ANGELES				
DESCRIPCION	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Abracion de Agregado Grueso	> 3,000.00 msnm	35%	Max.	17%

Fuente: Propio

6) Ensayo de Adherencia-Revestimiento y Desprendimiento de Mezclas Agregado-Bitumen (MTC E 517/AASTHO T-182).

Describir el revestimiento y procedimientos para determinar la retención de una película bituminosa en una superficie de agregado en presencia de agua.

Equipo:

- Balanza, con una capacidad de 200 g y una exactitud de ± 0,1g.
- Horno, capaz de mantener una temperatura entre 60 y 149 ºC con una precisión de ± 1ºC.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Tamices
- Recipientes para mezclado
- Espátula de acero; hoja rígida de 25 mm de ancho y 100 mm de longitud.

Procedimiento:

1. Mezclar 100gr de agregado con 5.5gr de asfalto.
2. Calentar a 140° C.
3. Se mezcla con la espátula hasta que quede totalmente revestido.
4. Usando una hoja de papel de asbesto u otro material de protección en las balanzas para retrasar el enfriamiento, añadir 5,5 ± 2g del bitumen calentado en el agregado caliente. Calentar la hoja de la espátula y mezclar vigorosamente con la espátula por 2 a 3 minutos o hasta que el agregado este completamente revestido, permitiendo que la temperatura del contenido de los recipientes descienda naturalmente durante el mezclado. Después del revestimiento, dejar la mezcla para que enfríe a temperatura ambiente
5. Inmersión en agua: transferir el agregado revestido a un recipiente de vidrio de 600 mL, cubrir inmediatamente con 400 mL de agua destilada a temperatura ambiente (aproximadamente 25ºC). Dejar el agregado revestido para que permanezca inmerso en agua por 16 a 18 horas.
6. Estimación visual del área recubierta en la prueba de desprendimiento: Sin revolver ó agitar el agregado recubierto, quitar cualquier película flotante de la superficie del agua. Iluminar el espécimen por una lámpara, adecuada con una bombilla eléctrica de 75w posicionado para eliminar el brillo de la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

superficie del agua. Por observación a través del agua, por encima, estimar el porcentaje del área total visible del agregado con revestimientos retenidos por encima o por debajo que 95%. Cualquier área de marrón escaso o translucido son consideradas completamente revestidas.

Figura 14. *Mezcla de Agregado con Asfalto, mezcla para que enfrié a temperatura ambiente*

Fuente: propio

Resultados:

Tabla 15. *Resultado de Ensayo de Adherencia*

ENSAYO DE ADHERENCIA					
MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS	
Piedra Triturada	> 3,000.00 msnm	>	95%	>	95%

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

7) Durabilidad (ASTM C- 88 – MTC E 209).

Este método cubre el procedimiento a seguirse en el ensayo de agregados para determinar su resistencia a la desintegración por saturación en soluciones de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Provee información que ayuda a juzgar la resistencia de los agregados sujetos a la acción climática, particularmente si es que no existe información estadística de los materiales sujetos a las actuales condiciones climáticas.

Equipo:

- Tamices: A. grueso 3/8", ½", ¾", 1", 1 ½", 2", 2 ½"; A fino N°50, N°30, N°16, N°8 y N°4.
- Recipientes.
- Balanza A ± 0.1gr.
- Horno

Procedimiento:

1. Sumergir las muestras preparadas en la solución de sulfato de sodio o magnesio por un período de 16 a 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. Tapar el recipiente para evitar la evaporación y contaminación con sustancias extrañas. Mantener la temperatura en 21±1ºC durante el período de inmersión.
2. Retirar la muestra de la solución dejándola escurrir durante 15±5 min., secar en el horno a 110º±5ºC hasta obtener peso constante a la temperatura

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

indicada. Para verificar el peso se sacará la muestra a intervalos no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se considerará que se alcanzó un peso constante cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, no difieren más de 0.1 gr. en el caso del agregado fino, o no difieren más de 1.0 gr. en el caso del agregado grueso.

3. Obtenido el peso constante dejar enfriar a temperatura ambiente y volver a sumergir en la solución para continuar con los ciclos que se especifiquen.

Resultados:

Tabla 16. *Resultados de Durabilidad al Sulfato de Sodio y Magnesio*

MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Piedra Triturada	> 3,000.00 msnm	15%	Max.	5.1%
Arena triturada	> 3,000.00 msnm	18%	Max.	2.1%
Arena natural	> 3,000.00 msnm	18%	Max.	2.8%

Fuente: Propio

8) Índice de durabilidad MTC E-214.

Determinar la durabilidad de agregados; el índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos, del tipo arcilloso, cuando se somete a los métodos de degradación mecánica que se describen.

Equipo reactivos e insumos:

- Vaso mecánico de lavado, cilíndrico, de paredes rectas y fondo plano, conforme con las especificaciones y dimensiones.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Recipiente colector o fondo de mallas, circular, de al menos 254 mm (1,0") de diámetro y de aproximadamente 102 mm (4") de profundidad, para recoger el agua resultante del lavado de la muestra. Tiene paredes verticales o casi verticales y está equipado con lo necesario para acoplar un tamiz, de tal forma que la malla del tamiz quede por lo menos a 76,2 mm (3") del fondo del recipiente. Puede usarse un adaptador, que evite la pérdida de finos y de agua de lavado, acoplando el tamiz y el recipiente, o puede colocarse un tamiz en blanco (sin malla) bajo el otro tamiz, que repose directamente en el fondo del recipiente.
- Agitador-Un dispositivo mecánico diseñado para sostener el recipiente de lavado en posición vertical mientras se somete a un movimiento lateral de pistón a una velocidad de 285 ± 10 ciclos completos por minuto.
- Todos los equipos necesarios para realizar la prueba de Equivalente de arena de los suelos y de agregado fino (el método de prueba MTC E 114).
- Tamices-Los tamices se ajustará a la especificación E 11.
- Balanza, con capacidad mínima de 500 g y precisión de 1 g.
- Soluciones de Cloruro de Calcio-Stock y de trabajo, soluciones de cloruro como se especifica en los reactivos y sección de Materiales del Método MTC E 114 son obligatorios.
- Agua destilada o agua desmineralizada será necesario para el desempeño normal de este método. Esto es necesario porque los resultados pueden ser afectados por ciertos minerales disueltos en el agua. Sin embargo, si se determina que el agua del grifo local es de tal pureza que no afecta a los

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

resultados de pruebas, está permitido el uso, excepto en aquellas partes del procedimiento en las que se ordene usar expresamente agua destilada o desmineralizada. Para ensayos con propósitos de referencia, en todos los pasos del ensayo se debe usar agua destilada o desmineralizada.

Procedimiento a - agregado grueso

1. Prepárese una muestra preliminar de ensayo, de 2550 ± 0,25 g, secada al aire.
2. Colóquese el cilindro plástico (el mismo requerido en la norma MTC E-114 para obtención del equivalente de arena) sobre una mesa de trabajo, la cual no debe estar expuesta a vibraciones durante el proceso de sedimentación del ensayo. Viértanse 7 ml (0,24 onzas) de la solución base del cloruro de calcio dentro del cilindro. Colóquense los tamices de 4. 75 mm (N° 4) y de 75 mm (N° 200) sobre el recipiente recolector del agua de lavado con el tamiz de 4. 75 mm (N° 4) arriba, el cual sirve sólo para proteger el tamiz de 75 µm (N° 200).
3. Colóquese la muestra de ensayo lavada, en el vaso mecánico de lavado. Añádase luego la cantidad de agua destilada o desmineralizada, ajústese la tapa y colóquese el vaso en el agitador. Comiéncese la agitación después de 60 segundos de haber vertido el agua de lavado. Agítese el vaso por 600 ± 015 segundos.
4. Inmediatamente después de agitado, retírese el vaso del agitador y quítesele la tapa. Agítese el contenido del vaso sostenido verticalmente, en forma vigorosa, con movimientos horizontales - circulares, cinco o seis veces, para, poner los finos en suspensión e inmediatamente viértase este contenido en el

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

recipiente colector de agua de lavado con los tamices. Descártese el material retenido en el tamiz de 4.75 mm (N° 4). Recójase toda el agua de lavado y material que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) en el recipiente colector. Para asegurar que el material de tamaño inferior al del tamiz de 75 µm (N° 200) ciertamente pasa por dicho tamiz, deben seguirse los siguientes pasos: a) A medida que se cuela el material por el tamiz de 75 µm (No. 200), debe golpearse repetidamente el lado del tamiz con la mano; b) Si aún queda una concentración retenida en el tamiz, debe reciclarse el agua de lavado. Para ello debe primero dejarse reposar el agua del colector permitiendo que asienten las partículas mayores. Luego, si el agua es un poco más clara de la parte superior puede depositarse en otro recipiente y volverse a verter sobre los tamices, para caer de nuevo en el recipiente colector, lavando así las partículas remanentes. Debe repetirse este reciclaje hasta que todas las partículas que deben pasar por el tamiz de 75 µm efectivamente pasen y se junten en el recipiente colector.

5. Añádase agua destilada o desmineralizada, hasta dar el volumen de 1000 ± 5 ml de agua sucia.

   Transfiérase el agua de lavado a otro recipiente adecuado para agitar y verter su contenido.

6. Colóquese un embudo en el cilindro plástico graduado. Agítese manualmente el agua de lavado para poner los finos en suspensión. Estando aún en turbulencia, viértase el agua de lavado dentro del cilindro graduado, en cantidad tal, que llegue el nivel del agua a la marca de 381 mm (15").

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

7. Remuévase el embudo, colóquese el tapón en el extremo del cilindro y prepárese para mezclar el contenido inmediatamente.

8. Mézclese el contenido mediante movimientos alternados de agitación hacia arriba y hacia abajo a la derecha y a la izquierda, haciendo que la burbuja atraviese completamente el cilindro 20 veces en 35 segundos aproximadamente.

9. Completándose el proceso de mezclado, colóquese el cilindro sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón. Déjese reposar el contenido del cilindro por 1200 ± 15 segundos cuidando de no perturbarlo. Exactamente al final de este tiempo léase y regístrese la altura de la columna de sedimentación, con aproximación de 2.5 mm (0.1").

Procedimiento a - agregado fino.

1. Cuartéese una porción representativa del material que pasa por el tamiz de 4. 75 mm (No 4), en cantidad suficiente para obtener un peso secado al horno de 500 ± 250 g.

2. Séquese la muestra preliminar de ensayo a peso constante a una temperatura de 11 O ± 5 oc (230 ± 09 °F). Enfríese a la temperatura ambiente.

3. Colóquese la muestra de ensayo en el vaso mecánico de lavado, añádanse 1000 ± 5 mL de agua destilada y desmineralizada, y tápese el vaso. Asegúrese el vaso en el agitador con suficiente tiempo para comenzar la agitación después de 600 ± 30 segundos de haber introducido el agua de lavado. Agítese el vaso por un periodo de 120 ± 5 segundos.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4. Después de completar el periodo de agitación por 2 minutos, retírese el vaso del agitador, destápese y cuélese cuidadosamente su contenido a través del tamiz de 75 µm (No 200), protegido con el tamiz de 4.75 mm (No 4). Enjuáguese el vaso y el tamiz con ayuda de una manguera, de manera que el agua de lavado caiga en el mismo recipiente de los agregados que pasaron el tamiz de 75 µm (No 200), hasta que el agua que pasa por el tamiz salga clara.

5. Puede ser necesario fluidificar aquellas muestras que sean arcillosas o limosas, antes de verterlas sobre el tamiz, para prevenir el taponamiento del tamiz de 75 µm (No 200). Se hace esto añadiendo agua al vaso después del período de agitación. La fluidificación repetida puede ser necesaria en casos extremos, antes de que el contenido del vaso sea vertido en el tamiz.

6. Después del lavado, transfiérase el material retenido en el tamiz a un recipiente desecado y séquese hasta peso constante, a una temperatura de 11 O ± 5 oc (230 ± 9 °F). Es necesario lavar el material retenido en el tamiz de 75 IJ m (N° 200) para transferirlo al recipiente de secado. Déjese el recipiente en una posición inclinada, hasta que el agua libre que drena por el lado más bajo sea clara. Luego desalójese esta agua clara. úsense recipientes grandes para extender la muestra y alimentar la velocidad de secado.

7. Después de permitir que el material secado al horno se enfríe, tamícese la muestra de ensayo, por 20 minutos, usando los siguientes tamices: 2.36 y 1. 18 mm, 600, 300, 150 y 75 µm (Nos. 8, 16, 30, 50, 1 00 y 200).

8. Después de averiguar la granulometría de la muestra de ensayo lavada, recombínese todo el material retenido en los diferentes tamaños, con el

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

material que pasa el tamiz de 75 mm (No 200) que fue colectado en el recipiente colector.

9. Cuartéese una cantidad suficiente del material lavado y tamizado, para llenar la lata de medida de 85 ml (3 onzas) hasta el borde. Mientras se llena la lata, golpéese su fondo sobre otra superficie dura para causar la consolidación del material y permitir que quepa la mayor cantidad de material en la lata. Téngase especial cuidado en este procedimiento para lograr una muestra verdaderamente representativa.

Figura 15. *Material para el ensayo de Índice de Durabilidad, agitar el recipiente con el agregado por un periodo de 10 minutos*

Fuente: propio

Tabla 17. *Resultados Índice de Durabilidad*

INDICE DE DURABILIDAD				
MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Piedra Triturada	> 3,000.00 msnm	35%	Min.	79.00%
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	35%	Min.	82.00%

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

9) Equivalente de arena (ASTM D-2419).

Este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo.

Equipo:

- Cilindro graduado de plástico, con diámetro interior de 31.75 ± 0.381 mm (1¼ ± 0.015") y altura de 431.8 mm (17") aproximadamente, graduado en espacios de 2.54 mm (0.1"), desde el fondo hasta una altura de 381 mm (15").
- Tapón macizo de caucho o goma que ajuste en el cilindro.
- Tuvo irrigador, de acero inoxidable.
- Tubo flexible de plástico.
- Un botellón de 3.785 L.
- Dispositivo para tomar lecturas.
- Recipiente metálico.
- Embudo de boca ancha.
- Reloj o cronómetro, para lecturas de minutos y segundos.
- Tamiz Nº 4.
- Solución (Cloruro de Calcio).

Procedimiento:

1. Antes de seleccionar la muestra de ensayo se deben desmenuzar todos los terrones de material fino y pasar por el tamiz de 4.75 mm (No.4),

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2. Verter la solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro graduado, hasta una altura de 101.6 ± 2.54 mm (4 ± 0.1").

3. Con ayuda del embudo, se vierte la muestra de ensayo en el cilindro graduado. Golpear varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire y remojar la muestra completamente. Dejar en reposo durante 10 ± 1 minuto.

4. Al finalizar los 10 minutos (periodo de humedecimiento), tapar el cilindro con un tapón y soltar el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo a la vez.

5. Después de soltar el material del fondo, se agita el cilindro con el método manual.

6. Inmediatamente después de la operación de agitación, colocar el cilindro verticalmente sobre la mesa de trabajo y remover el tapón.

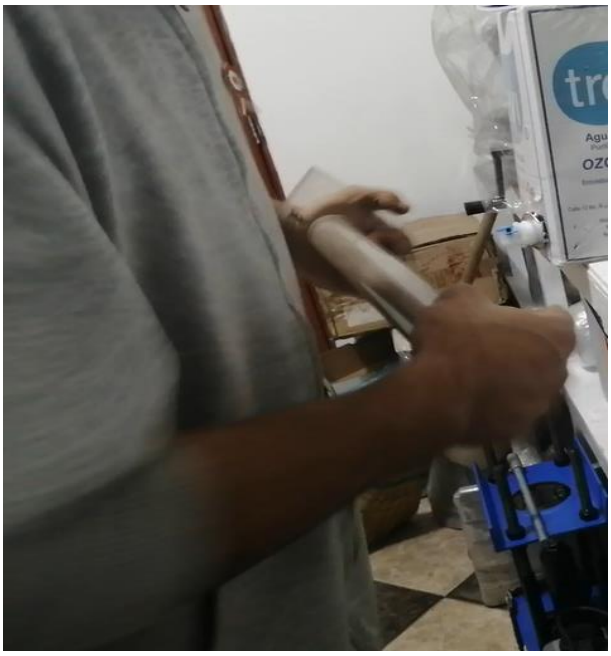
Procedimiento de irrigación.

7. Durante el procedimiento de irrigación mantener el cilindro vertical y la base en contacto con la superficie de trabajo. Colocar el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, aflojar la pinza de la manguera y lavar el material de las paredes del cilindro a medida que baja el irrigador, el cual debe llegar a través del material, hasta el fondo del cilindro, aplicando suavemente una acción de presión y giro mientras que la solución de trabajo fluye por la boca del irrigador. Esto impulsa hacia arriba el material fino que esté en el fondo y lo pone en suspensión sobre las partículas gruesas de arena, se debe llenarlo hasta una altura de 382

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

mm (15”); levantar el tubo irrigador suavemente sin que deje de fluir la solución, de tal forma que el nivel del líquido se mantenga cerca a dicha altura, mientras se extrae el tubo irrigador.

Figura 16. *Agitación del Cilindro por el Método Manual*



Nota: Agitación del cilindro por el método manual, después de soltar el material del fondo, se sostiene el cilindro en una posición horizontal y agitar vigorosamente con un movimiento lineal horizontal de extremo a extremo. Agitando el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30 segundos.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 17.*Procedimiento de irrigación*

Nota: Procedimiento de irrigación, Colocar el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, lavando así el material de las paredes del cilindro a medida que baja el irrigador el cual debe llegar hasta el fondo del cilindro. Continuar aplicando una acción de presión y giros mientras se lavan los finos, hasta que el cilindro este lleno a la altura de 382 mm (15”).

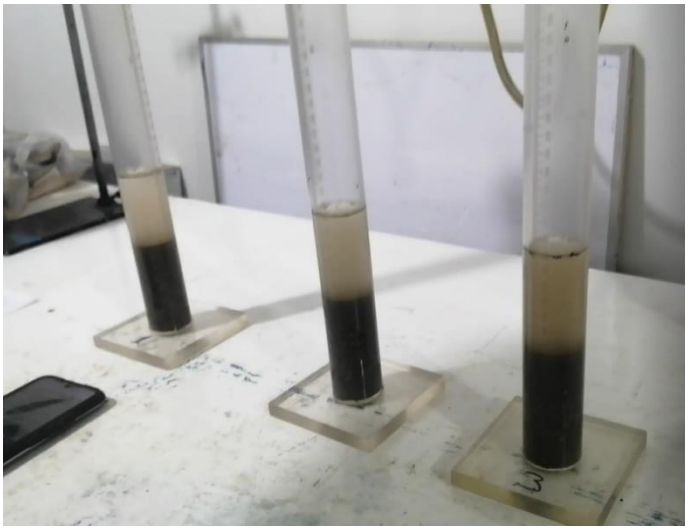
8. Dejar el cilindro y el contenido en reposo por 20 min ± 15s. Medir el tiempo inmediatamente después de retirar el tubo irrigador.

9. Al finalizar los 20 min del periodo de sedimentación, leer y anotar el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa. Este valor se denomina “lectura de arcilla”

10. Después de tomar la lectura de la arcilla, se introduce dentro del cilindro el conjunto del disco, la varilla y el sobrepeso, se baja suavemente el conjunto hasta que llegue sobre la arena, la cual se denominara “lectura de arena”.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 18. *Contenido en reposo*



Nota: Contenido en reposo por 20 min ± 5s. Al finalizar los 20 min del periodo de sedimentación se lee y anota el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa para posteriormente medir la arena con una barra metálica.

Resultados:

Tabla 18. *Resultado de Equivalente de Arena*

MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	70%	Min.	72.0%

Fuente: Propio

10) Angularidad del agregado fino (MTC E 222)

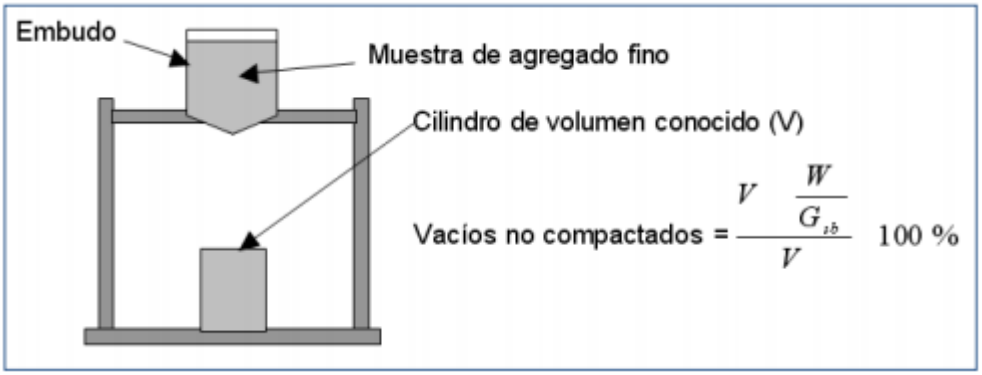
Determinar mediante el cálculo de vacíos de aire y la angularidad de los agregados finos, la cual se correlaciona con la resistencia al ahuellamiento. Se define como angularidad del agregado fino el porcentaje de vacíos con aire presente en las partículas menores de 2,36 mm (pasante malla Nº 8), levemente compactados.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Equipo:

- Tamices; 2,36mm (No 8) y 75mm (Nº 200)
- Cilindro metálico de volumen conocido
- Embudo metálico
- Marco metálico

Figura 19.*Aparato para Medir la Angularidad del Agregado Fino*



Fuente: Manual de Ensayo Materiales MTC.

Procedimiento:

1. Se separa material que pase el tamiz 2,36 mm (Nº 8) y sea retenido en el tamiz 75mm (Nº 200).
2. Se determinará la gravedad específica bruta del agregado seleccionado (Gsb)
3. Se vierte la arena por el embudo hasta que rebose el cilindro de volumen conocido. Se enrasa y se pesa el material retenido en el cilindro.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 20. *Vierte la Arena por el embudo hasta que rebose el cilindro*

Fuente: propio

Resultados:

Tabla 19. *Resultado de Angularidad del Agregado Fino*

MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	40%	Min.	40.7%

Fuente: Propio

11) Ensayo de Azul de Metileno (AASHTO TP- 57)

Esta prueba tiene como objetivo principal el determinar la calidad que tiene un suelo que se va emplear en las capas de un pavimento, esta calidad es desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica.

El Valor de Azul de Metileno determinado mediante este estándar se puede utilizar para estimar la cantidad de arcillas dañinas y materia orgánica presente en el agregado. Un valor alto de azul de metileno indica una gran cantidad de arcilla o materia orgánica presente en la muestra.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Material y Equipo:

- Azul de metileno
- Agua destilada o desmineralizada
- Bureta de 50 ml (mínimo)
- Papel de filtro de tamaño de poro medio y ø 125 mm
- Varilla de vidrio de ø 8 mm
- Agitador de paletas con velocidad regulable
- Balanza de 0,2 g de precisión mínima
- Cronómetro
- Tamiz ensayo (2 mm)
- Vaso de precipitados de 2 litros y de 250 ml
- Probeta graduada de 500 ml
- Estufa ventilada a (110 ± 5) ºC
- Termómetro
- Bandejas y cepillos
- Desecador

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Procedimiento:

1. Preparación de la muestra de ensayo una vez seca (en estufa hasta masa constante), pasarla por el tamiz de 2 mm, rechazando lo que quede por encima, obteniendo una masa superior a 200 g. Pesar la submuestra y anotar su masa, redondeada al gramo más próximo (M1), conservándola en el desecador.
2. Preparación de la solución colorante Añadir (10 ± 0,1) gramos en un litro de agua destilada o desmineralizada. La solución, una vez preparada, deberá conservarse protegida de la luz y emplearse antes de los 28 días
3. Colocar un filtro de papel sin cenizas de tamaño de poro de 8 µm sobre el vaso de precipitados posicionado boca arriba.
4. Introducir en el vaso de precipitados de 2 litros un volumen de (500 ± 5) ml de agua destilada o desmineralizada. Después, introducir la muestra ya pesada de árido (> 200 gramos), conservada en el desecador.
5. Agitar la solución colorante y llenar la bureta de 50 ml.
6. Posicionar la base de las paletas del agitador a 1 cm por encima del fondo del vaso. Se pone en marcha el agitador a una velocidad de agitación de (600 ± 60) rpm, y se mantiene durante 5 minutos.
7. Transcurrido dicho período de tiempo, se reduce la velocidad a (400 ± 40) rpm hasta la terminación del ensayo.
8. Se añaden 5 ml de solución colorante con la bureta, contando 1 min. de tiempo. Transcurrido el minuto se realiza la prueba de coloración, consistente

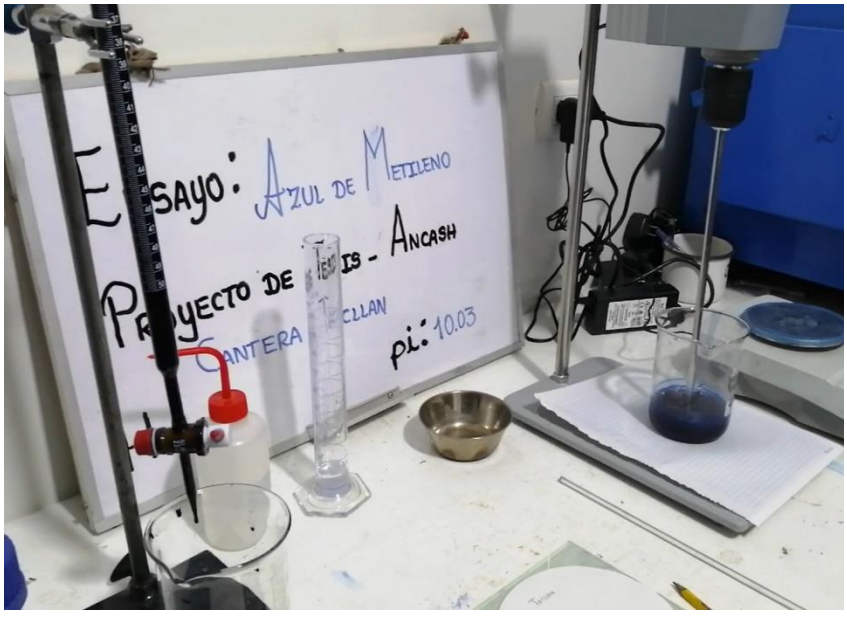
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

en coger una gota del fondo del vaso de 2, con la varilla de vidrio y depositarla en el filtro. La prueba de coloración puede dar como resultado una mancha azul oscuro sobre el papel de filtro, rodeada de una aureola incolora. Si ello ocurre, entonces se vuelven a añadir otros 5 ml de solución y se realiza otra prueba, contando otro minuto de tiempo desde dicha adición.

9. El paso anterior se repite tantas veces como sea necesario hasta que aparezca sobre el papel de filtro una aureola alrededor de la mancha con una tonalidad azul más claro y un espesor de aproximadamente 1 milímetro. A partir de ese momento se hace referencia al tiempo de la última adición de solución colorante como tiempo cero. Por tanto, la aparición de la aureola color azul claro ha tenido lugar en el primer minuto.

10. El ensayo se da por finalizado si la aureola permanece durante 5 minutos.

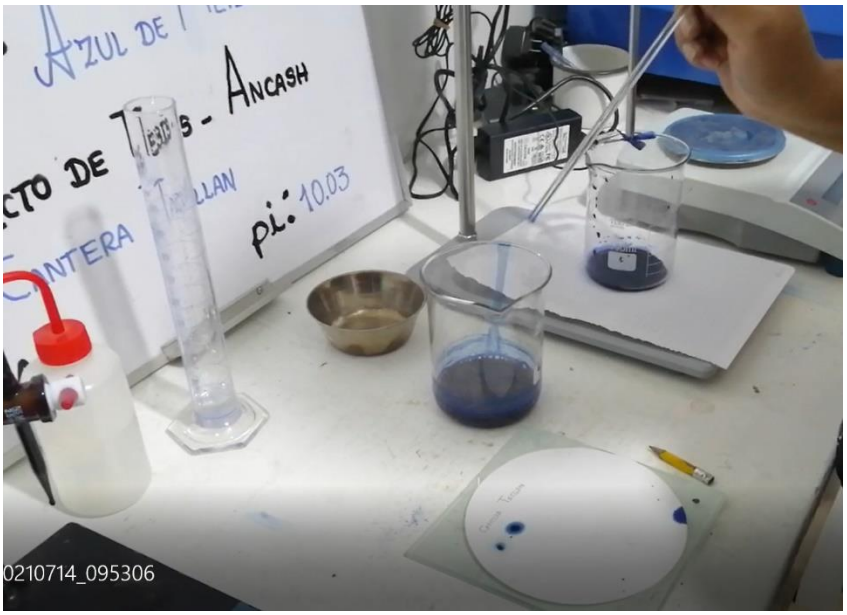
Figura 21. *Agitando la solución colorante*



Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 22. *Aparición de Aureola en el ensayo de Azul de Metileno*



Fuente: Propio

Resultados:

Tabla 20. *Resultado de Ensayo de Azul de Metileno*

MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	8%	Max.	5.0%

Fuente: Propio

12) Límites de consistencia (ASTM D-4318 / MTC E 110 Y E 111).

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

La arcilla, por ejemplo, al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido. El contenido de agua con que

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por Atterberg a principios de siglo a través de dos ensayos que definen los límites del estado plástico. Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

A. Limite líquido (ASTM D-423/MTC E 110).

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande o Copa de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que el surco que previamente se ha recortado, se cierre en una longitud de 12 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre el surco es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido.

B. Índice de plasticidad (ASTM D-424).

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

Equipo:

- Equipo Cuchara de Casa grande.
- Espátula.
- Cápsula para evaporación.
- Balanza de 100 g de capacidad con aproximación a 0.01 g.
- Superficie de rodadura. Se utiliza vidrio esmerilado.
- Recipientes.

Procedimiento:

Para el Límite Líquido:

1. Colocar la muestra en el plato de evaporación. Agregar agua destilada y mezclar completamente mediante la espátula. Continuar la operación durante el tiempo y con la cantidad de agua destilada necesaria para asegurar una mezcla homogénea.
2. Curar la muestra durante el tiempo necesario para que las fases líquida y sólida se mezclen homogéneamente.
3. Colocar el aparato de límite líquido sobre una base firme.
4. Cuando se ha mezclado con suficiente agua para obtener una consistencia que requiera aproximadamente 15 a 20 golpes para cerrar la ranura, tomar

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

una porción de la mezcla ligeramente mayor a la cantidad que se someterá a ensaye.

5. Colocar esta porción en la taza con la espátula, centrada sobre el punto de apoyo de la taza con la base; comprimirla y extenderla mediante la espátula, evitando incorporar burbujas de aire en la mezcla. Enrasar y nivelar a 10 mm en el punto de máximo espesor. Reincorporar el material excedente al plato de evaporación.

Figura 23.*Determinación el Limite Liquido*

Fuente: propio

Nota: Determinando el Límite Líquido, colocar una porción de muestra en la copa, sobre la parte que descansa en la base, extendiéndolo rápido y cuidadosamente con la espátula, cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Para el Índice de Plasticidad:

1. Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y a continuación se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
2. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
3. La porción así obtenida se coloca en recipientes, se continua el proceso hasta reunir unos 6g de muestra y se determina la humedad.

Resultados:

Tabla 21. *Resultado del Índice de Plasticidad (malla N° 40)*

INDICE DE PLASTICIDAD (malla N°40)					
MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION	RESULTADOS		
		I.P.	L.L.	L.P.	I.P.
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

Fuente: Propio

Tabla 22. *Resultado de Índice de Plasticidad (malla N° 200)*

INDICE DE PLASTICIDAD (malla N°200)					
MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION	RESULTADOS		
		I.P.	L.L.	L.P.	I.P.
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	N.P.	22	N.P.	N.P.

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

13) Determinación de sales solubles en agregados MTC E 219.

Este método nos permitirá determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases mezclas bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales solubles en las muestras de agregados.

Una muestra de agregado pétreo se somete a continuos lavados con agua destilada a ebullición, hasta la total de sales.

La presencia de éstas, se detecta mediante reactivos químicos, los cuales, al menor indicio de sales forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de lavado, se toma una parte alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes.

Equipos, materiales y reactivos.

- Balanza sensibilidad 0,01 gramo.
- Estufa eléctrica.
- Mecheros de bunsen.
- Matraces aforados.
- Vasos de precipitado.
- Pipetas graduadas y volumétricas.
- Tubos de ensayo.
- Solución de Nitrato de Plata.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Solución de Cloruro de Bario.
- Agua destilada.

Procedimiento:

1. Secar la muestra en horno a 11 O ± 5°C hasta peso constante, aproximado a 0,01 gramo, registrando esta masa como A.
2. Colocar la muestra en un vaso de precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición.
3. Agitar durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos.
4. Decantar como mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y trasvasijar el líquido sobrenadante a otro vaso. Determinar en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas 95 gotas de nitrato de plata formándose un precipitado blanco de Cloruro de Plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de Bario dando un precipitado blanco de Sulfato de Bario.
5. Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

6. Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 mL, de la muestra previamente homogenizada, del matraz aforado y registrar su volumen como C.

7. Cristalizar la alícuota en un horno a 1 00 ± 5°C, hasta masa constante y registrar dicha masa como D.

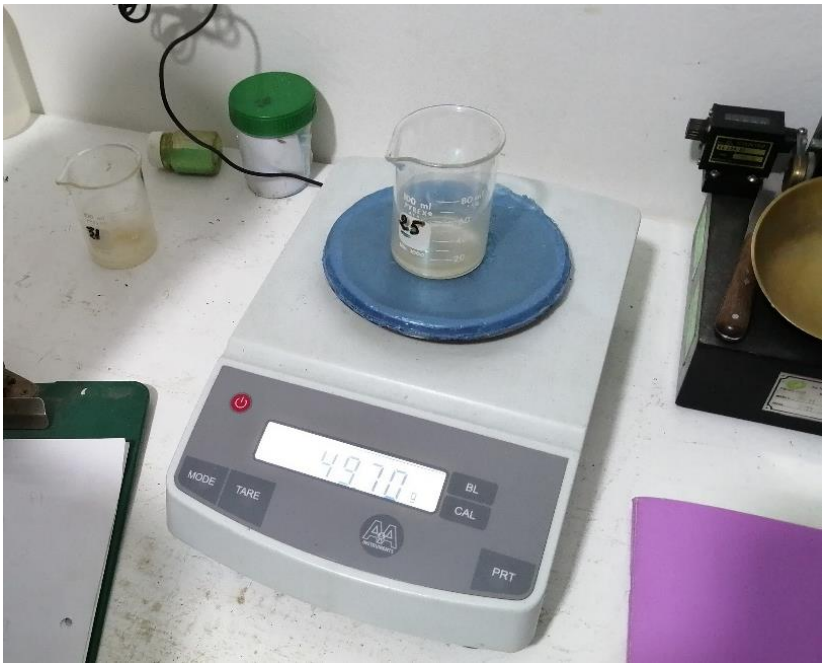
Figura 24. *Muestras en Vasos de Precipitado*

Fuente: propio

Nota: Colocar la muestra en un vaso de precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 25. *Peso de Volumen de Aforo de arena combinada*



Fuente: Propio

Tabla 23. *Resultado de Sales Solubles Totales*

SALES SOLUBLES TOTALES				
MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Piedra Triturada	> 3,000.00 msnm	0.5%	Max.	0.0685%
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	0.5%	Max.	0.0796%

Fuente: Propio

14) Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM D-128).

Este ensayo tiene como objetivo la determinación del peso específico aparente, lo mismo que la cantidad de agua que se absorbe en el agregado fino cuando se sumerge en agua por un periodo de 24 horas, expresada como un porcentaje en peso.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

El peso específico aparente es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso del agua correspondiente a su volumen aparente.

Equipo:

- Balanza. Que tenga una capacidad de 1kg o más, con una sensibilidad de 0,1g.
- Tamiz Nº 4.
- Matraz aforado.
- Molde cónico.
- Varilla para apisonado.
- Bandeja.
- Baño de agua.

Procedimiento:

1. Se debe primeramente homogeneizar completamente la muestra y eliminar el material de tamaño superior a 4.75 mm (tamiz No.4), se selecciona, por cuarteo, una cantidad de aproximadamente 1000 g, que se seca en el horno a 100 - 110°C, se enfría luego al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante. A continuación, se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante 24 ± 4 horas.
2. Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja,

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

comenzando la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire caliente, mientras se agita continuamente para que la desecación sea uniforme, y continuando el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente.

3. Para fijar este punto, cuando se empiece a observar visualmente que se está aproximando el agregado a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde.

Figura 26. *Compactación del Árido Fino con 25 golpes*

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca.

Figura 27. *Primer Desmoronamiento Superficial*

Fuente: Propio

5. Inmediatamente, se introducen en el picnómetro previamente tarado, 500 g del agregado fino, y se le añade agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso, introduciéndolo seguidamente en un baño de agua a una temperatura de 25°C durante 1 hora, transcurrida la cual se enrasa con agua a igual temperatura, se saca del baño, se seca rápidamente su superficie y se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua), con una aproximación de 0.1 g.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 28. *Introduciendo en el Picnómetro 500 ± 10g de árido fino saturado superficialmente seco*

Fuente: Propio

Figura 29. *Llenado Parcial del Picnómetro con Agua*

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Resultados:

Tabla 24. *Resultado de Gravedad Especifica de Agregado Fino*

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO		
MATERIAL		RESULTADOS
Gravedad Especifica Bulk seca	(G_m)	2.664
Gravedad Especifica Aparente	(G_s)	2.711
Gravedad Especifica Bulk S.S.S	(G_{sss})	2.681

Fuente: propio

Tabla 25. *Resultado del Porcentaje de Absorción del Agregado Fino*

PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO				
MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Arena Combinada	> 3,000.00 msnm	0.50%	Max.	0.65%

Fuente: Propio

15) Peso específico y absorción agregado grueso (ASTM D-127).

Este ensayo sirve para determinar los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 m (tamiz No.4)

Equipo:

- Balanza A ± 0.01gr.
- Tamiz No.4.
- Canastilla metálica.
- Dispositivo de suspensión.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Procedimiento:

1. Se comienza por mezclar completamente el agregado, cuarteándolo a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm, en este caso al tener un tamaño nominal de ¾ pulg, la cantidad de la muestra es de 3kg.

2. La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas; se seca a continuación en un horno a 100° - 110°C y se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante 24 ± 4 horas.

3. Después del período de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un paño absorbente de gran tamaño, hasta que se elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar cualquier evaporación de la superficie de los agregados. A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca (S.S.S.)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 30. *Secado de Partículas sobre un Paño Absorbente*

Fuente: Propio

Nota: Muestra al aire, retirar la muestra de ensayo del agua y enrollarlo en un paño o franela absorbente hasta que toda la película visible de agua sea removida. Luego se procede a determinar la masa de la muestra de ensayo en la condición saturada superficialmente seca (muestra al aire).

4. A continuación, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergido en el agua, a la temperatura de 25°C.
5. La canastilla y la muestra deberán quedar completamente sumergidas durante la pesada y el hilo de suspensión será lo más delgado posible para que su inmersión no afecte a las pesadas.
6. Se seca entonces la muestra en horno a 100° - 110°C, se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco hasta peso constante.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 31. *Muestra Sumergida en Agua*

Fuente: propio

Nota: Muestra sumergida en agua, la canastilla es sumergida a una profundidad suficiente para cubrirlo y la muestra de ensayo, mientras se determina la masa aparente en el agua. Secar la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de 110 °C, enfriar al aire a temperatura del cuarto durante 1 a 3 horas.

Resultados:

Tabla 26. *Resultados de Gravedad Especifica de Agregado Grueso*

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO GRUESO		
MATERIAL		RESULTADOS
Gravedad Especifica Bulk seca	(G_m)	2.667
Gravedad Especifica Aparente	(G_s)	2.713
Gravedad Especifica Bulk S.S.S	(G_{sss})	2.684

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 27. *Resultados de Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso*

PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO				
MATERIAL	REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACION		RESULTADOS
Piedra Triturada	> 3,000.00 msnm	1%	Max.	0.63%

Fuente: Propio

3.4.2. Mezcla de agregados.

En la fabricación de carpetas asfálticas, es importante emplear áridos de granulometría correcta porque entonces se conseguirá una carpeta de rodadura de buena calidad.

La calidad del agregado está condicionada al cumplimiento de un conjunto de especificaciones entre las que se encuentra el % de vacíos, el %vacíos rellenados de asfalto, la estabilidad, la fluencia, etc. Y todas están íntimamente relacionadas con la granulometría.

En el análisis de materiales pétreos para bases, sub-bases, pavimentos asfálticos muchas veces es preciso formar mezclas de dos hasta cinco tipos de materiales pétreos en los siguientes casos:

- Cuando uno o más de los materiales no cumplen especificaciones de granulometría.
- Cuando en un banco o mina de materiales no exista la cantidad suficiente como para abastecer una gran demanda.
- Cuando los materiales son obtenidos por trituración y se requiere formar una granulometría especificada.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

El procedimiento general consiste en obtener la granulometría de cada uno de los materiales a mezclarse y calcular el porcentaje que se precisa de cada uno para obtener una granulometría deseada. En la presente investigación se realizará la mezcla de agregados con tres tipos de materiales Piedra chancada de 1/2", Arena natural, Arena chancada, para la cual se ha determinado que la especificación granulométrica para el diseño de mezcla asfáltica sea MAC – 2.

Esta especificación se la eligió en consideración de que los materiales que se disponía, tanto para el agregado grueso como para el fino se ajusta a las exigencias del MTC, con lo cual se estableció que la mezcla de agregados estará compuesta por piedra chancada de ½" el 30%, Arena natural el 30%, Arena chancada el 40%.

En las siguientes tablas 31 se presenta los pesos del material retenidos en cada tamiz tanto para el agregado grueso como el fino.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

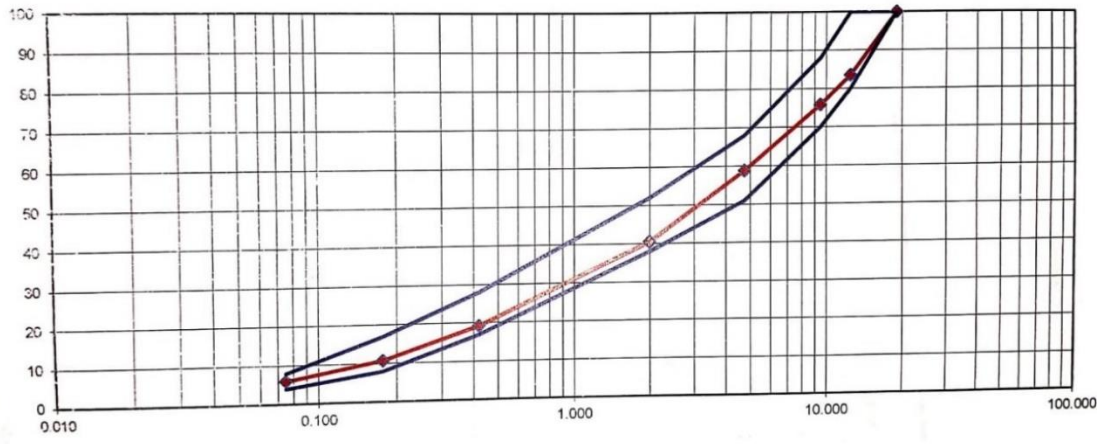
Tabla 28. *Análisis Granulométrico de la Mezcla de Agregados*

COMBINACION DE AGREGADOS - MATERIALES PROCESADOS								
Tamiz	ABERTURA mm.	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACION MAC-2	RESUMEN
1"	25.400				100.00	100.00		
3/4"	19.050				100.00	100.00	100	
1/2"	12.500				83.60	83.60	90 - 100	ARENA NATURAL
3/8"	9.500				75.90	75.90		30%
1/4"	6.350				100.00	100.00		
Nº 4	4.750				58.90	58.90	44 - 74	ARENA TRITURADA
Nº 8	2.360				45.90	45.90	28 - 58	40%
Nº 10	2.000				40.60	40.60		
Nº 16	1.190				34.70	34.70		PIEDRA TRITURADA
N°20	0.840				29.60	29.60		30%
Nº 30	0.600				25.30	25.30		
Nº 40	0.420				19.30	19.30		
Nº 50	0.300				15.50	15.50	5 - 21	
Nº 80	0.177				10.80	10.80		
Nº 100	0.150				9.50	9.50		
Nº 200	0.075				6.00	6.00	2 - 10	
< N°200	FONDO				0.00			

Fuente: propio

Nota: Análisis granulométrico de la mezcla de agregados (Con piedra chancada de ½" el 30 %, Arena natural el 30%, Arena chancada el 40%)

Figura 32. *Representación Gráfica del Análisis Granulométrico de la Mezcla de Agregados*



Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.4.3. Incorporación de caucho por vía húmeda

En esta etapa de la investigación se compró la producción de granos de caucho para su incorporación en el asfalto, en tres proporciones 15%, 20% y se les realizó ensayo de granulometría. Solo se usará granos de caucho menores a 0.6mm (pasantes el tamiz No 30) y Para la producción de asfalto modificado fue necesario el diseño y ensamblaje de un dispositivo mezclador de asfalto capaz de realizar 2000 rpm a diferentes temperaturas dependiendo del porcentaje de granos de caucho.

Figura 33. *Proveedor de granos de caucho*

Figura 34. *Tamizado de granos de caucho*

Fuente: Propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

a) Granulometría

Tabla 29. *Granulometría de granos de caucho*

Tamiz	ABERTURA mm.	PESO RETENIDO (g)
Nº 30	0.600	-
Nº 40	0.420	130.3
Nº 50	0.300	92.8
Nº 80	0.177	62.7
Nº 100	0.150	7.3
Nº 200	0.075	6.8
< N°200	FONDO	1.8
Peso total		301.7

Fuente: propio

b) Temperatura de producción

Tabla 30. *Temperatura de producción con 15%GC*

Temperaturas para 15%GC	
Temperatura de agregados	150 °C
Temperatura de C.A. modificado	180 °C
Temperatura de mezcla Asfáltica modificado	170 °C
Temperatura de compactación	155 °C

Fuente: propio

Tabla 31. *Temperatura de producción con 20% GC*

Temperaturas para 20%GC	
Temperatura de agregados	150 °C
Temperatura de C.A. modificado	190 °C
Temperatura de mezcla Asfáltica modificado	175 °C
Temperatura de compactación	165 °C

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.4.4. Preparación de las probetas

Para determinar el contenido óptimo de asfalto se prepararán 5 grupos de briquetas para la mezcla de agregados, de forma que en las curvas que representen los resultados de los ensayos muestren un valor óptimo bien definido, cada grupo con diferente contenido de asfalto. Este contenido variara con incrementos de 0.5% de un grupo a otro grupo. Para fijar el contenido de asfalto se tomó como referencia a diferentes autores, trabajos realizados en la zona y consulta la experiencia de especialistas en asfalto.

Los porcentajes de asfalto con los que se trabajara para los diferentes grupos de briquetas son el 5.5 %, 6.0 %, 6.5 %, 7.0 % y7.5 %. Para obtener resultados adecuados se realizarán tres briquetas para cada contenido de asfalto.

De la misma para realizar una mezcla asfáltica modificada con polvo de caucho de granos menores a 0.6mm por vía húmeda, se realizará la incorporación del 15% y 20% de polvo de caucho al cemento asfaltico.

Equipo:

- Martillo Marshall de compactación.
- Dispositivo para moldear probetas.
- Extractor de probetas.
- Balanza eléctrica A±0.01 gr.
- Bandejas metálicas.
- Placa de calentamiento

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Termómetro blindado.
- Espátula.
- Medidor de la estabilidad.

a) Procedimiento para una mezcla asfáltica en caliente convencional

Las muestras después de pesar las diferentes fracciones de agregados que se obtienen de la combinación de granulometrías de la piedra triturada, arena natural y arena triturada en porcentajes de 30%,30% y 40% respectivamente.

Figura 35.*Mezcla de agregados para los diferentes porcentajes de cemento asfaltico*

Fuente: propio

En una estufa se empieza a calentar el agregado a usar para cierto porcentaje de cemento asfaltico con una temperatura de 150 °C, la cual se va mezclando con una espátula para que el caliente uniformemente el agregado. Igualmente se calienta en el horno el cemento asfaltico PEN 85/100 a una temperatura de 145 °C para que el cemento asfaltico sea trabajable.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 36. *Mezclado de Agregado a una Temperatura*

Fuente: propio

Figura 37. *Calentamiento del Cemento Asfaltico*

Fuente: propio

Luego de calentar el agregado y el cemento asfaltico se pesa el peso total de la muestra que es 1210g, y se comienza a mezclar a una temperatura 148 °C.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 38. *Peso total de la Muestra*

Figura 39. *Mesclado de Agregado y Cemento Asfaltico a una Temperatura de 148 °C*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Limpiar completamente el molde ensamblado y la cara del martillo de compactación y calentarlos ambos en agua hirviendo en horno ó en una placa calentadora a temperatura entre 90 y 150 ºC. Colocar un pedazo de papel no absorbente cortado del tamaño de la base del molde antes de introducir la mezcla. Colocar la mezcla en el molde, chusear vigorosamente la mezcla con una espátula calentada 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior. Colocar otra pieza de papel no absorbente para que encaje en la parte superior de la mezcla. Las temperaturas de compactación usada es 145 °C.

Figura 40. *Colocación de la Mezcla Asfáltica en el Molde*

Fuente: propio

Colocar el molde ensamblado en el pedestal de compactación con el sujetador y aplicar 75 golpes con el martillo especificado de compactación. Remover la placa de base y el collar y voltee y reensamble el molde. Aplicar el mismo número de golpes de compactación en la cara reversa del espécimen. Después de la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

compactación, remover el collar y la placa de base. Permitir que el espécimen se enfríe lo suficiente para prevenir algún daño y extraer el espécimen de su molde.

Figura 41. *Compactación de las 15 Muestras de Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional*

Fuente: propio

Después de la compactación, remover el collar y la placa de base. Permitir que el espécimen se enfríe lo suficiente para prevenir algún daño y extraer el espécimen de su molde. Seguidamente se coloca a cada briqueta de mezcla asfáltica con su respectivo porcentaje de cemento asfaltico que son 3 de 5.5%, 3 de 6.0%, 6.5%, 7.0% y 7.5%.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 42. *Extracción de las 15 Muestra con Diferentes Porcentajes de Cemento Asfaltico del Molde*

Fuente: propio

b) Procedimiento para una mezcla asfáltica en caliente modificado

Las muestras de diferentes fracciones de agregados que se obtienen de la combinación de granulometrías de la piedra triturada, arena natural y arena triturada en porcentajes de 30%,30% y 40% respectivamente. Serán las misma que en la convencional porque la modificación que se realizara es solo al cemento asfaltico y no a los agregados pétreos.

Para este ensayo también se realizara 15 muestras con diferentes porcentajes de cemento asfaltico de 5.5%,6.0%,6.5%,7.0% ,7.5% , modificados incorporando 10% y 15” de polvo de caucho de granos menores a 0.60mm por vía humada, este proceso se realiza con la combinación del cemento asfaltico PEN 85/100 y el polvo de caucho a una temperatura de 180-200 °C por un tiempo de 60 minutos y una dispersión con una mescladora de 2000 rpm.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 43. *Combinación del Cemento Asfaltico con Polvo de Caucho*

Fuente: propio

Calentar los agregados pétreos con una temperatura de 150 °C en una estufa y batir mediante una espátula para que el calentamiento sea uniforme en los agregados. Para medir la temperatura se utilizó los termómetros.

Figura 44. *Calentar los Agregados a una Temperatura de 150°C*

Fuente: propio

Se pesa la muestra de 1210 g incluyendo el cemento asfaltico modificado y seguidamente se realiza el mezclado hasta obtener una mezcla homogénea y

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

trabajable con una temperatura de 170 °C, el proceso de mezclado se realiza hasta visualizar que el cemento asfaltico modificado cubra la totalidad las partículas de los agregados y hasta que la temperatura de compactación este a 155 °C.

Figura 45. *Mesclado del Cemento Asfaltico y Agregados*

Fuente: propio

Colocar el molde ensamblado en el pedestal de compactación con el sujetador y aplicar el 75 golpe con el martillo Marshall de compactación con una zapata circular de 37/8” de diámetro, peso de 10 libras y una altura de caída de 18”. Colocamos papel filtro en la base y la parte superior del molde. La temperatura de compactación es 155 °C.

Después de la compactación, remover el collar y la placa de base. Permitir que el espécimen se enfríe lo suficiente para prevenir algún daño y extraer el espécimen de su molde. Estos procesos son iguales a los procesos convencionales a diferencia de las temperaturas de mezclado y compactación.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 46. *Chusear la Mezcla en el Molde 15 veces en los Bordes y 10 veces al interior y la Colocación de Papel no Absorbente*

Fuente: propio

Figura 47. *Compactación de 15 Muestras con 15% Polvo de Caucho y 15 Muestras con 20% Polvo de Caucho*

Fuente: propio

Después que se enfríen la muestras se retira de los moldes y seguidamente se coloca su marca de identificación, para las muestras de mezcla asfáltica con 15% de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

polvo de caucho se coloca la letra “A” seguido por el porcentaje de cemento asfaltico y de la misma manera para las muestras de mezcla asfáltica con 20% de polvo de caucho se coloca la letra “B” seguido por el porcentaje de cemento asfaltico.

Figura 48. *Muestras Modificados con 15 % y 20 % de Polvo de Caucho*

Fuente: propio

c) Procedimiento del ensayo.

Luego de extraer las briquetas de los moldes se somete cada una a los siguientes ensayos:

- Determinación del peso específico “BULK” (densidad aparente).
- Ensayo de Estabilidad y flujo.
- Determinación de la densidad máxima teórica.
- **Determinación de la densidad (Peso Unitario)**

Esta determinación se realiza tan pronto como las briquetas recién compactadas se han enfriado a la temperatura ambiente, la densidad aparente de las

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

briquetas se determina calculando la relación entre su peso en aire y el peso en agua. La densidad aparente viene dada por la fórmula:

Densidad Aparente.

$$D = \frac{Pa}{Psss - Pag}$$

Donde:

Pa = Peso de la probeta en el aire en gramos.

Pag = Peso de la probeta en el agua en gramos.

Psss = Peso de la probeta saturado superficialmente seco en gramos.

Peso de la briqueta en el agua, se sumerge cada briqueta en el agua a una profundidad suficiente para cubrirlo, mientras se determina el peso de la masa en el agua. La cuerda del cual se suspende la briqueta debe ser del tamaño más pequeño posible para minimizar cualquier efecto posible de una longitud inmersa variable.

Figura 49. *Peso de la Briqueta al Aire*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 50. *Peso de la Briqueta en el Agua*

Fuente: propio

- **Ensayo de estabilidad y flujo.**

Primeramente, las briquetas son calentadas en un baño de agua a 60°C (140°F), durante un tiempo no inferior a 30 minutos ni mayor a 40 minutos.

La temperatura representa, normalmente la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.

Figura 51. *Sumergiendo las briquetas en baño de agua a 60 °C por 30 minutos*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

La briqueta es removida del baño, secado y colocado rápidamente en el aparato Marshall. El aparato consiste en un dispositivo que aplica una carga sobre la briqueta, y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).

La carga del ensayo es aplicada a la briqueta a una velocidad constante de 51 mm (2”/minuto) hasta que se produce la rotura. La falla está definida como la carga máxima obtenida que la briqueta pueda resistir.

Figura 52. *Secado de briqueta y colocado al aparato Marshal*

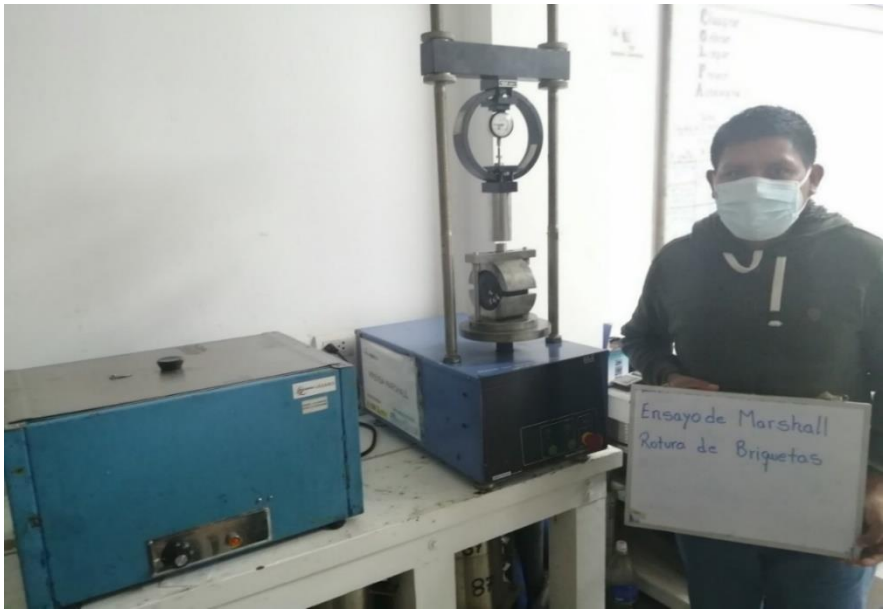
Fuente: propio

La carga falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia.

Ensayo Marshall Diales de Estabilidad y Flujo, se coloca la briqueta en las mordazas previamente limpiadas y calentadas a 21 ° C y se aplica la carga a una velocidad de deformación constante de 51.0 mm por minuto hasta que se produzca la rotura

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 53. *Ensayo de Marshall Rotura de Briquetas*



Fuente: propio

- **Determinación de la densidad máxima teórica.**

Para determinar la densidad máxima teórica se utilizó el Ensayo Rice.

Ensayo rice (ASTM D-2041).

Este ensayo sirve para determinar la gravedad y densidad máxima teórica de las mezclas asfálticas no compactadas a una temperatura de 25 ºC.

Equipo:

- Equipo Rice.
- Frasco volumétrico capacidad 2000ml.
- Balanza A±0.01 gr.
- Termómetro.

Procedimiento:

Para este ensayo primero se debe calibrar el frasco para determinar exactamente el peso del agua a 25ºC que pueda llenarlo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Las muestras preparadas con diferentes porcentajes de asfalto son enfriadas a temperatura ambiente, para luego ser pesadas designando este peso de la muestra.

Figura 54. *Muestras Enfriados a temperatura ambiente*

Fuente: propio

Agregar agua suficiente aproximadamente a 25ºC para cubrir la muestra.

Remover el aire atrapado sometiendo todos los contenidos a un vacío parcial de 30mm de Hg (4Kpa) o menor de presión absoluta, durante un periodo de 5 a 15 minutos, agitar el recipiente con los contenidos, a intervalos de alrededor de 2 minutos.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 55. *Agregar Agua a la Muestra y Remover el Aire Atrapado*

Fuente: propio

Inmediatamente después de la remoción del aire atrapado, proceder a llenar el frasco con agua y llevar sus contenidos a una temperatura de 25±1ºC, determinar el peso del recipiente y los contenidos completamente llenos.

Figura 56. *Llenamos el Recipiente con Agua y lo Pesamos*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Densidad máxima teórica

$$dmax.t. = \frac{A}{A + B - C}$$

DONDE:

A = Peso de la muestra seca en el aire, en (gr).

B = Peso del recipiente lleno con agua a 25 ºC (77ºF), en (gr).

C = Peso del recipiente lleno con agua y muestra a 25ºC (77ºF), en (gr).

Una vez que se determinado, la densidad aparente, la densidad máxima teórica, la estabilidad y el flujo con cada una de las briquetas correspondientes a los 5 grupos cuyos contenidos de asfalto varían en 0.5 % se procede a tabular los resultados y complementar los datos con otros valores calculados.

- **Inmersión-Compresión (MTC E 518)**

Este ensayo ayuda a determinar el efecto del agua a la resistencia a la compresión de mezclas asfálticas compactadas que contienen cemento asfáltico.

Este método de prueba abarca la medida de la pérdida de resistencia a la compresión resultante de la acción del agua en mezclas bituminosas compactadas conteniendo cemento asfáltico. Un índice numérico de la reducción de la resistencia a la compresión es obtenido por la comparación de la resistencia a la compresión de especímenes recién moldeados y curados con la resistencia a la compresión de especímenes duplicados que han sido sumergidos en agua bajo condiciones

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

prescritas. Este método de ensayo es útil como un indicador de la susceptibilidad a la humedad de mezclas agregado – bitumen, compactadas.

Equipo:

- Máquina de ensayo.
- Baño de agua.
- Franja de carga con superficie cóncava.
- Termómetro.
- Briquetas.

Procedimiento:

Clasificar cada serie de 6 especímenes de prueba en 2 grupos de 3 especímenes cada uno de tal forma que la gravedad específica de los especímenes en el grupo 1 sea esencialmente la misma que para el grupo 2. Para la elaboración de las 18 briquetas se usó el porcentaje óptimo de cemento asfaltico que es 6.8% de los cuales 6 briquetas son solamente con cemento asfaltico, 6 briquetas de mezcla asfáltica modificando el cemento asfaltico con 15% de granos de caucho respecto del 6.8% del cemento asfaltico y de la misma forma 6 briquetas más modificado con 20% de polvo de caucho.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 57. *Muestras de Briquetas para el Ensayo de Inmersion-Compresion*

Fuente: propio

Figura 58. *Efectos del agua en la resistencia a la compresion*

Fuente: propio

Grupo 1.- Llevar los especímenes de prueba a la temperatura de ensayo 25 ± 1ºC por medio de almacenarlos en un baño de aire mantenido a la temperatura de ensayo por no menos de 4 horas y determinar sus resistencias a la compresión de acuerdo con el método de ensayo MTC E 513.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 59. *Muestras de Briquetas Almacenados en un Baño de Aire*

Fuente: propio

Grupo 2.- Sumergir los especímenes de prueba en agua por 24 horas a 60 ± 1ºC. Transferirlos al segundo baño de agua mantenido a 25 ± 1ºC y guardarlos por 2 horas. Determine la resistencia a la compresión de los especímenes de acuerdo con el método de prueba MTC E 513.

Figura 60. *Muestras de Briquetas Sumergidos en Agua a 60°C*

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 61. *Ensayo de Resistencia a Compresión*

Fuente: propio

3.5. Procedimiento de análisis de datos

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

1.- Se determinó el contenido óptimo de asfalto (6.8%) de la mezcla convencional y con los valores de parámetros de diseño Marshall: peso unitario (densidad) , porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo y relación estabilidad / flujo y el ensayo de inmersión-compresión se realizó cuadros comparativos de los mismos, para determinar si cumplen lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2.- Se realizo el diseño de mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho incorporados por vía húmeda, teniendo como resultado cemento asfáltico modificado. Para el diseño se utiliza diferentes porcentajes de cementos asfálticos modificados de 5.5%, 6.0%,6.5%,7.0% y 7.5% y con el gráficos de Marshall y el porcentaje de asfalto patrón (6.8%), determinado en el diseño de mezcla asfáltica convencional, se realiza la determinación de los parámetros de diseño Marshall: peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo y relación de estabilidad / flujo y el ensayo de inmersión – compresión se verifican si cumplen con lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.- Posteriormente se realizó tablas y todos los gráficos con los valores de los parámetros de diseño Marshall y de inmersión – compresión , tablas de peso unitario (densidad), porcentajes de vacíos de aire (%Va), porcentajes de vacíos en el agregado mineral (%VMA), porcentajes de vacíos llenados con cemento asfáltico(%V.LL.C.A), estabilidad , flujo, índices de resistencia retenida y la resistencia a compresión entre la mezcla asfáltica convencional y la modificada con 15% y 20% de granos de caucho para luego generar gráficos de barras comparativas entre las dos mezclas y determinar el efecto, teniendo como referencia la mezcla asfáltica convencional y el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO IV

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la investigación donde los ensayos realizados, procedimientos, las características de los materiales, los criterios de selección de las mezclas asfálticas y sus resultados fueron desarrollados en base al Manual de Carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 y Manual de Ensayo de Materiales-2016 del MTC. Los resultados corresponden al diseño de una mezcla asfáltica en caliente convencional y una mezcla asfáltica modificada con granos de caucho, con el propósito de comparar la variación del comportamiento mecánico.

4.1. Agregados

Teniendo en cuenta el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, sección 423, donde están establecidos ciertos parámetros de calidad, se seleccionan materiales con características adecuadas de dureza, textura y limpieza, producto de los agregados chancados y procesados. Son condiciones que benefician el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica.

Agregado grueso

Se aplica lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, subsección 415-02(a), cumpliendo los requerimientos establecidos en la Tabla 423-01.los resultados obtenidos mediante los diferentes ensayos, los podemos ver en numeral 3.5 de esta investigación

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 32. *Resultados de Requerimiento para Agregado Grueso*

Ensayos	Norma	Requerimiento > 3,000	Resultados Obtenidos
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	15%Max.	5.10%
Abrasion los Angeles	MTC E 207	35%máx.	17.0%
Aderencia	MTC E 517	.+95	.> 95%
Indice de Durabilidad	MTC E 214	35%min.	79.0%
Particulas Chatas y Alargadas	ASTM 4791	10%máx.	5.0%
Caras Fracturadas	MTC E 210	90/70	95/81
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5%máx.	0.069%
Absorcion	MTC E 206	1.0%máx.	0.63%

Fuente: propio

Agregado fino

Se aplica lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, subsección 415-02(a), cumpliendo los requerimientos establecidos en la Tabla 423-02.los resultados obtenidos mediante los diferentes ensayos, los podemos ver en numeral 3.5 de esta investigación.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 33. *Resultados de Requerimiento para Agregado Fino*

Ensayos	Norma	Requerimiento > 3,000	Resultados Obtenidos
Equivalencia de arena	MTC E 114	70%Min.	72.0%
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	40%Min.	40.70%
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8%Max.	5.0%
Indice de plastico (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad(al sulfato de magnesio)	MTC E 209	18%Max.	Natural 2.80% Triturado 2.10%
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% Min.	82.0%
Índice de plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	NP	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% Max.	0.0796%
Absorción**	MTC E 205	0.5% Max.	0.65%

Nota: Fuente propio, **Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

4.2. Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional

a) Peso unitario de la muestra compactada.

Este ensayo consiste en pesar el espécimen seco después que haya permanecido al aire por lo menos durante una hora, a la temperatura de ambiente. El espécimen se lleva a su condición saturada superficialmente seca y se sumerge en agua y se pesa (Carrizales Apaza, 2015).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

$$G_{mb} = \frac{W_d}{W_{ssd} - W_{sumer}}$$

Donde:

Gmd=peso unitario de la mezcla asfáltica compactada

Wd=peso al aire del espécimen seco

Wssd=peso al aire del espécimen saturado superficialmente seco

Esumer=peso del espécimen sumergido en el agua

Tabla 34. *Resumen del peso unitario de la mezcla asfáltica convencional*

Peso Unitario de la mezcla asfaltica convencional					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Peso Unitario	2.335	2.388	2.404	2.388	2.330

Fuente: propio

b) Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%VMA)

Los vacíos en el agregado mineral VMA están definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado de la mezcla para pavimentación compactada, incluye los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto (Carrizales Apaza, 2015).

Vacíos en el agregado Mineral

$$\%VMA = 100\% - \frac{G_{mb} x P_s}{G_{sb}}$$

Donde:

Gsb= gravedad específica bulk del agregado total

Gmb= gravedad específica bulk de la mezcla compactada (probeta).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Ps= Porcentaje de agregado, por peso total en la mezcla.

Tabla 35. *Resumen de Porcentajes de Vacíos en el Agregado Mineral (%VMA)*

Cálculo de vacios en el agregado mineral (VMA)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Porcentaje de agregado (Ps)	94.50%	94.00%	93.50%	93.0%	92.50%
Grav.Esp.Bulk (Gmb)	2.335	2.388	2.404	2.388	2.330
Grav.Esp.Bulk del Agregado Total (Gsb)	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665
% VMA	17.19	15.76	15.66	16.67	19.12

Fuente: Propio

c) Porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada.

El propósito del análisis es determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada, el cual en el diseño debe de estar entre 3 y 5%. Los vacíos son pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto (Carrizales Apaza, 2015).

Porcentaje de vacíos

$$\%\ \boldsymbol{de\ Vacios} = \mathbf{100}\boldsymbol{x}\frac{\boldsymbol{G_{mm}} - \boldsymbol{G_{mb}}}{\boldsymbol{G_{mm}}}$$

Donde:

Gmm= gravedad específica máxima teórica (Rice)

Gmb= gravedad específica bulk de mezclas compactadas(probeta)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 36. *Resumen de Porcentaje de Vacíos (%Va)*

Cálculo de porcentaje de vacios					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Grav.Esp.Bulk (Gmb)	2.335	2.388	2.404	2.388	2.330
Grav.Esp.Max.(Rice)	2.535	2.529	2.500	2.485	2.476
% de Vacios	7.886	5.59	3.80	3.90	5.90

Fuente: propio

d) Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (%V.LL.C.A.).

Los vacíos llenos de asfalto, V.LL.C.A., son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregados (VMA) que se encuentran llenos de asfalto (Carrizales Apaza, 2015).

Vacíos llenos de asfalto

$$\%V.LL.C.A. = \frac{\%VMA - \%\ de\ Vacios}{\%VMA} x100$$

Donde:

VMA= vacíos en agregado mineral.

% de Vacíos= vacíos de aire en mezcla compactada

Tabla 37. *Resumen de Porcentajes de Vacíos Llenos de Asfalto (% V.LL.C.A.)*

Cálculo de vacíos llenos de asfalto (V.LL.C.A.)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Vacios en el Agregado Mineral (% VMA)	17.19	15.76	15.66	16.67	19.12
% de Vacios	7.89	5.59	3.80	3.90	5.90
% V.LL.C.A.	54.12	64.53	75.73	76.60	69.14

Fuentes: propio

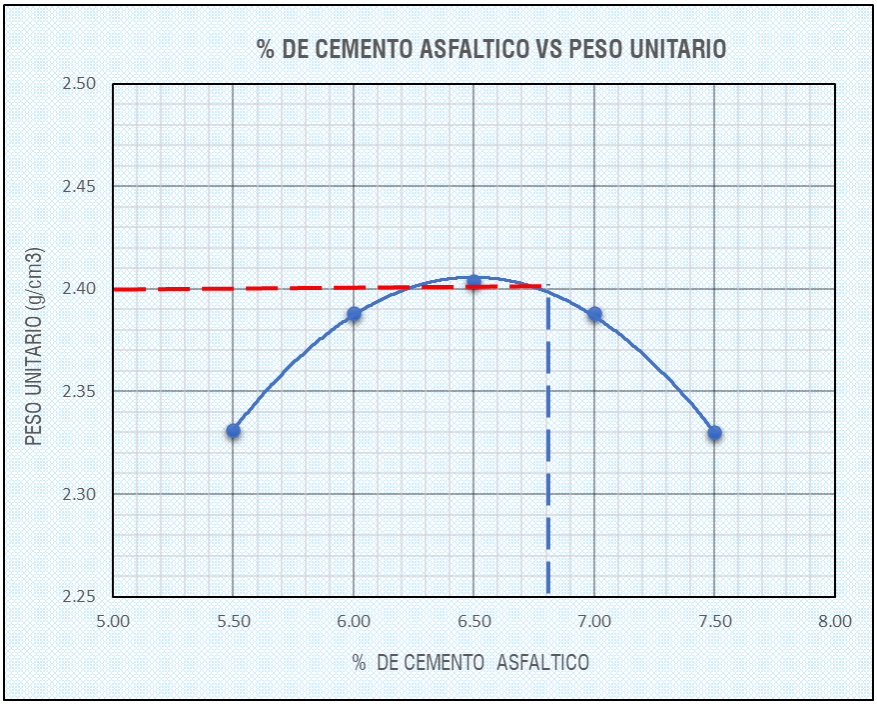
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

e) Cálculo del contenido óptimo de asfalto convencional

La determinación del contenido óptimo de asfalto en la mezcla, considerando el porcentaje de vacíos (3.95%), con el cual el contenido de asfalto es de 6.8%. Con el contenido óptimo de asfalto se evaluó los demás parámetros, los cuales cumplen los requerimientos del diseño especificados en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Gráficos de Marshall

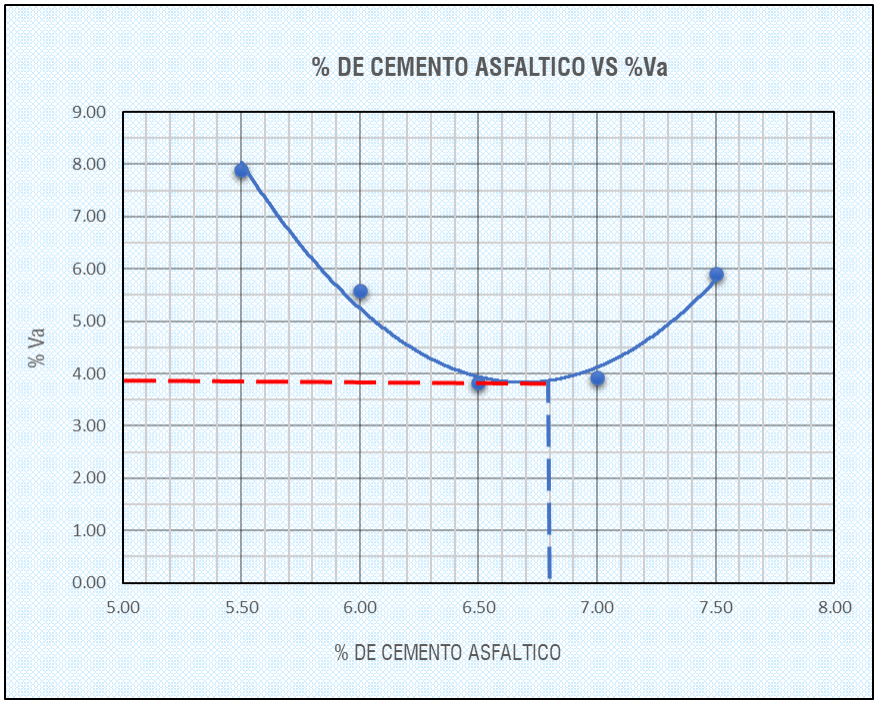
Figura 62. *% De Cemento Asfaltico Vs Peso Unitario*



Fuente: propio

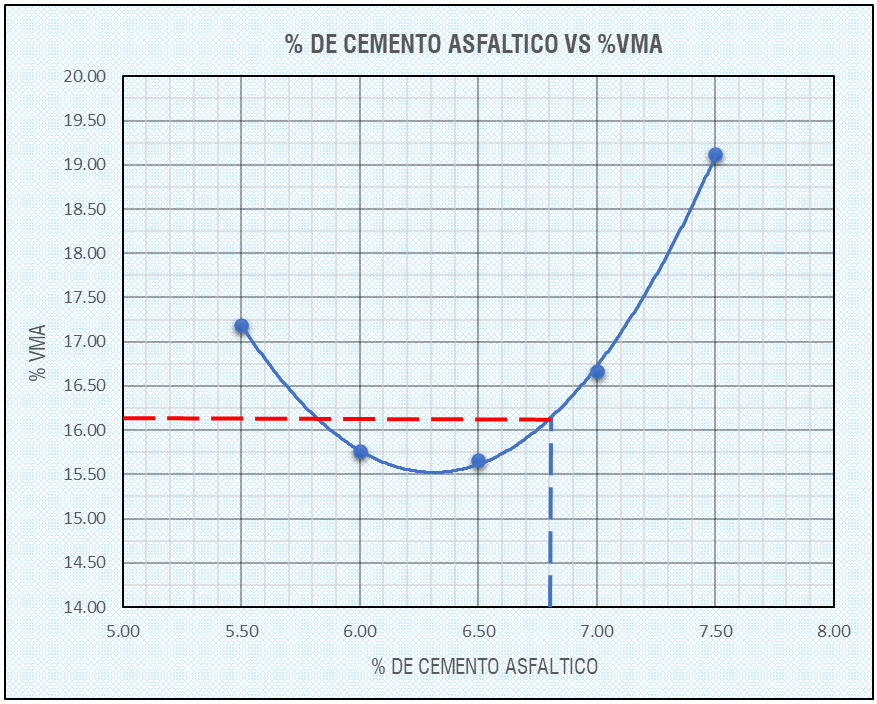
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 63. *% De Cemento Asfaltico Vs % de Vacíos*



Fuente: propio

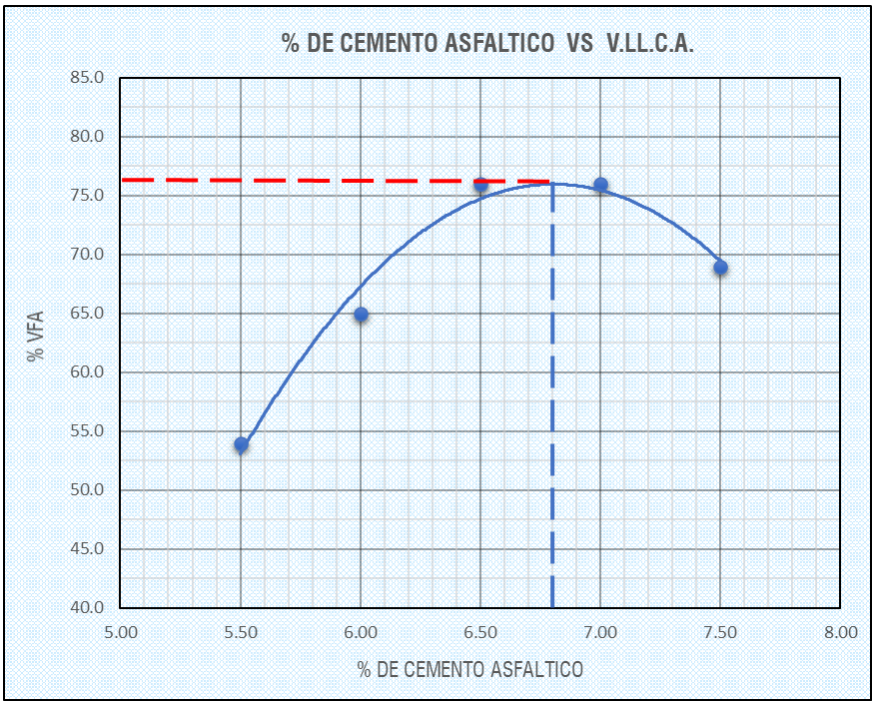
Figura 64. *% De Cemento Asfaltico Vs % de VMA*



Fuente: propio

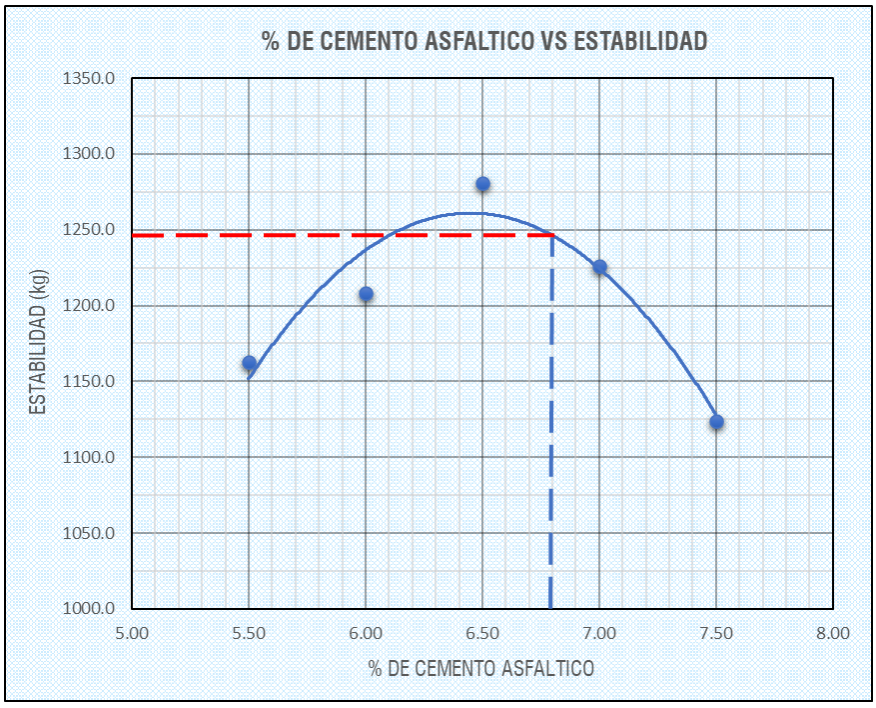
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 65. *% De Cemento Asfaltico Vs % de V.LL.C.A.*



Fuente: propio

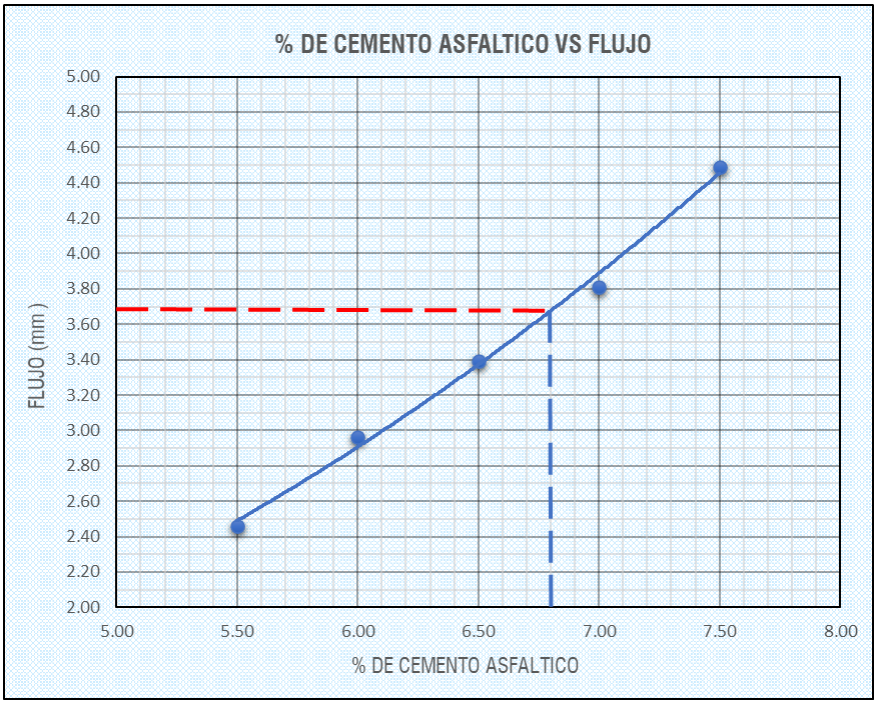
Figura 66. *% De Cemento Asfaltico Vs Estabilidad*



Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 67. *% De Cemento Asfaltico Vs Flujo*



Fuente: propio

f) Ensayo de inmersión- compresión

Se realiza el ensayo según el Manual de ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). En la sección MTC E 513 se mide la resistencia a compresión de mezclas asfálticas compactadas. En la sección MTC E 518 se determina el efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas compactadas (Inmersión – Compresión). En la Tabla 42 se muestra el ensayo Inmersión- Compresión.

Tabla 38. *Análisis de inmersión- compresión -convencional*

Efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas asfálticas compactadas (ensayo inmersión-compresión)	
Contenido de asfalto	6.80%
Resistencia a compresión (Mpa)	2.50
Índice de resistencia retenida ,% (R2/R1)*100	89.20

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.3. Resultado del diseño de la mezcla asfáltica en caliente convencional

Los resultados obtenidos después de realizar todos los ensayos Marshall, cálculo de vacíos y de inmersión – compresión determina que los valores obtenidos cumplen con las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y en algunos casos superan los valores mínimos mejorando el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas convencionales.

Tabla 39. *Requerimientos EG-2013 y diseño de Marshall de la mezcla asfáltica convencional*

Parametros de diseño de la mezcla convencional	Unidad	Diseño	Requerimientos		
Optimo cemento asfaltico	(%)	6.8	------		
Marshall MTC E 504					
1. Compactación,numero de golpes en cada lado	N°	**75**	**75**		
2. Densidad (gr/cm3)	(g/cm3)	**2.4**	------		
3. Estabilidad	(kg)	**1248**	815		Min.
4. Flujo	(mm)	**3.65**	2.0	-	4.0
5. Porcentaje Vacios de aire (% Va)	(%)	**3.95**	3	-	5
6. Vacios en el agregado mineral (V.M.A.)	(%)	**16.1**	14%		Min.
7. Vacios llenos con C.A (V.LL.C.A.)	(%)	**74.9**	75.0	-	85.0
8. Estabilidad/flujo	(kg/cm)	**3,419**	1,700	-	4,000
Inmersión - Compresión MTC E 518					
1. Resistencia a la compresión	Mpa.	2.5	2.1		Min.
2. Resistencia Retenida	%	89.2	75%		Min.

Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.4. Diseño de la mezcla asfáltica modificada con granos de caucho mediante proceso por vía húmeda.

El procedimiento para la elaboración de las probetas de mezcla asfáltica modificada con granos de caucho en laboratorio, no tiene mucha diferencia del procedimiento empleado para una mezcla asfáltica convencional, excepto que se requiere previamente la determinación del tiempo y temperatura de mezclado del cemento asfaltico con los diferentes porcentajes de grano de caucho, la temperatura de mezclado de los agregados y la temperatura de la compactación de la mezcla. A continuación, se detalla los pasos que se realizaron para la determinar los resultados.

a) Peso unitario de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho

Este ensayo consiste en pesar el espécimen seco después que haya permanecido al aire por lo menos durante una hora, a la temperatura ambiente. El espécimen se lleva su condición saturada superficial mente seca y se sumerge en agua y se pesa (Carrizales Apaza, 2015).

$$G_{mb} = \frac{W_d}{W_{ssd} - W_{sumer}}$$

Donde:

Gmd=peso unitario de la mezcla asfáltica compactada

Wd=peso al aire del espécimen seco

Wssd=peso al aire del espécimen saturado superficialmente seco

Esumer=peso del espécimen sumergido en el agua

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 40. *Resumen del peso unitario de la mezcla asfáltica modificada (con 15%GC)*

Peso Unitario de la mezcla asfaltica modificada (con 15% granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Peso Unitario	2.267	2.304	2.328	2.308	2.280

Fuente: propio

Tabla 41. *Resumen del peso unitario de la mezcla asfáltica modificada (con 20%GC)*

Peso Unitario de la mezcla asfaltica modificada (con 20% granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Grav.Unitario	2.265	2.300	2.318	2.304	2.285

Fuente: propio

b) Porcentajes de vacíos en el agregado mineral (%VMA) de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho

Los vacíos en el agregado mineral VMA están definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado de la mezcla para pavimentación compactada, incluye los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto (Carrizales Apaza, 2015).

Vacíos en el agregado Mineral

$$\%VMA = 100\% - \frac{G_{mb} x P_s}{G_{sb}}$$

Donde:

Gsb= gravedad específica bulk del agregado total

Gmb= gravedad específica bulk de la mezcla compactada (probeta).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Ps= Porcentaje de agregado, por peso total en la mezcla.

Tabla 42. *Resumen de %VMA con 15% GC*

Cálculo de vacios en el agregado mineral VMA (con 15% de granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Porcentaje de agregado (Ps)	94.50%	94.00%	93.50%	93.00%	92.50%
Grav.Esp.Bulk (Gmb)	2.267	2.304	2.328	2.308	2.280
Grav.Esp.Bulk del Agregado Total (Gsb)	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665
% VMA	19.61	18.74	18.33	19.45	20.84

Fuente: propio

Tabla 43. *Resumen de %VMA con 20%GC*

Cálculo de vacios en el agregado mineral VMA (con 20% de granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Porcentaje de agregado (Ps)	94.50%	94.00%	93.50%	93.00%	92.50%
Grav.Esp.Bulk (Gmb)	2.265	2.300	2.318	2.304	2.285
Grav.Esp.Bulk del Agregado Total (Gsb)	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665
% VMA	19.69	18.86	18.66	19.61	20.69

Fuente: propio

c) Porcentaje de vacíos de aire (%Va) de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho.

El propósito del análisis es determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada, el cual en el diseño debe de estar entre 3 y 5%. Los vacíos son pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto (Carrizales Apaza, 2015).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Porcentaje de vacíos

$$\%\ \boldsymbol{de\ Vacios} = \mathbf{100}\boldsymbol{x}\frac{\boldsymbol{G_{mm}} - \boldsymbol{G_{mb}}}{\boldsymbol{G_{mm}}}$$

Donde:

Gmm= gravedad específica máxima teórica (Rice)

Gmb= gravedad específica bulk de mezclas compactadas(probeta)

Tabla 44. *Resumen de Porcentaje de Vacíos con 15%GC*

Cálculo de porcentaje de vacios (con 15% de granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Grav.Esp.Bulk (Gmb)	2.267	2.304	2.328	2.308	2.280
Grav.Esp.Max.(Rice)	2.475	2.454	2.447	2.418	2.407
% de Vacios	8.401	6.11	4.90	4.50	5.30

Fuente: propio

Tabla 45. *Resumen de Porcentaje de Vacíos con 20%GC*

Cálculo de porcentaje de vacios (con 20% de granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Grav.Esp.Bulk (Gmb)	2.265	2.300	2.318	2.304	2.285
Grav.Esp.Max.(Rice)	2.466	2.441	2.426	2.406	2.396
% de Vacios	8.177	5.75	4.40	4.30	4.60

Fuente: propio

d) Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (%V.LL.C.A.) de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho

Los vacíos llenos de asfalto, V.LL.C.A., son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregados (VMA) que se encuentran llenos de asfalto (Carrizales Apaza, 2015).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Vacíos llenos de asfalto

$$\%V.LL.C.A. = \frac{\%VMA - \%\ de\ Vacios}{\%VMA} x100$$

Donde:

VMA= vacíos en agregado mineral.

% de Vacíos= vacíos de aire en mezcla compactada

Tabla 46. *Resumen de Porcentajes de Vacíos Llenos de Asfalto con 15%GC*

Cálculo de vacíos llenos de asfalto V.LL.C.A. (con 15% de granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Vacios en el Agregado Mineral (% VMA)	19.61	18.74	18.33	19.45	20.84
% de Vacios	8.401	6.11	4.90	4.50	5.30
% V.LL.C.A.	57.16	67.40	73.27	76.86	74.57

Fuente: propio

Tabla 47. *Resumen de Porcentajes de Vacíos Llenos de Asfalto con 20%GC*

Cálculo de vacíos llenos de asfalto V.LL.C.A. (con 20% de granos de caucho)					
Contenido de asfalto	5.50%	6.00%	6.50%	7%	7.50%
Vacios en el Agregado Mineral (% VMA)	19.69	18.86	18.66	19.61	20.69
% de Vacios	8.177	5.75	4.40	4.30	4.60
% V.LL.C.A.	58.47	69.51	76.42	78.07	77.77

Fuente: propio

e) Cálculo de parámetros Marshall de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho

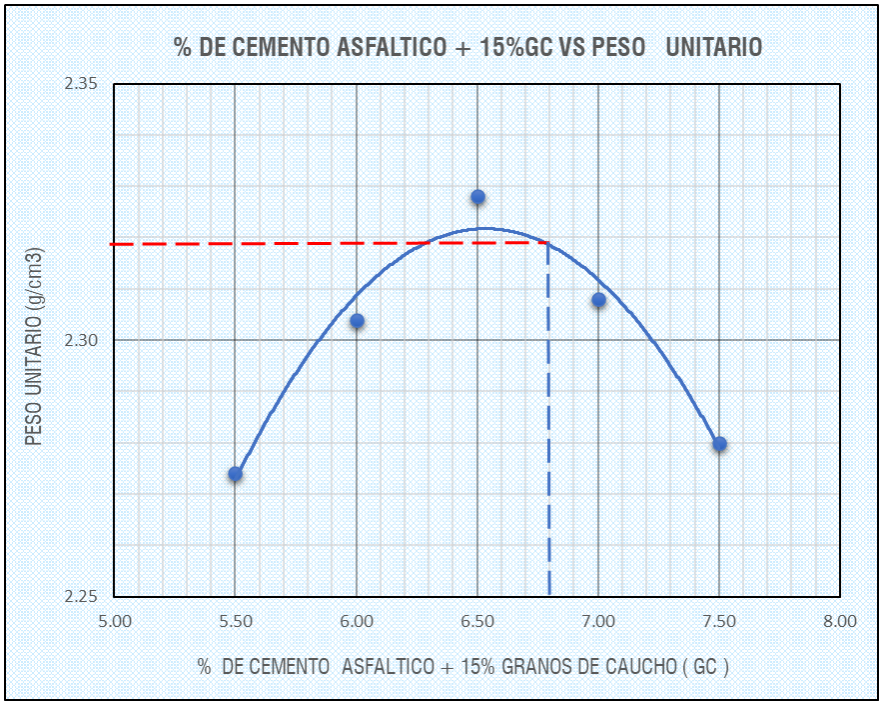
Para hallar los parámetros de Marshall de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho, se prepararon las mezclas asfálticas con porcentajes de cemento asfáltico más granos de caucho incorporados por vía húmeda a la temperatura

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de 170 a 210 °C por 1 hora de tiempo de mezclado para realizar una combinación uniforme y tener 5.5%, 6.0%, 6.5%,7.0%,7.5% de cemento asfáltico modificado, con los cuales realizamos los gráficos de Marshall y el porcentaje de cemento asfaltico patrón de 6.8% obtenido en la mezcla asfáltica convencional, se determina los parámetros de Marshall.

a. Gráficos de Marshall de la mezcla asfáltica modificada con 15% de granos de caucho

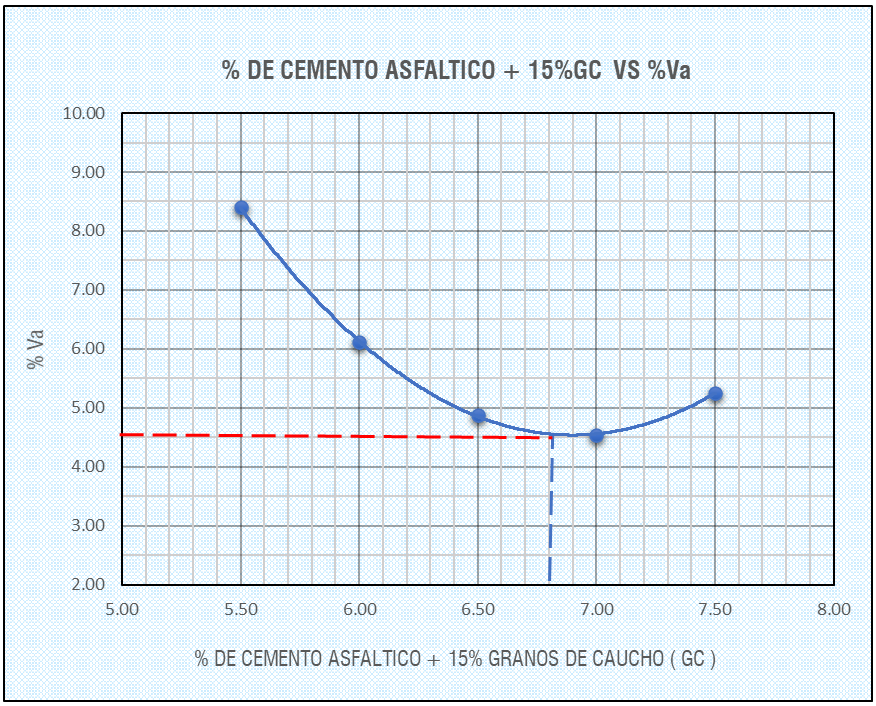
Figura 68. *%De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs Peso Unitario*



Fuente: propio

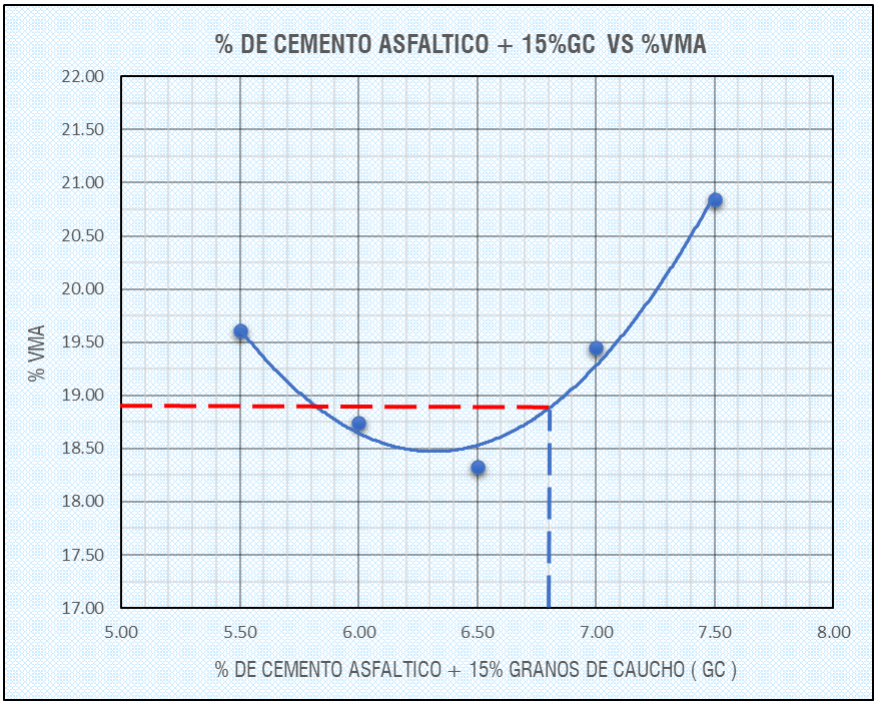
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 69. *% De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs %Va*



Fuente: propio

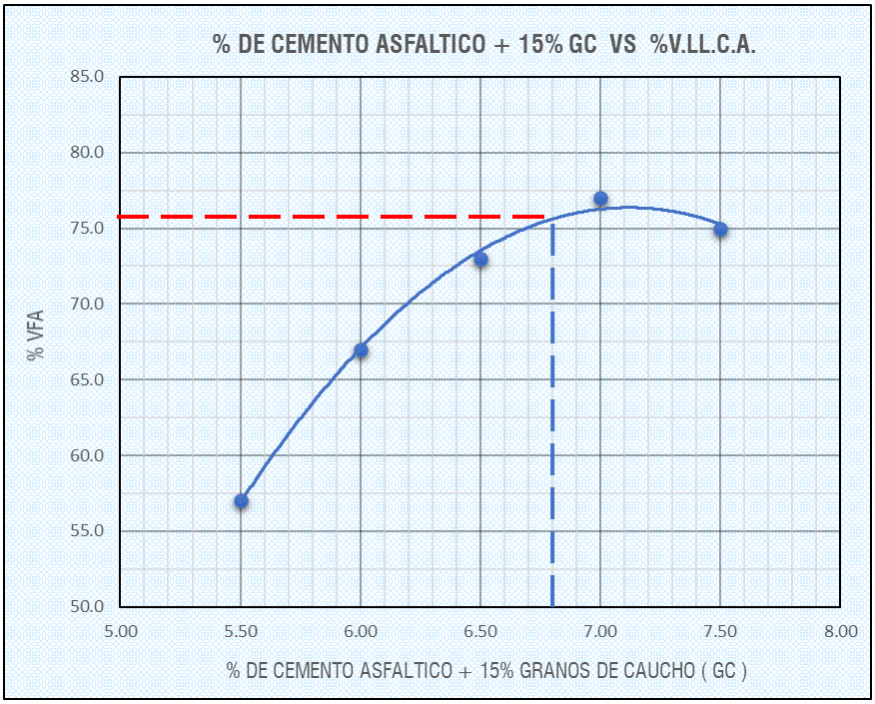
Figura 70. *% De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs %VMA*



Fuente: propio

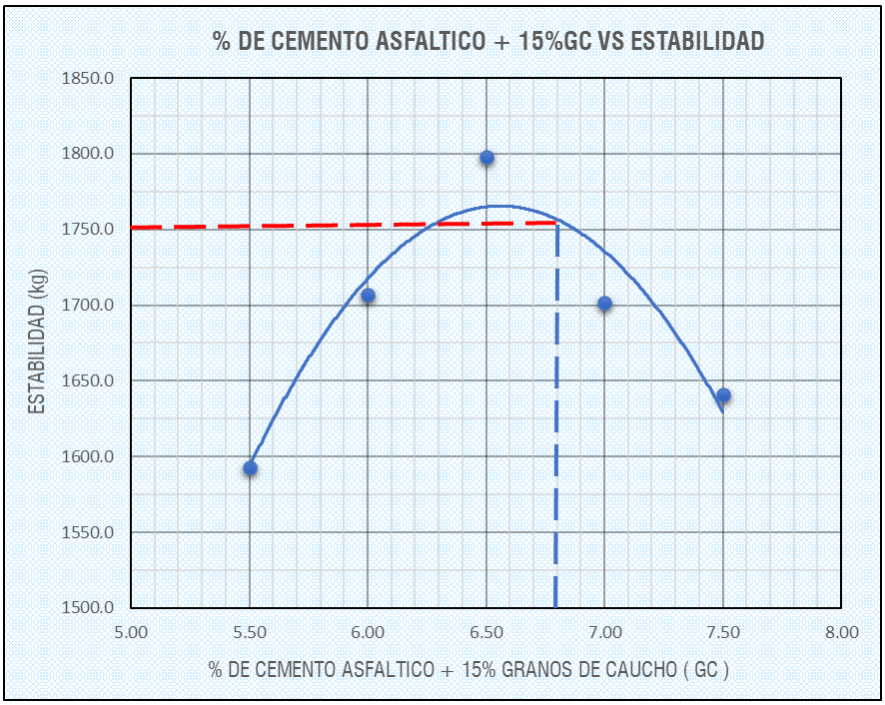
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 71. *% De Cemento Asfáltica + 15%GC Vs %V.LL.C.A.*



Fuente: propio

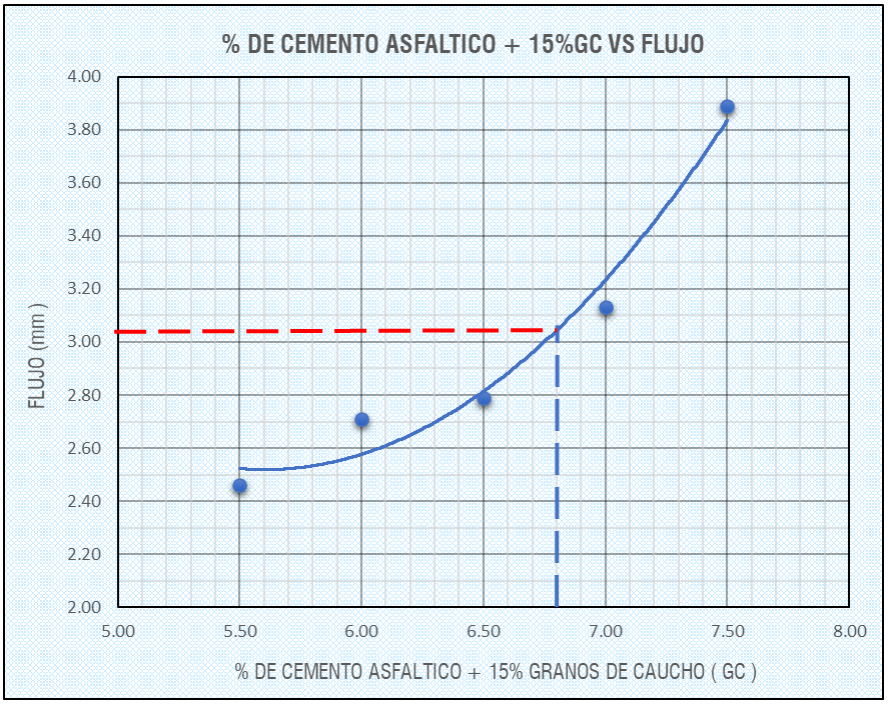
Figura 72. *% De Cemento Asfalto + 15%GC Vs Estabilidad*



Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

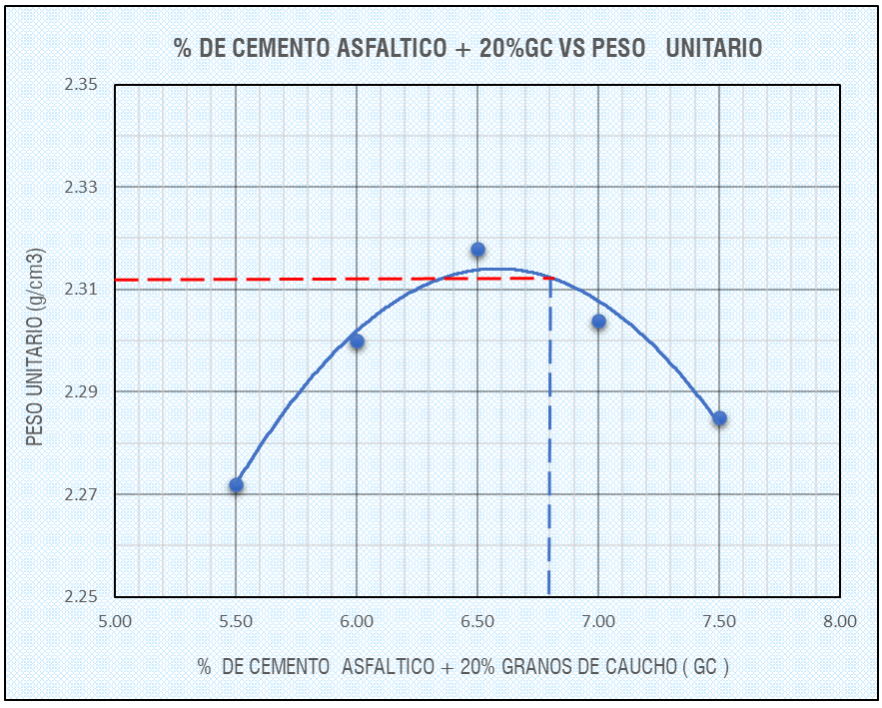
Figura 73. *% De Cemento Asfaltico + 15%GC Vs Flujo*



Fuente: propio

b. Gráficos de Marshall de la mezcla asfáltica modificada con 20% de granos de caucho

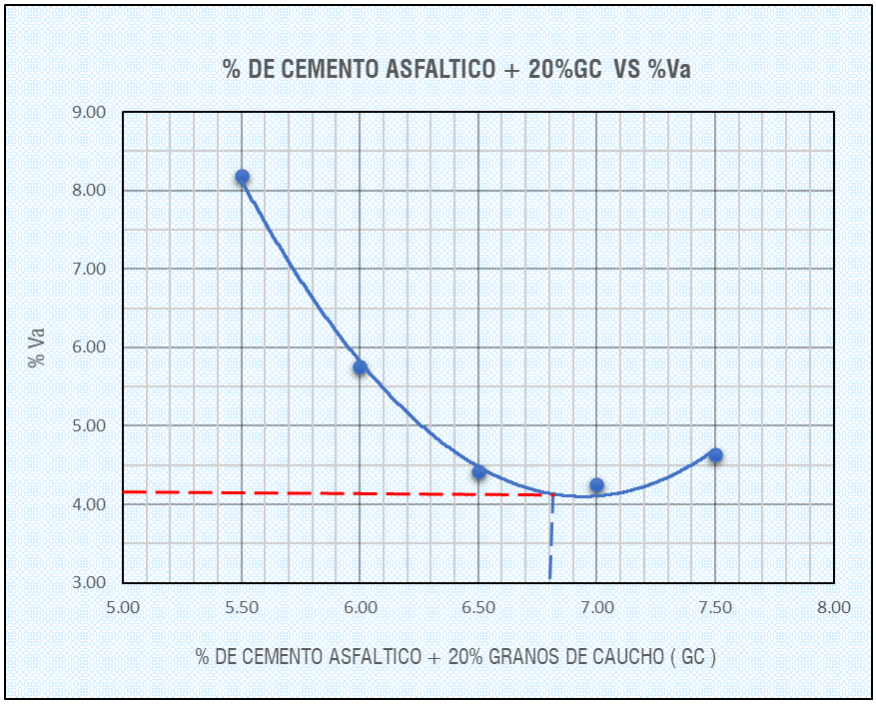
Figura 74. *% De Cemento Asfaltico + 20%GC Vs Peso Unitario*



Fuente: propio

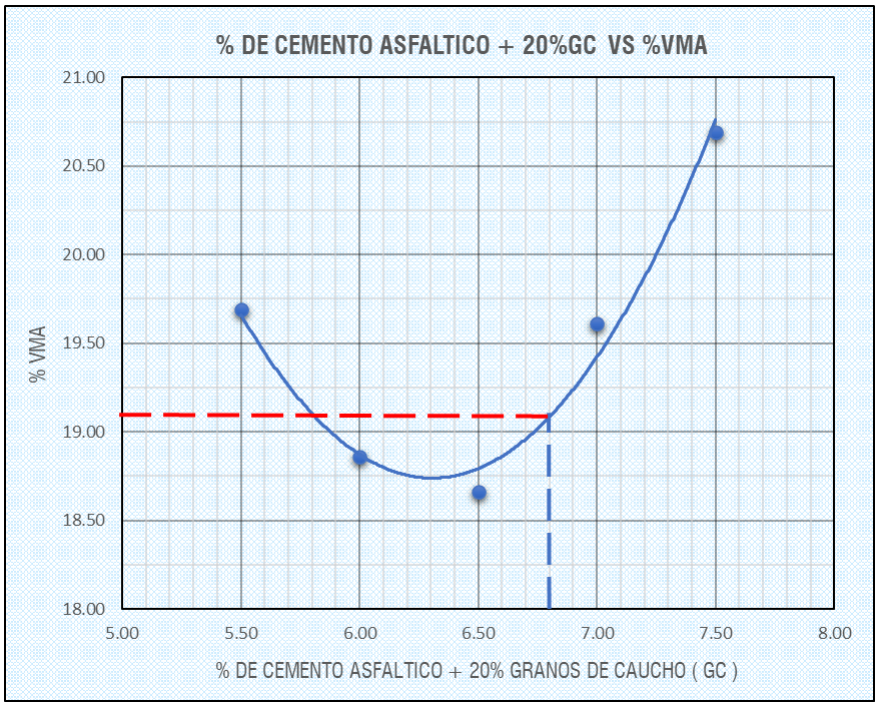
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 75. *% De Cemento Asfaltico + 20%GC Vs % Va*



Fuente: propio

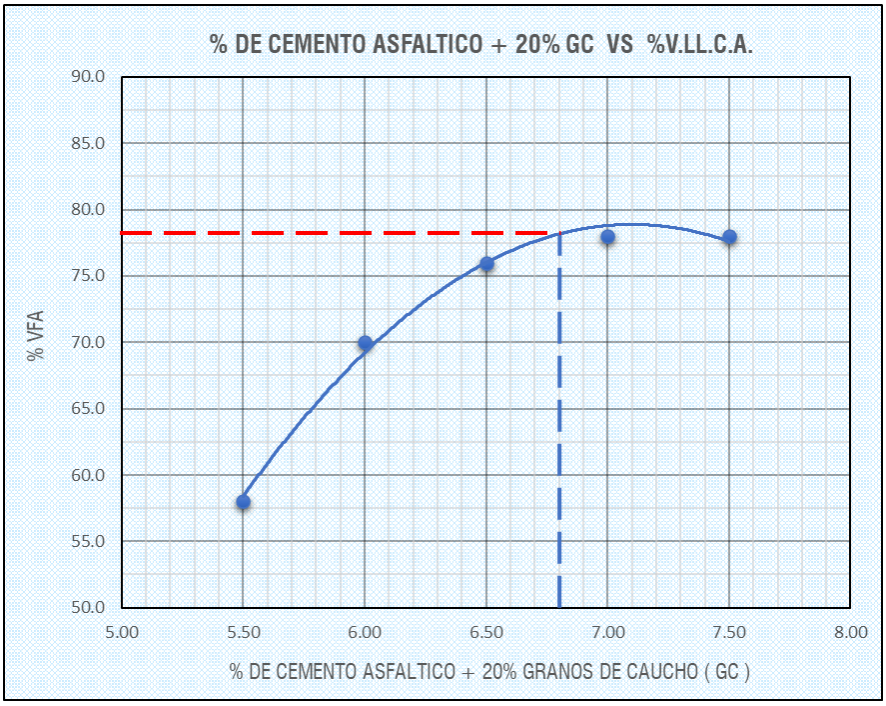
Figura 76. *% De Cemento Asfaltico + 20%GC Vs %VMA*



Fuente: propio

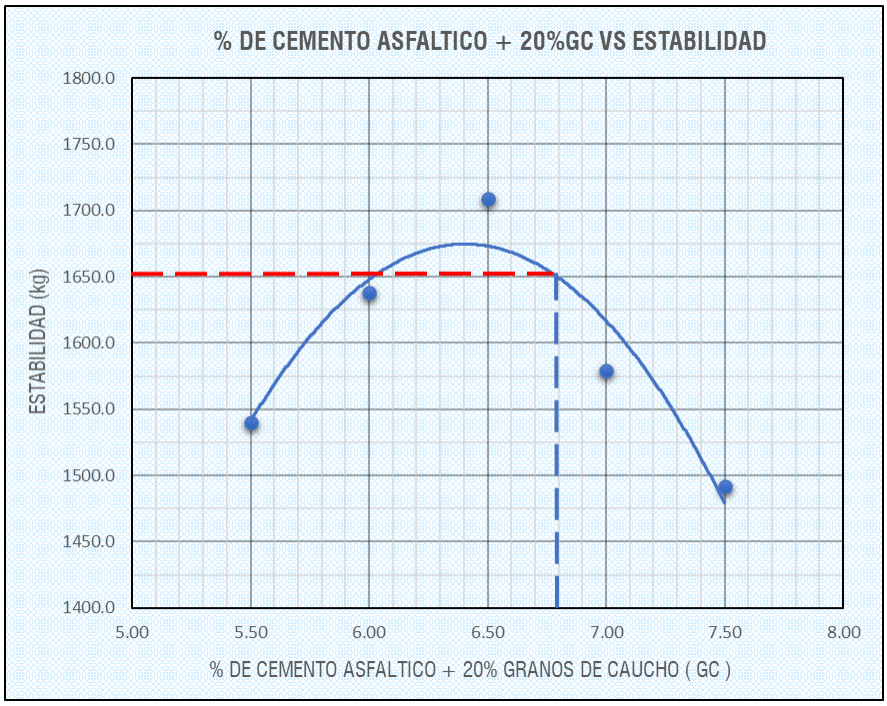
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 77. *% De Cemento Asfaltico +20%GC Vs %VFA*



Fuente: propio

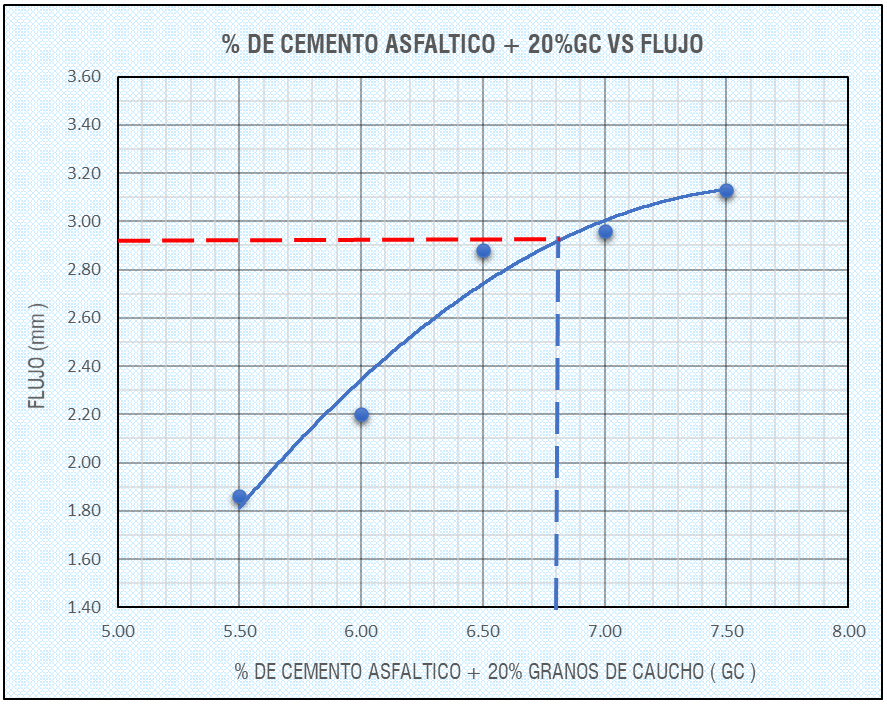
Figura 78. *% De Cemento Asfaltico +20%GC Vs Estabilidad*



Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 79. *% De Cemento Asfaltico +20%GC Vs Flujo*



Fuente: propio

f) Ensayo de inmersión- compresión de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho

Se realiza el ensayo según el Manual de ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). En la sección MTC E 513 se mide la resistencia a compresión de mezclas asfálticas compactadas. En la sección MTC E 518 se determina el efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas compactadas (Inmersión – Compresión). En la Tabla 42 se muestra el ensayo Inmersión- Compresión.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 48. *Análisis de inmersión- compresión con 15%GC*

Efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas asfálticas compactadas (ensayo inmersión-compresión)	
Contenido de asfalto	6.80%
Resistencia a compresión (Mpa)	2.20
Indice de resistencia retenida ,% (R2/R1)*100	77.20

Fuente: propio

Tabla 49. *Análisis de inmersión- compresión con 20%GC*

Efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas asfálticas compactadas (ensayo inmersión-compresión)	
Contenido de asfalto	6.80%
Resistencia a compresión (Mpa)	2.00
Indice de resistencia retenida ,% (R2/R1)*100	74.80

Fuente: propio

4.5. Resultado del diseño de la mezcla asfáltica modificada con 15% de granos de caucho

Los resultados obtenidos después de realizar todos los ensayos Marshall, cálculo de vacíos y de inmersión – compresión determina que los valores obtenidos cumplen con las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y en algunos casos superan los valores mínimos mejorando el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas convencionales, pero en la relación de estabilidad / flujo supera lo especificado en la norma.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 50. *Requerimientos EG-2013 y diseño de Marshall de la mezcla asfáltica Modificada con 15% de granos de caucho*

Parametros de diseño de la mezcla convencional	Unidad	Diseño	Requerimientos		
Optimo cemento asfaltico	(%)	**6.8**	------		
Marshall MTC E 504					
1. Compactación,numero de golpes en cada lado	N°	**75**	**75**		
2. Densidad (gr/cm3)	(g/cm3)	**2.32**	------		
3. Estabilidad	(kg)	**1750**	815		Min.
4. Flujo	(mm)	**3.05**	2.0	-	4.0
5. Porcentaje Vacios de aire (% Va)	(%)	**4.50**	3	-	5
6. Vacios en el agregado mineral (V.M.A.)	(%)	**18.80**	14%		Min.
7. Vacios llenos con C.A (V.LL.C.A.)	(%)	**76.00**	75.0	-	85.0
8. Estabilidad/flujo	(kg/cm)	**5,738**	1,700	-	4,000
Inmersión - Compresión MTC E 518					
1. Resistencia a la compresión	Mpa.	2.2	2.1		Min.
2. Resistencia Retenida	%	77.2	75%		Min.

Fuente: propio

4.6. Resultado del diseño de la mezcla asfáltica modificada con 20% de granos de caucho

Los resultados obtenidos después de realizar todos los ensayos Marshall, cálculo de vacíos y de inmersión – compresión se determina que los valores obtenidos cumplen con las especificaciones del Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y en algunos casos

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

superan los valores mínimos mejorando el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas convencionales. Pero no cumple con las especificaciones según la norma en la relación de estabilidad / flujo y en la resistencia a compresión.

Tabla 51. *Requerimientos EG-2013 y diseño de Marshall de la mezcla asfáltica Modificada con 20% de granos de caucho*

Parametros de diseño de la mezcla convencional	Unidad	Diseño	Requerimientos		
Optimo cemento asfaltico	(%)	**6.8**	------		
Marshall MTC E 504					
1. Compactación,numero de golpes en cada lado	N°	**75**	**75**		
2. Densidad (gr/cm3)	(g/cm3)	**2.311**	------		
3. Estabilidad	(kg)	**1650**	815		Min.
4. Flujo	(mm)	**2.90**	2.0	-	4.0
5. Porcentaje Vacios de aire (% Va)	(%)	**4.10**	3	-	5
6. Vacios en el agregado mineral (V.M.A.)	(%)	**19.10**	14%		Min.
7. Vacios llenos con C.A (V.LL.C.A.)	(%)	**78.00**	75.0	-	85.0
8. Estabilidad/flujo	(kg/cm)	**5,690**	1,700	-	4,000
Inmersión - Compresión MTC E 518					
1. Resistencia a la compresión	Mpa.	2.00	2.1		Min.
2. Resistencia Retenida	%	74.80	75%		Min.

Fuente: propio

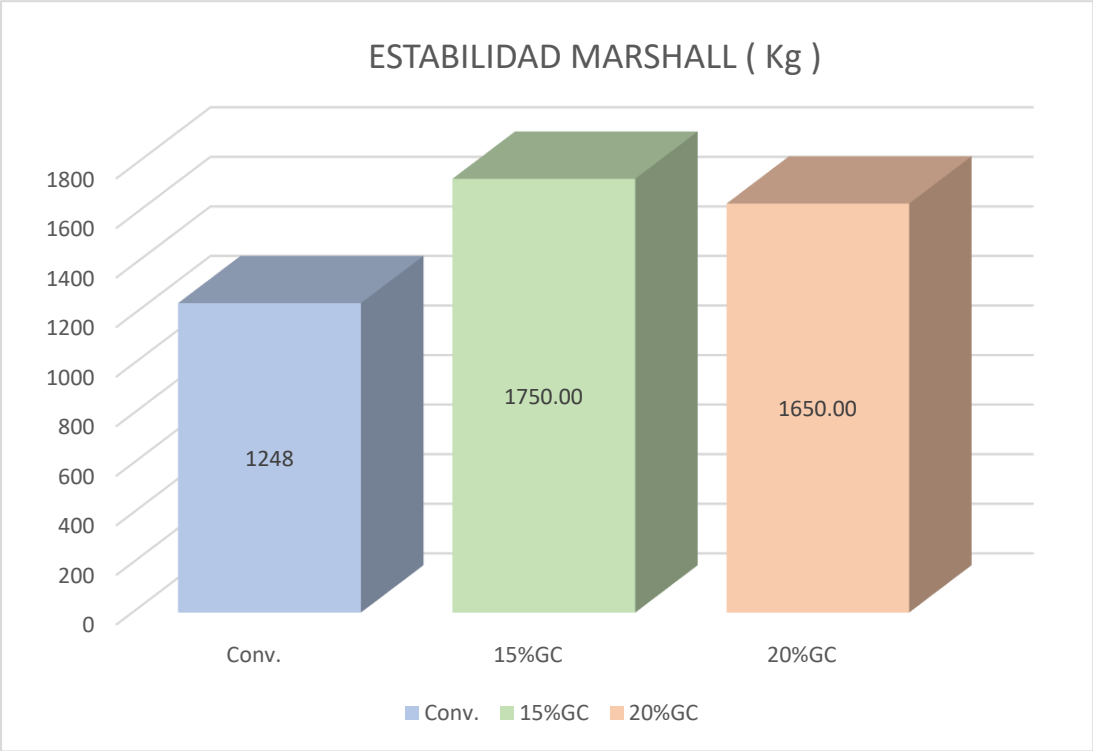
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.7. Comparación de resultados de mezcla asfáltica convencional y modificada

Con el fin de analizar y comparar resultados de la mezcla asfáltica convencional y el modificado se toma la mezcla patrón con un 6.8 % de asfalto óptimo. Se realizó una comparación con los valores más representativos para las estabilidad, flujo, densidad (peso unitario), vacíos del agregado mineral (VMA), vacíos de aire (Va), vacíos llenados con cemento asfáltico (V.LL.C.A), la resistencia a compresión y la resistencia retenida obtenidos para ambos casos, resaltando los resultados obtenidos para las mezclas con incorporación de granos de caucho en un 15% y 20%. Todo esto con el fin de identificar las variaciones de los parámetros de las mezclas asfálticas modificadas respecto al convencional.

a. Estabilidad

Figura 80. *Comparación de Estabilidad Marshall Convencional y Modificado*



Fuente: propio

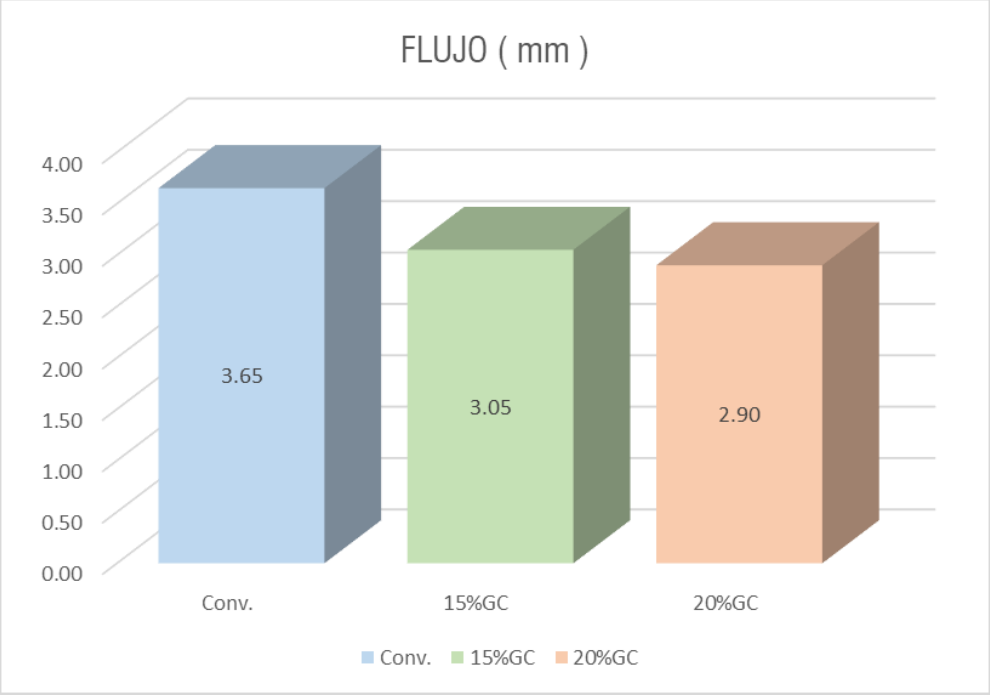
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Interpretación:

La estabilidad de los asfaltos convencionales es de 1,248 kg encontrándose dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del MTC, mientras que los asfaltos modificados con 15 % granos de caucho es de 1,750 kg siendo superior en 502kg más que la estabilidad convencional y con asfalto modificado con 20% granos de caucho es de 1,650kg siendo superior en 402kg más que la estabilidad convencional, lo cual es un indicativo de que la mezcla asfáltica modificada con caucho proporciona mayor rigidez que la mezcla convencional, ayudando a la resistencia a las deformaciones permanentes, siendo los agregados pétreos los mismos para ambas mezclas.

b. Flujo

Figura 81. *Comparación de Flujo Convencional y Modificado*



Fuente: propio

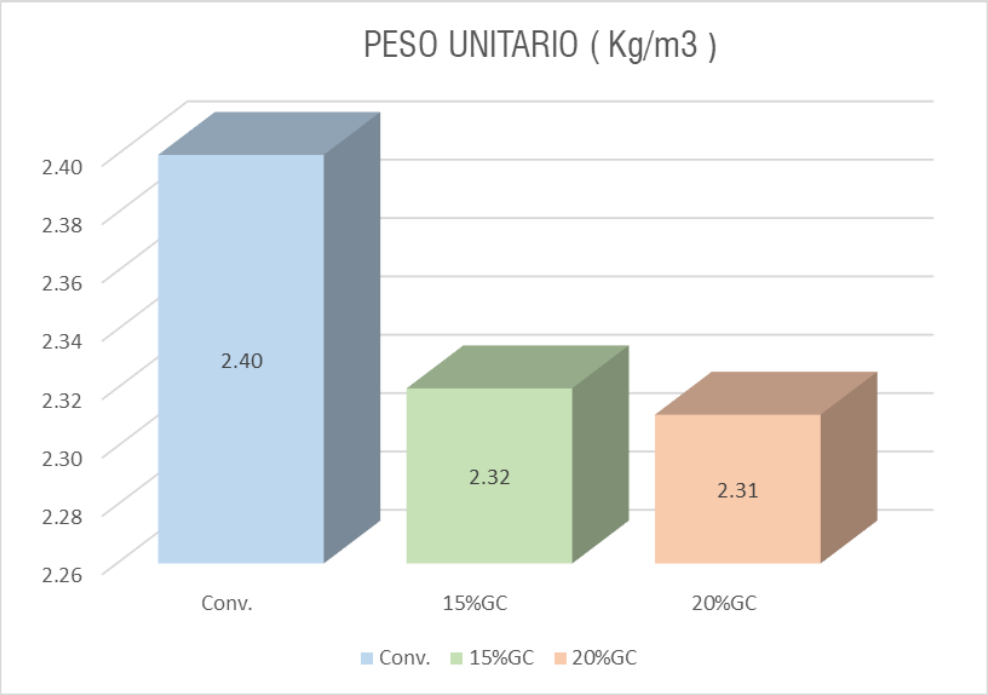
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Interpretación:

El flujo de los asfaltos convencionales es de 3.65 mm encontrándose dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del MTC, mientras que los asfaltos modificados con 15% granos caucho es de 3.05 mm presenta una leve reducción en el flujo de 16.44% respecto al flujo convencional y con asfalto modificado con 20% granos de caucho es de 2.90mm presenta una leve reducción en el flujo de 20.55% con respecto al flujo convencional. Por lo cual podemos afirmar que el flujo disminuye a medida que la dosificación de caucho se incrementa, lo que significa que además de proporcionar elasticidad a la mezcla, también aporta rigidez, lo cual se traduce en menor deformación de la mezcla y tiene la tendencia a deformarse menos bajo cargas de tránsito.

c. Peso unitario

Figura 82.*Comparación de Peso Unitario. Convencional y Modificado*



Fuente: propio

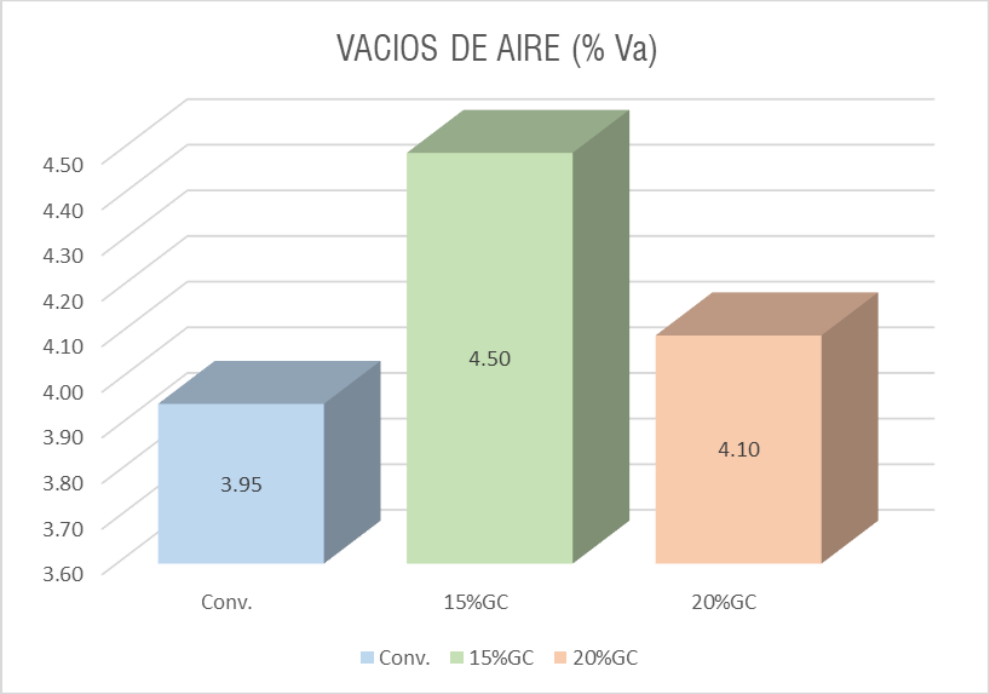
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Interpretación:

El peso unitario de los asfaltos convencionales es de 2.40 kg/m3, mientras que los asfaltos modificados con 15% granos de caucho es de 2.32 kg/m3 presenta una leve disminución en el peso unitario (densidad) de 3.33% respecto al peso unitario convencional y el asfalto modificado con 20% granos de caucho es de 2.31kg/m3 presenta una leve disminución en el peso unitario de 3.75% respecto al peso unitario convencional. Esto está asociado con mayores volúmenes de vacíos en el asfalto modificado y mayor permeabilidad en las mezclas modificadas, por lo tanto, la mezcla compactada será vulnerable al agua y la carpeta de rodadura menos durable. El peso unitario disminuye a medida que la dosificación de granos de caucho se incrementa.

d. Vacíos de aire

Figura 83. *Comparación de Porcentaje de Vacíos de Aire Convencional y Modificado*



Fuente: propio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

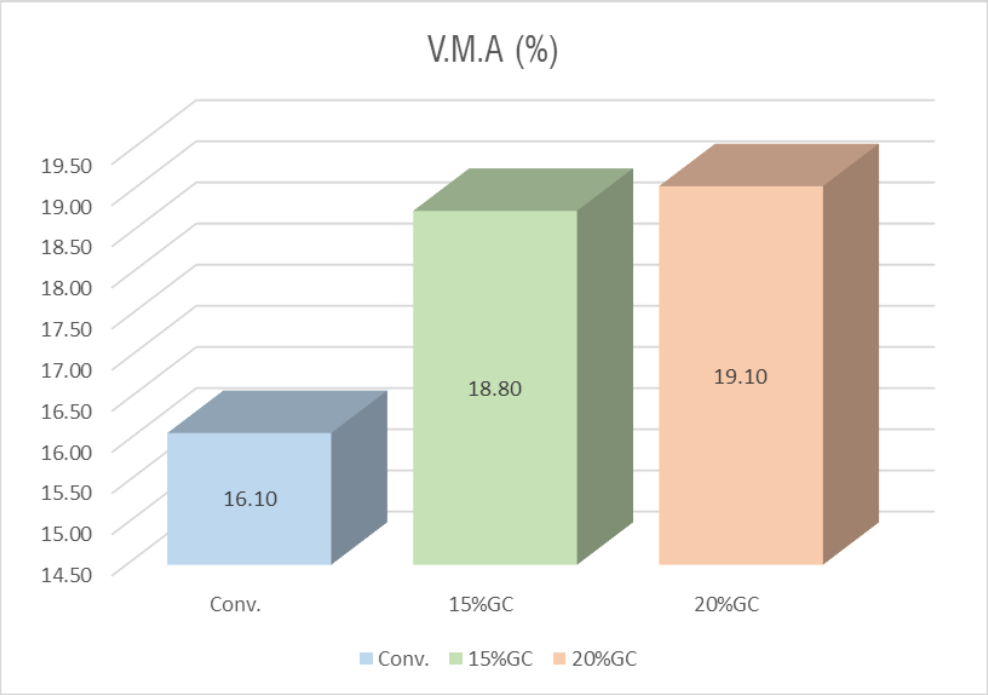
Interpretación:

El porcentaje de vacíos de los asfaltos convencionales es de 3.95% encontrándose dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del MTC, mientras que los asfaltos modificados con 15% granos de caucho es de 4.50% presenta un incremento en los vacíos de aire de 0.55% respecto al porcentaje de vacíos de aire convencional y el asfalto modificado con 20% granos de caucho es de 4.10% presenta un incremento en el vacíos de aire de 0.15% respecto al porcentaje de vacíos de aire convencional. lo cual se puede interpretar que el incremento del contenido de vacíos se relaciona con mezclas que tienen alta permeabilidad, por lo que se podría ocasionar un deterioro prematuro del asfalto debido a que existiría circulación de aire y agua a través del pavimento, también se puede presentar desprendimiento del agregado, o posible desprendimiento de asfalto en el agregado; debiéndose buscar disminuir los vacíos, independientemente que la estabilidad sea satisfactoria. También se observa que el porcentaje de vacíos disminuye a medida que la dosificación de granos de caucho se incrementa. A pesar de que el porcentaje de vacíos de aire (Va) son superiores a la mezcla asfáltica convencional logran cumplir con los requerimientos de la norma.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

e. Vacíos de agregado mineral

Figura 84. *Comparación de Porcentaje de V.M.A. Convencional y Modificado*



Fuente: propio.

Interpretación:

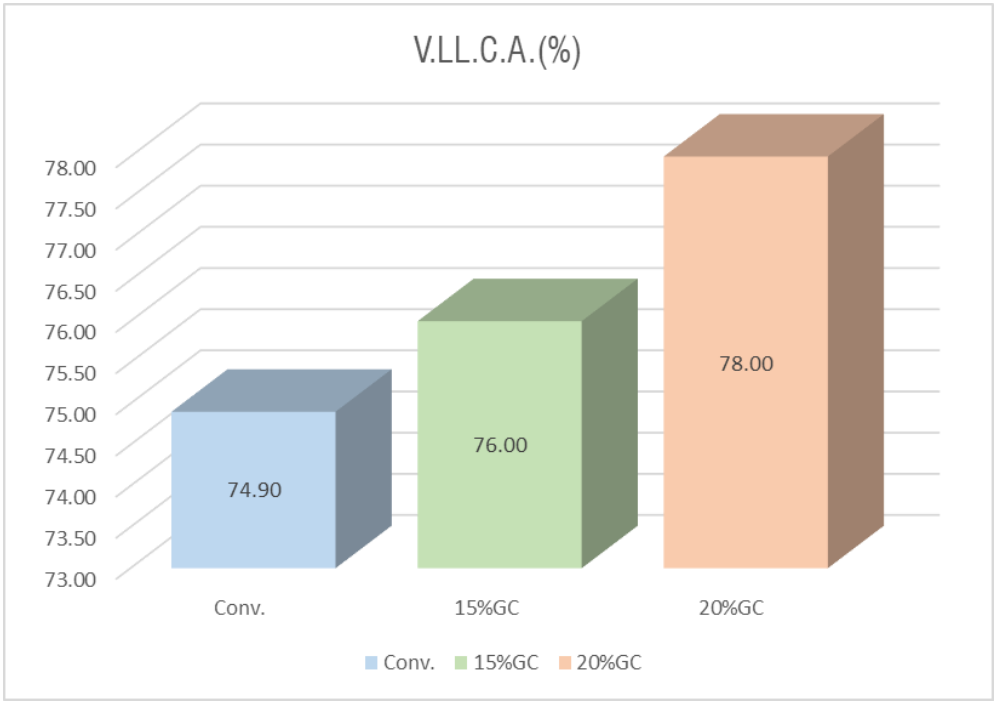
El porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%V.M.A.) de los asfaltos convencionales es de 16.10 % encontrándose dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del MTC ,mientras que los asfaltos modificados con 15% granos de caucho es de 18.80% presenta un incremento en el %VMA de 2.7% respecto al %VMA convencional y el asfalto modificado con 20%granos de caucho es de 19.10% con un incremento en el %VMA de 3% con respecto al %VMA convencional. El porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%VMA) incrementa a medida que la dosificación de granos de caucho se incrementa. Lo cual indica que cuanto mayor sea el %VMA, existirá más espacio para la película de asfalto y más

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

gruesa será la película de asfalto que cubre las partículas de agregado proporcionando mayor durabilidad de una mezcla.

f. Vacíos llenados con cemento asfáltico

Figura 85. *Comparación de Porcentaje V.LL.C.A. Convencional y Modificado*



Fuente: propio

Interpretación:

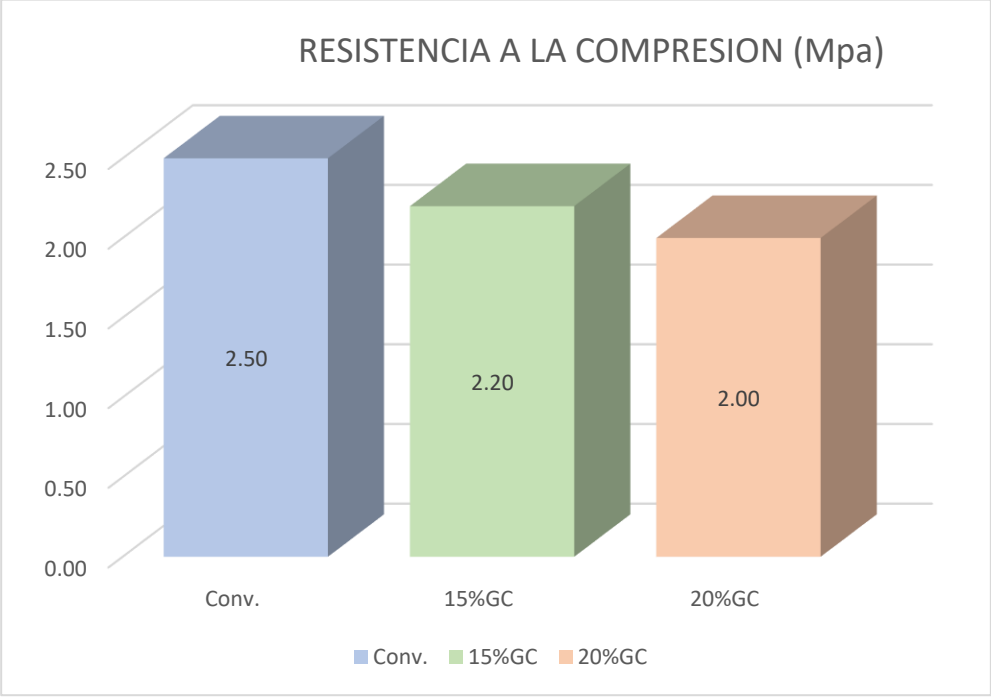
Los vacíos llenados de cemento asfaltico (%V.LL.C.A.) de los asfaltos convencionales es de 74.90%, mientras de los asfaltos modificados con 15% granos de caucho es de 76.0% presenta un aumento en el porcentaje que ocupa el asfalto modificado en todo el espacio disponible en la estructura granular(VMA) en 1.1% respecto al (%V.LL.C.A.) convencional y el asfalto modificado con 20% granos de caucho es de 78.0% presenta aumento en el porcentaje que ocupa el asfalto en todo el espacio disponible en la estructura granular (VMA) en 3.1% respecto al (%V.LL.C.A.) convencional, lo cual

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

nos indica que las mezclas asfálticas modificadas tienen películas de asfalto más gruesas que cubre las partículas de agregado proporcionando mayor durabilidad a la mezcla, pero también se observa que el porcentaje de vacíos llenos de cemento asfaltico incrementa a medida que la dosificación de granos de caucho se incrementa.

g. Resistencia a compresión

Figura 86. *Comparación de Resistencia a la Compresión Convencional y Modificado*



Fuente: propio

Interpretación:

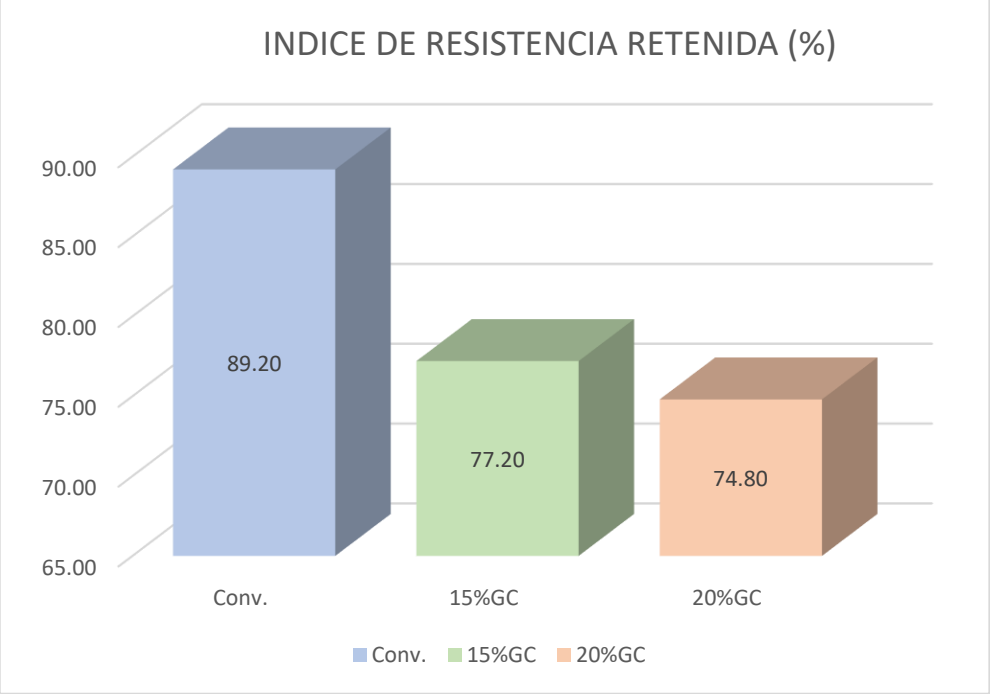
La resistencia a la compresión de las mezclas asfálticas convencionales es de 2.5 Mpa. encontrándose dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del MTC, mientras de los asfaltos modificados con 15% granos de caucho es de 2.2 Mpa. presentando una disminución en la resistencia a compresión de 12% respecto a la resistencia a compresión de la mezcla asfáltica

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

convencional y el asfalto modificado con 20%granos de caucho es de 2.0 Mpa presentando una disminución en la resistencia a compresión de 20% respecto a la resistencia a compresión de la mezcla asfáltica convencional. La resistencia a la compresión mínimo establecida por el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) es de 2.1 Mpa, por eso solo el asfalto modificado con 15%granos de caucho cumple con el manual.

h. Índice de resistencia retenida

Figura 87. *Comparación de Índice de Resistencia Retenida Convencional y Modificado*



Fuente: propio

Interpretación:

Para el índice de resistencia retenida, observamos en el gráfico que la mezcla asfáltica convencional fue 89.20% encontrándose dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del MTC , mientras que la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

mezcla asfáltica modificada con 15%granos de caucho por vía húmeda es de 77.20% presentando una disminución en la resistencia retenida de 12% respecto a la resistencia retenida de la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica modificada con 20%granos de caucho por vía húmeda es de 74.80% presentando una disminución en la resistencia retenida de 14.4% respecto a la resistencia retenida de la mezcla asfáltica convencional. El porcentaje mínimo de resistencia retenida establecida en el manual de carreteras EG-2013 del MTC es de 75%, en ese sentido las mezclas asfálticas modificadas con 15%GC y 20%GC cumplen con lo requerido por manual de carreteras.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Contrastación de las hipótesis

a) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda influye en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

De acuerdo con nuestros resultados obtenidos la incorporación de granos de caucho por vía húmeda influye en la mejora del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente y se encuentran dentro de lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Díaz & Castro (2017). En su tesis "Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá", concluye que las mezclas asfálticas modificados con granos de caucho reciclado son más durables y económicas a largo plazo por que disminuyen los mantenimientos con respecto a las convencionales.

Agudelo & Martínez (2019). En su investigación "Estudio comparativo del envejecimiento a largo plazo de una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho reciclado", concluye que el envejecimiento de las mezclas asfálticas produce un incremente en la rigidez de las mezclas. Sin embargo, las mezclas con asfalto modificado con GCR presentaron menor susceptibilidad al envejecimiento, pudiendo inducir un aumento en la vida útil del pavimento.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Comparando lo dicho por los autores con los resultados obtenidos de las mezclas asfálticas modificadas con 15% y 20% de granos de caucho se encuentra mejora en el comportamiento mecánico respecto a la mezcla asfáltica convencional.

b) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la estabilidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

De acuerdo con nuestros resultados obtenidos, la estabilidad de las mezclas asfálticas modificadas con 15% y 20% granos de caucho son superiores en un 40% y 32% respectivamente respecto a la mescla asfáltica convencional, y se encuentran dentro de lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, además la estabilidad disminuye cuando el porcentaje de granos de caucho aumenta.

Sánchez & Vega (2016), en su investigación: "Evaluación del daño por humedad de una mezcla asfáltica modificada con grano de caucho reciclado (GCR)". indica que la mezcla asfáltica modificada con Grano de Caucho Reciclado (GCR), fue modificada por vía húmeda con 2%, 5%, 10%, 15% y 20% de GCR, realizó el ensayo de estabilidad y flujo empleando la prueba Marshall. Con respecto al ensayo Marshall se encontró que al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica la estabilidad disminuye, mientras que el flujo aumenta.

Comparando lo dicho por Sánchez & Vega, la estabilidad en la mezcla asfáltica modificada disminuye cuando aumenta el porcentaje de granos de caucho, de la misma manera para nosotros que realizamos el ensayo Marshall a la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho y por la misma vía de incorporación, encontramos mejoras en la estabilidad, en comparación con una mezcla asfáltica convencional.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

c) **La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la fluencia del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.**

Según nuestros resultados, incorporar 15% de granos de caucho por vía húmeda a la mezcla asfáltica redujo en 16.44% el flujo y al incorporar 20% de granos de caucho redujo en 20.55% el flujo respecto al convencional, por lo que se observa que el flujo disminuye cuando el porcentaje de granos de caucho aumenta.

Sánchez & Vega (2016), en su investigación: **"Evaluación del daño por humedad de una mezcla asfáltica modificada con grano de caucho reciclado (GCR)"**.la mezcla asfáltica modificada con Grano de Caucho Reciclado (GCR), esta fue modificada por vía húmeda con 2%, 5%, 10%, 15% y 20% de GCR, se realizó el ensayo de estabilidad y flujo empleándola prueba Marshall. Con respecto al ensayo Marshall se encontró que al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la estabilidad disminuye, mientras que el flujo aumenta.

Respecto Sánchez & Vega, flujo en la mezcla asfáltica modificada aumenta cuando el porcentaje de granos de caucho aumenta, pero para nosotros que realizamos el ensayo de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho y por la misma vía de incorporación, el flujo disminuye en comparación con una mezcla asfáltica convencional. Pero cumple con lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

d) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la densidad del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación de la densidad del asfalto modificado con 15% granos de caucho es de 2.32 g/cm3 presenta una leve disminución en la densidad de 3.33% respecto a la densidad convencional y el asfalto modificado con 20% granos de caucho es de 2.31 g/cm3 presenta una leve disminución en la densidad de 3.75% respecto a la densidad convencional. La densidad de la mezcla asfáltica modificada disminuye a medida que el porcentaje de granos de caucho aumenta.

Álvarez & Carrera (2017), en su investigación **"**Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica", concluye que la densidad bulk de las mezclas asfálticas modificadas con 1.5% y 2% disminuyen a medida que se incrementa los porcentajes de grano de caucho reciclado.

Como se puede observar, las mezclas asfálticas modificadas con mayor porcentaje de granos de caucho tendrán menor densidad, como en nuestro caso la densidad con 15% y 20% de granos de caucho son menores a la densidad de la mezcla asfáltica convencional.

e) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda en el contenido de vacíos mejora el comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente

De acuerdo con nuestros resultados obtenidos el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%VMA) de las mezclas asfálticas modificadas con 15% y 20% de granos de caucho son mayores en 2.7% y 3% respectivamente respecto a la mezcla asfáltica convencional y el porcentaje de vacíos del agregado mineral se incrementa a medida que el porcentaje de granos de caucho aumenta. Los vacíos de los asfaltos modificados con 15% y 20% de granos de caucho son mayores en 0.55% y 0.15%

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

respectivamente respecto a los vacíos en la mezcla asfáltica convencional, pero aun así se encuentran dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del MTC. El porcentaje de vacíos disminuye a medida que la dosificación de granos de caucho se incrementa. Lo cual indica que cuanto menor sea la cantidad de vacíos menor será la permeabilidad y mayor la durabilidad de un pavimento asfaltico.

Los vacíos llenados de cemento asfaltico (%V.LL.C.A.) de los asfaltos modificados son mayores respecto a las mezclas asfáltica convencionales.

Chamba & Benavides (2019), en su investigación**:** "Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado", concluye que la incorporación como agregado del GCR incrementa los vacíos y vuelve la mezcla más porosa.

Flores P. (2018). en su investigación "Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018", concluye que las mezclas asfálticas modificadas con porcentajes de 10% y 20% no obtiene buenos resultados porque se incrementa los valores de vacíos, permeabilidad al agua y sus propiedades mecánicas se alejan de los estándares mínimos establecidos por el manual de carreteras del MTC (EG – 2013) para la producción de mezcla asfáltica.

Como se observa, las mezclas asfálticas modificadas con mayor porcentaje de granos de caucho tienen mayor porcentaje de vacíos lo cual genera un problema de permeabilidad al agua.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

f) La incorporación de granos de caucho por vía húmeda mejora la resistencia a la compresión-inmersión del comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas en caliente

Al observar los resultados, encontramos que la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica modificada con 15% y 20% de granos de caucho disminuye respecto a la convencional en 12% y 20% respectivamente. La resistencia a la compresión mínimo establecida por el manual de carreteras EG-2013 del MTC es de 2.1 Mpa, por eso solo el asfalto modificado con 15%granos de caucho cumple con el manual.

Para el índice de resistencia retenida, observamos que las mezclas asfálticas modificada disminuye a medida que el porcentaje de caucho aumente. El porcentaje mínimo de resistencia retenida establecida en el manual de carreteras EG-2013 del MTC es de 75%, en ese sentido las mezclas asfálticas modificadas con 15%GC y 20%GC cumplen con lo requerido por manual de carreteras EG-2013 del MTC.

Flores P. (2018).en su investigación "Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018", indica que en los resultados de los valores del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada con la incorporación caucho por vía húmeda con 5%, 10% y 20% con temperaturas de incorporación 170 °C, 185°C y 200 °C respectivamente, el porcentaje que tuvo el mejor comportamiento mecánico fue con 5% y un óptimo contenido de asfalto-caucho de 6.2% porque incrementó la resistencia a la compresión, la resistencia inducida por humedad y conservó su deformabilidad.

Para Flores P, (2018) la incorporación de 5% de granos de caucho mejora resistencia a compresión en la mezcla asfáltica modificada, mientras para nosotros el 15%

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de granos de caucho disminuye la resistencia a compresión de la mezcla asfáltica convencional, pero se observa que cuando menor sea el porcentaje de granos de caucho mayor será la resistencia a compresión.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CONCLUSIONES

1. La mezcla asfáltica modificada con granos de caucho presenta mejoras en el comportamiento mecánico dado que en ninguno de los distintos diseños realizados con granos de caucho que se hizo en el laboratorio, los valores obtenidos por el ensayo Marshall e inversión- compresión están por debajo de la mezcla asfáltica convencional y las especificaciones normativas a la cual nos regimos.
2. La mezcla asfáltica modificada con 15%granos de caucho y 20%granos de caucho, tienen una mayor estabilidad en un 40.22 %, 32.21% respectivamente con respecto a la mezcla asfáltica convencional, por ello el asfalto modificado mejora el comportamiento mecánico en cuanto a la rigidez de la mescla asfáltica contribuyendo a la resistencia ante las deformaciones permanentes.
3. La mezcla asfáltica modificada con 15%granos de caucho y 20%granos de caucho, tiene menor flujo en un 16.44%, 20.55% respectivamente con respecto a la mezcla asfáltica convencional, por lo que el asfalto modificado mejora el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica mejorando la flexibilidad y elasticidad ante los cambios de temperatura que se producen en nuestra zona, llegaría a producirse menos casos de ahuellamiento en las carreteras a causa de las deformaciones permanentes bajo cargas de tránsito.
4. La mezcla asfáltica modificada con 15%granos de caucho y 20%granos de caucho tiene menor densidad (peso unitario) en un 3.33% y 3.75% respectivamente respecto a la mezcla asfáltica convencional. Esto está asociado con mayores volúmenes de vacíos en el asfalto modificado y mayor permeabilidad en las mezclas modificadas, por lo tanto, la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

mezcla asfáltica modificada compactada será vulnerable al agua y la carpeta de rodadura menos durable. Por lo que se concluye que las mezclas asfálticas modificadas con granos de caucho no presentan una mejora en cuanto a la densidad respecto a la densidad de la convencional.

5. La mezcla asfáltica modificada con 15% granos de caucho y 20% granos de caucho tiene mayor porcentaje de vacíos en un 0.55% y 0.15% respectivamente respecto a la mezcla asfáltica convencional, pero se encuentra dentro de los parámetros de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 del MTC que es 3% a 5%. Así mismo tiene mayor porcentaje de agregado mineral (%VMA) en un 2.7% y 3.0% respectivamente respecto a la mezcla asfáltica convencional, lo cual indica que tendrá más espacio para las películas de asfalto y más gruesa será la película de asfalto que cubre las partículas de agregado proporcionando mayor durabilidad de la mezcla. También tiene mayor porcentaje de vacíos llenos con asfalto (%V.LL.C.A.) en un 1.1% y 3.1% respectivamente respecto a la mezcla asfáltica convencional, presentando películas de asfalto más gruesas que cubre las partículas de agregado proporcionando mayor durabilidad a la mezcla.
6. La mezcla asfáltica modificada con 15%granos de caucho y 20%granos de caucho tiene menor resistencia por compresión. en un 12 % y 20 % respectivamente respecto a la mezcla asfáltica convencional. Solo el asfalto modificado con 15%granos de caucho cumple con lo establecido por el manual de carreteras EG-2013 del MTC. En cuanto a la resistencia por compresión la mezcla asfáltica modificada no presenta mejora respecto a la mezcla asfáltica convencional. Así mismo tiene menor resistencia retenida en un 12 % y 14.4 % respectivamente respecto a la mezcla asfáltica convencional. Las mezclas asfálticas modificados con 15%granos de caucho y 20% granos de caucho cumplen con

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

lo establecido por el manual de carreteras EG-2013 de Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), pero no presenta mejora respecto a la mezcla asfáltica convencional.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

RECOMENDACIONES

1. La incorporación de 15% y 20% de granos de caucho menores a la malla N°30 (0.6mm) por vía húmeda al cemento asfaltico con una temperatura de 180°C a 190 °C y un tiempo de mezclado de 60minutos ha demostrado mejoras en la mezcla asfáltica en caliente respecto a la estabilidad, flujo reduciendo las deformaciones permanentes. Y la mezcla asfáltica modificada también presenta un aumento en el porcentaje de vacíos, una disminución en la densidad y la resistencia a compresión aumentando la permeabilidad y reduciendo la durabilidad de la carpeta de rodadura. Por lo que se recomienda seguir con dichas investigaciones en nuestro país con respecto a este tipo de diseño de mezcla asfáltica mediante la incorporación de granos de caucho por de vía húmeda buscando mejoras en el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas en caliente.
2. Realizar el análisis de la mezcla asfáltica en caliente incorporando el 5%, 10% y 25% de granos de caucho por vía húmeda y verificar si la estabilidad mejora respecto a la mezcla asfáltica convencional y cumpla con lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
3. Realizar el análisis de la mezcla asfáltica en caliente incorporando el 5%, 10% y 25% de granos de caucho por vía húmeda y verificar si el flujo mejora respecto a la mezcla asfáltica convencional y cumpla con lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4. Realizar el análisis de la mezcla asfáltica en caliente incorporando el 5%,10%,25% de granos de caucho con granulometría menores a la malla N°40 (0.42mm) por vía húmeda y verificar si la densidad mejora respecto a la mezcla a la mezcla asfáltica en caliente.
5. Realizar el análisis de la mezcla asfáltica en caliente incorporando el 5%,10% y 25% de granos de caucho con granulometría menores a la malla N° 40 (0.42mm) por vía húmeda al cemento asfaltico con una temperatura mayor a los 190 °C y un tiempo de mezclado mayor a 1 hora y verificar si el porcentajes de vacíos disminuye respecto a la mezcla asfáltica convencional y cumpla con lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
6. Realizar el análisis de la mezcla asfáltica en caliente incorporando el 5%,10%,25% de granos de caucho con granulometría menores a la malla N°40 (0.42mm) por vía húmeda y verificar si la resistencia a compresión y el índice de resistencia mejora respecto a la mezcla a la mezcla asfáltica en caliente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

BIBLIOGRAFICA.

Agudelo Cendales , M., & Martínez Gomez , S. (2019). *Estudio Comparativo del envejecimiento a largo plazo de una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho reciclado[Tesis de Pregrado,Universidad Católica de Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24074

Alvarez Briceño, L., & Carrera Sanchez , E. (2017). *Influencia de la incorporacion de particulas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfaltica.[Tesis de Pregrado,Universidad Privada Antenor Orrego - Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3595

Carrizales Apaza, J. (2015). *Asfalto Modificado con Material Reciclado de Llantas para su Aplicacion en Pavimentos Flexibles [Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano de Perú]*. Repositorio de la Universidad del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1888/Carrizales_Apaza_Jose_%20Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cervera Borja , C. (2016). *Influencia en las propiedades mecanicas de una mezcla asfáltica incorporado caucho reciclado de neumaticos,cajamarca,2016[Tesis de Pregrado,Universidad Privada del Norte - Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11236

Chamba Gonzaga , F., & Benavides suárez , J. (2019). *Diseño de mezcla asfaltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado[Tesis de Pregado, Universidad estatal peninsula de santa elena-Ecuador]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5225

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Correa Lesmes , C. (2018). *Implementacion de mezcla asfaltica modificada con granulo de caucho en el barrio San Carlos de la localidad de Tunjuelito[Tesis Pregrado,Universidad Militar Nueva Granada-Bogota]*. RepositorioIntirucional. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20506

Dias Claros, C., & Castro Celis , L. (2017). *Implementacion del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfalticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá [Tesis Pregrado,Universidad Santo Tomas- Bogota]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fajardo Cachay, L., & Vergaray Huaman, D. (2014). *Efectos de la Incorporacion por via seca,del polvo de neumatico reciclado, como agrgado fino en mezclas asfalticas[Tesis de Pregrado, Universidad San Martin de Porres-Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1044/vergaray_da.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores Perez , J. (2018). *Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda,avenida Perú, Callao,2018. [Tesis de Pregrado , Universidad Cesar Vallejo-Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25348

Granados Noa , J. (2017). *Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica*

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

convencional[Tesis Pregrado-Universiad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1572?show=full

Hernández Sampieri, R., Fernández Collao , C., & Baptista Lucio , P. (2014). *Metodologia de la investigacion (6ª ed.).* Mc graw Hill.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras - Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion EG-2013.* Lima,Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2016). *Manual de Ensayo de Material 2016.* Lima,Perú.

Nuha Salim. M., Asim Hassan. A., Mohamed Rehan. K. y Mahrez Abdelaziz. (2013). A Review on using crumb rubber in reinforcemenf of asphalt pavement. *The Scientific World Journal 2014*, 21. Obtenido de https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/214612/

Ochoa Jaramillo , M. (2010). *Control de Mezclas Asfalticas [Tesis Pregarado, Universidad de Colombia].* Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1038/Tesis%20Q477_Pin.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ordoñez Lujano , A. (2016). *Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente, empleando cal, en los aeropuertos del sur del Perú [Tesis de Pregrado,Universidad Andina Nestor Cáceres velásquez - Perú].* Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/727/TESIS%20DE%20ADELAIDA.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Paredes Matta , E. (2009). *Comportamiento Mecanico de las mezclas tipo SMA(stone mastic asphalt)[Tesis de Pregadro, Univerdidad Ricardo Palma-Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/135

Paz Malca, W. (2014). *Diseño económico de mezclas asfálticas mediante la aplicación del organo silano y caucho[Tesis de Maestria,Universidad Nacional de Ingeniería-Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12459

Ramírez Palma, N. (2006). *Estudio de la utilizacion de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco[Tesis Pregado,Universidad de Chile]*. Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104457

Ramírez Villamizar , A., Ladino Rubio , I., & Rosas Ramírez , J. (2014). *Diseño de mezcla asfaltica con asfalto caucho tecnologia GAP graded para la ciudad de Bogotá[Tesis de Pregrado,Universidad Católica de Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1743

Ramírez Villamizar , A., Ladino Rubio, I., & Rosas Ramírez, Juan Pablo. (2014). *Diseño de mezcla asfáltica con asfalto caucho tecnologia GAP graded para la ciudad de Bogotá[Tesis de Especialista, Universidad Catolica de Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1743

Rolando Franco, F. (2002). *Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido RC-250 y emulsión [Tesis pregrado,Universidad de Pirura]*. Repositorio Institusional. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1334/ICI_076.pdf

Romero Chambi , L. (2018). *Estudio de la Influencia de la Adición de neumático reciclado en mezclas asfálticas en caliente, en la ciudad de Juliaca [Tesis de Pregrado,Universidad*

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Andina Néstor Cáceres Velásquez]. Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2597

Salamaca Arce, G. (2007). *Influencia de la contaminación salina en el envejecimiento prematuro de mezclas y tratamienos asfalticos.[Tesis Pregardo,Universidad de Chile]*. Repositorio institucional. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104588/salamanca_ga.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Sanchez Millan , S., & Vega Ramirez , C. (2016). *Evaluacion del daño por humedad de una mezcla asfaltica modificada con grano de caucho reciclado (GCR)[Tesis de Pregrado, Universidad la Gran Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5159

Segovia Airaudo, R. (2007). *Estudio del efecto de la variación en la granulometria del caucho en mezclas asfálticas por vía seca[Tesis de Pregado, Universidad de Chile]*. Repositorio Institucional. Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/segovia_ra/sources/segovia_ra.pdf

Silvestre Velasquez , D. (2017). *Comparacion técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017[Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo-Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1506?locale-attribute=en

Tueros Davila, M. (2017). *Incorporacion de polvo de caucho en mezcla asfaltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de Huancayo 2016.[Tesis de Pregrado, Universidad Peruana los Andes]*.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/283

Turbo, W., & Mendoza, A. (2017). *Comportamiento del diseño de mezcla asfaltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de juliaca.[Tesis Pregrado,Universiddad Nacional del Altiplano - Perú]*. Repositorio Intitucional. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4985

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXOS.

Anexo 1. Ensayos de agregado grueso

Anexo 2. Ensayos de agregado fino

Anexo 3. Gradación para la mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Anexo 4. Diseño de ensayo Marshall

Anexo 5. Ensayo de Inmersión - Compresión

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 1. Ensayos de agregado grueso

Los ensayos están en este anexo están colocados en este orden:

1. Análisis granulométrico de piedra triturada
2. Durabilidad (al sulfato de magnesio)-piedra triturada
3. Ensayo de abrasión los ángeles
4. Ensayo de adherencia
5. Ensayo de Índice de durabilidad
6. Ensayo de partículas chatas y alargadas
7. Ensayo de partículas de caras fracturadas en los agregados
8. Ensayo de sales solubles totales -piedra triturada
9. Ensayo de porcentaje de absorción de piedra triturada

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

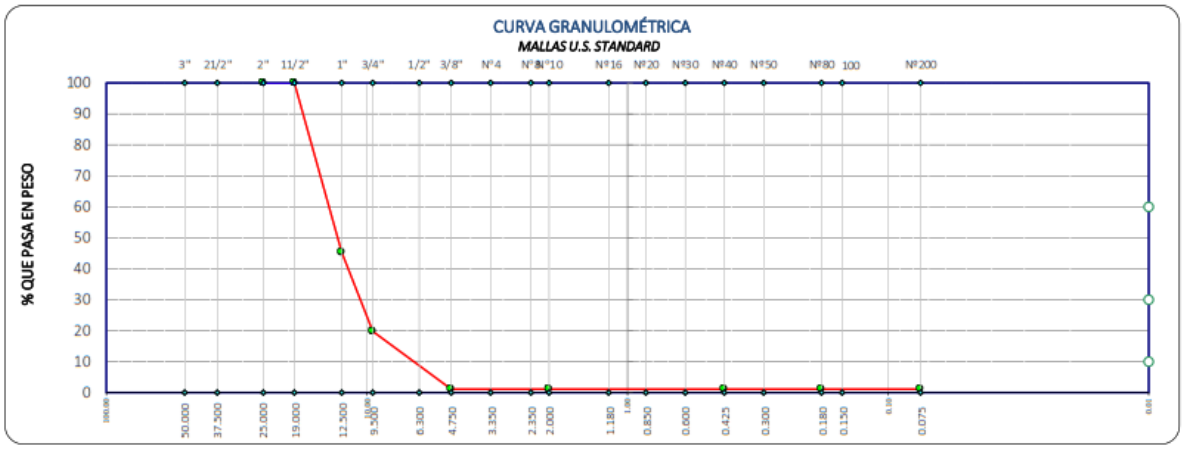
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
3"	75.000					Peso Inicial Seco (g)
2 1/2"	63.000					3840.0
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	2101	54.7	54.7	45.3	OBSERVACIONES
3/8"	9.500	981	25.5	80.3	19.7	
1/4"	6.300					Granulometria separado por el Tamiz 1" hasta el Tamiz # 8
4	4.750	716	18.6	98.9	1.1	
8	2.350					
10	2.000		0.0	98.9	1.1	
16	1.180					
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425		0.0	98.9	1.1	
50	0.300					
80	0.180		0.0	98.9	1.1	
100	0.150					
200	0.075		0.0	98.9	1.1	
pasa		42.0	1.1	100.0	0.0	

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

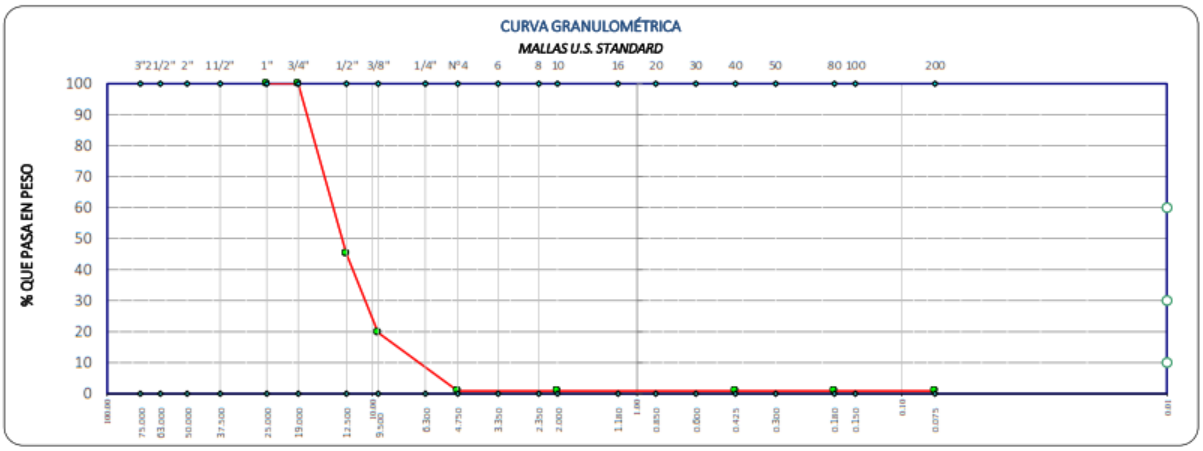
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-2	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
3"	75.000					Peso Inicial Seco (g)
2 1/2"	63.000					4140.0
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	2268	54.8	54.8	45.2	OBSERVACIONES
3/8"	9.500	1055	25.5	80.3	19.7	
1/4"	6.300					Granulometria separado por el Tamiz 1" hasta el Tamiz # 8
4	4.750	780	18.8	99.1	0.9	
8	2.350					
10	2.000		0.0	99.1	0.9	
16	1.180					
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425		0.0	99.1	0.9	
50	0.300					
80	0.180		0.0	99.1	0.9	
100	0.150					
200	0.075		0.0	99.1	0.9	
pasa		37.0	0.9	100.0	0.0	

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

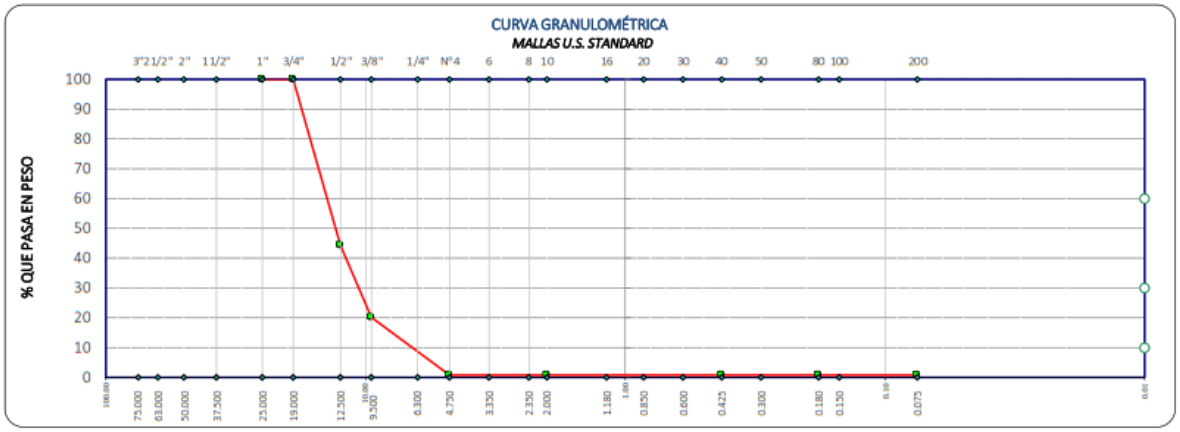
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LIA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-3	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
3"	75.000					Peso Inicial Seco (g)
2 1/2"	63.000					3904.5
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	2174	55.7	55.7	44.3	OBSERVACIONES
3/8"	9.500	943	24.2	79.8	20.2	
1/4"	6.300					Granulometria separado por el Tamiz 1" hasta el Tamiz # 8
4	4.750	757	19.4	99.2	0.8	
8	2.350					
10	2.000		0.0	99.2	0.8	
16	1.180					
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425		0.0	99.2	0.8	
50	0.300					
80	0.180		0.0	99.2	0.8	
100	0.150					
200	0.075		0.0	99.2	0.8	
pasa		29.9	0.8	100.0	0.0	

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

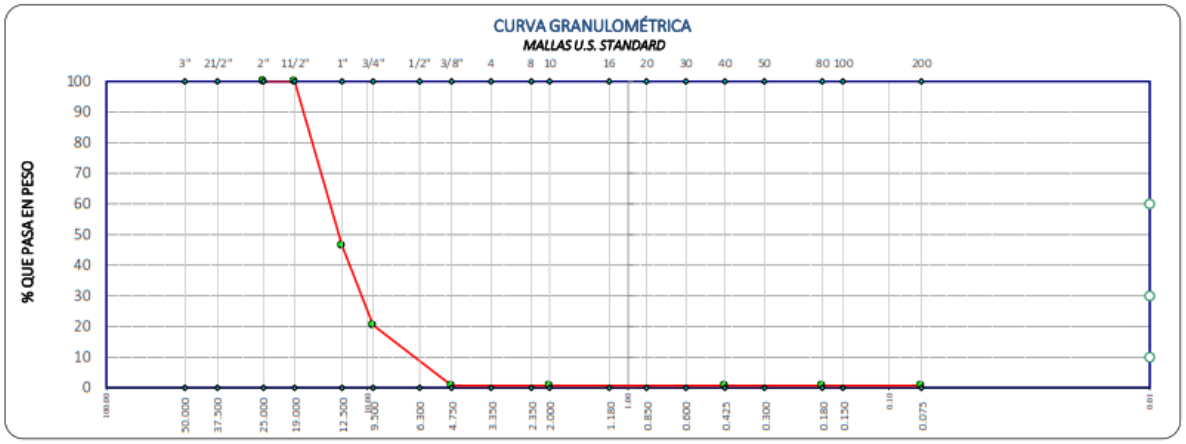
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-4	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
3"	75.000					Peso Inicial Seco (g)
2 1/2"	63.000					3717.0
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	1994	53.6	53.6	46.4	OBSERVACIONES
3/8"	9.500	964	25.9	79.6	20.4	
1/4"	6.300					Granulometria separado por el Tamiz 1" hasta el Tamiz # 8
4	4.750	732	19.7	99.3	0.7	
8	2.350					
10	2.000		0.0	99.3	0.7	
16	1.180					
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425		0.0	99.3	0.7	
50	0.300					
80	0.180		0.0	99.3	0.7	
100	0.150					
200	0.075		0.0	99.3	0.7	
pasa		26.8	0.7	100.0	0.0	

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

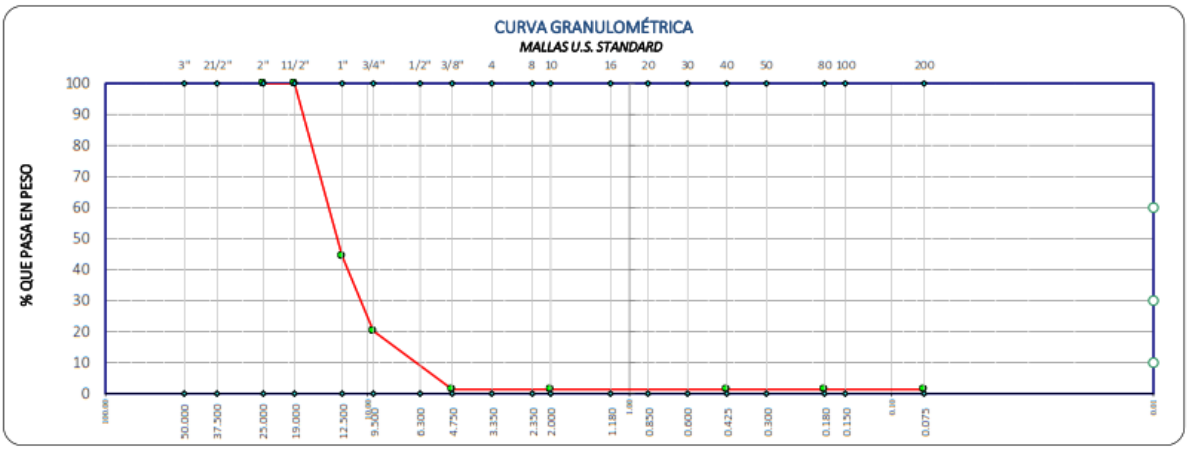
Laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO S.A.C. Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-5	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
3"	75.000					Peso Inicial Seco (g)
2 1/2"	63.000					3818.1
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	2126.1	55.7	55.7	44.3	OBSERVACIONES
3/8"	9.500	920.4	24.1	79.8	20.2	
1/4"	6.300					Granulometria separado por el Tamiz 1" hasta el Tamiz # 8
4	4.750	719.4	18.8	98.6	1.4	
8	2.350					
10	2.000		0.0	98.6	1.4	
16	1.180					
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425		0.0	98.6	1.4	
50	0.300					
80	0.180		0.0	98.6	1.4	
100	0.150					
200	0.075		0.0	98.6	1.4	
pasa		52.2	1.4	100.0	0.0	

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5451227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-003 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

RESUMEN

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclian	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
ENSAYO	Piedra Triturada	**FECHA**	7/07/2021

REGISTRO	CANTERA	FECHA	MUESTRA	ANÁLISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASA TAMIZ N°									DURABILIDAD	ABRASIÓN	ADHERENCIA	ÍNDICE DE DURABILIDAD	CHATAS Y ALARGADAS	CON UNA CARA FRACTURADA	CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS	SALES SOLUBLES	GRAVEDAD ESPECÍFICA ABSORCIÓN
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200									
CAEN-LLA71-003	TACLLAN	7-Jul	M-1	100.0	100.0	45.3	19.7	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	5.10	17%	> 95 %	79.0	5.0	94.60	81.14	0.07	0.63%
		7-Jul	M-2	100.0	100.0	45.2	19.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-3	100.0	100.0	44.3	20.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-4	100.0	100.0	46.4	20.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-5	100.0	100.0	44.3	20.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESUMEN ESTADÍSTICO	CANTIDAD			3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	1	1	1	-	1	1
	SUMA			300.0	300.0	134.8	59.6	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	5.1	0.2	0.0	79.0	5.0	94.6	-	0.1	0.0
	PROMEDIO			100.0	100.0	45.1	20.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.1	0.2	> 95 %	79.0	5.0	94.6	-	0.1	0.0
REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	GRADACIONES	MAC-1		100	80	67	60	43	29	14	8	4	≤ 18	≤ 40	> 95	≥ 35	≤ 10	≤ 85	≥ 50	≤ 0.5	1.0%
				100	100	85	77	54	45	25	17	8									
		MAC-2			100	80	70	51	38	17	8	4	≤ 15	≤ 35	> 95	≥ 35	≤ 10	≤ 90	≥ 70	≤ 0.5	1.0%
					100	100	88	68	52	28	17	8									
		MAC-3					100	65	43	16	9	5									
							100	87	61	29	19	10									

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO
(MTC E-209)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclla n	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

ANALISIS CUANTITATIVO
DEL AGREGADO GRUESO

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		GRADACIÓN	PERDIDA
Pasa	Retiene				PESO	%	ORIGINAL	CORREGIDA
2"	1 1/2"	2000 +/- 200						
1 1/2"	1"	1000 +/- 50						
1"	3/4"	500 +/- 30						
3/4"	1/2"	670 +/- 10	671	667	4.00	0.6	54.7	2.189
1/2"	3/8"	300 +/- 5	300	294	5.70	1.9	25.5	1.456
3/8"	N° 4	300 +/- 5	300	292	7.80	2.6	18.6	1.454
TOTALES								5.1

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	18 % Máx	5.1	CUMPLE
> 3.000 msnm	15 % Máx	5.1	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

OBSERVACIONES :

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

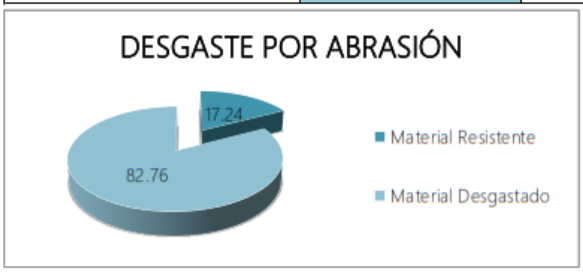
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO DE ABRASIÓN (DESGASTE LOS ÁNGELES)
(MTC E 207 - ASTM D 131)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

GRANULOMETRÍA SEGÚN TIPO DE GRADACIÓN

Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	GRADACIÓN A	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
1 1/2"	1"				
1"	3/4"	1251.0			
3/4"	1/2"	1251.0			
1/2"	3/8"	1252.0			
3/8"	1/4"	1251.0			
1/4"	No 4				
Nº 4	No 8				
Peso Total (g)		5005.0			
Retenido en la Malla Nº 12 (g)		4142.0			
Que pasa en la Malla Nº 12 (g)		863.0			
N° de Esferas		12			
Peso de las Esferas (g)		5000 ± 25			
Desgaste (%)		**17.2%**			



REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	40.0 % Máx.	17%	CUMPLE
> 3.000 msnm	35.0 % Máx.	17%	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

OBSERVACIONES : _____

_____

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO DE ADHERENCIA - REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO DE MEZCLAS AGREGADO - BITUMEN
(MTC E-517 / AASTHO T-182)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS

MUESTRA	1	2	3
CANTERA Tacllan	M-1	M-1	M-1
UBICACIÓN	Ancash	Ancash	Ancash
TIPO DE ASFALTO (GRADO DE PENETRACION)	85/100	85/100	85/100
RECUBRIMIENTO (%)	> 95 %	> 95 %	> 95 %
PORCENTAJE ESPECIFICADO	> 95 %	> 95 %	> 95 %
PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO	> 95 %	> 95 %	> 95 %

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	> 95	> 95 %	CUMPLE
> 3.000 msnm	> 95	> 95 %	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

INDICE DE DURABILIDAD
(MTC E-214)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

AGREGADO GRUESO

PROCEDENCIA Tacllan		**IDENTIFICACIÓN**				Promedio
REGISTRO M-1		1	2	3	4	**%**
Tamaño máximo (pasa malla Nº 200)	mm					
Hora de entrada a agitación		14:38	14:40	14:42		
Hora de salida de agitación (mas 10')		14:48	14:50	14:52		
Hora de entrada a decantación		14:49	14:51	14:53		
Hora de salida de decantación (mas 20')		15:09	15:11	15:13		
Altura de sedimentación	pulg	0.80	0.80	0.70		
Índice de durabilidad (De Tabla)	%	78.0	78.0	80.0		**79**

PROCEDENCIA Tacllan		**IDENTIFICACIÓN**				Promedio
REGISTRO M-2		1	2	3	4	**%**
Tamaño máximo (pasa malla Nº 200)	mm					
Hora de entrada a agitación		10:40	10:42	10:44		
Hora de salida de agitación (mas 10')		10:50	10:52	10:54		
Hora de entrada a decantación		10:51	10:53	10:55		
Hora de salida de decantación (mas 20')		11:11	11:13	11:15		
Altura de sedimentación	pulg	0.70	0.80	0.70		
Índice de durabilidad (De Tabla)	%	80.0	78.0	80.0		**79**

ÍNDICE DE DURABILIDAD (Según Tabla) **79**

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	35 % Min	79.0	CUMPLE
> 3.000 msnm	35 % Min	79.0	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS
(ASTM D-4791)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS

MATERIAL		Peso Retenido	Chatas	Alargadas	Chatas	Alargadas
Tamiz	Abertura (mm)	(g)	(g)	(g)	(%)	(%)
1"	25.000				3.8	1.2
3/4"	19.000					
1/2"	12.500	2101	61.0	15.0		
3/8"	9.500	981	55.0	23.0		
TOTAL		3082.0	116.0	38.0		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		**(%)**	**5.0**			

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	10 % Máx.	5.0	CUMPLE
> 3.000 msnm	10 % Máx.	5.0	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

Observaciones:

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(MTC E-210)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	(%)	C*D
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2101.0	1915	91.1	0.0	0.0
1/2"	3/8"	981.0	928	94.6	54.7	5175.8
TOTAL		3082.0	2843.0		54.7	5175.8
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA			(%)	TOTAL E =	94.6	

CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	(%)	C*D
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2101.0	1262	60.1	0.0	0.0
1/2"	3/8"	981.0	796	81.1	54.7	4439.5
TOTAL		3082.0	2058.0		54.7	4439.5
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS			(%)	TOTAL E =	81.1	

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN		RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	85	50	81.1	CUMPLE
> 3.000 msnm	90	70	81.1	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

Observaciones: _____

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

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

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclla n	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

AGREGADO GRUESO

MUESTRA **M-1**	**UNIDAD**	**IDENTIFICACIÓN**		
ENSAYO N°		**1**	**2**	**3**
(1) Peso muestra	(g)	100.5833	99.9689	101.2440
(2) Volumen aforo	(mL)	50.0140	49.8670	49.5813
(3) Volumen alicuota	(mL)	49.9467	49.7981	49.5111
(4) Peso masa cristalizada	(g)	0.0673	0.0689	0.0702
(5) % de sales (100/((3)x(1)/(4)x(2)))		**0.0670**	**0.0690**	**0.0694**
PROMEDIO DE SALES SOLUBLES TOTALES	**(%)**	**0.0685**		

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	0.5 % Máx.	0.068	CUMPLE
> 3.000 msnm	0.5 % Máx.	0.068	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

Observación _____

_____

_____

_____

_____

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-003
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Piedra Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material GRUESO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire)	(g)	3053	3006	3030	
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua)	(g)	1915	1886	1902	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B	(cm^3)	1138.0	1120.0	1128.0	
D	Peso material seco en estufa (105 ºC)	(g)	3034.0	2987.0	3011.0	
E	Volumen de masa = C- (A - D)	(cm^3)	1119.0	1101.0	1109	**PROMEDIO**
	Pe bulk (Base seca) = D/C		2.666	2.667	2.669	2.667
	Pe bulk (Base saturada) = A/C		2.683	2.684	2.686	2.684
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E		2.711	2.713	2.715	2.713
	% de Absorción = ((A - D) / D * 100)		0.626	0.636	0.631	**0.63%**

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	1.0%	0.63%	CUMPLE
> 3.000 msnm	1.0%	0.63%	CUMPLE

Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 2. Ensayos de agregado fino

Los ensayos estarán ordenados en el mismo orden que se visualiza en la lista.

1. Análisis granulométrico de arena natural
2. Análisis granulométrico de arena triturada
3. Ensayo de equivalente de arena-arena combinada
4. Ensayo de angularidad de agregado fino – arena combinada
5. Ensayo de azul metileno – arena combinada
6. Ensayo de índice de plasticidad (malla N.°40)-arena combinada
7. Ensayo de durabilidad (al sulfato de magnesio)-arena natural
8. Ensayo de durabilidad (al sulfato de magnesio)-arena triturada
9. Ensayo de índice de durabilidad-arena combinada
10. Ensayo de índice de plasticidad (malla N.°200)- arena combinada
11. Ensayo de sales solubles totales – arena combinada
12. Ensayo de porcentaje de absorción - arena combinada

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-001
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

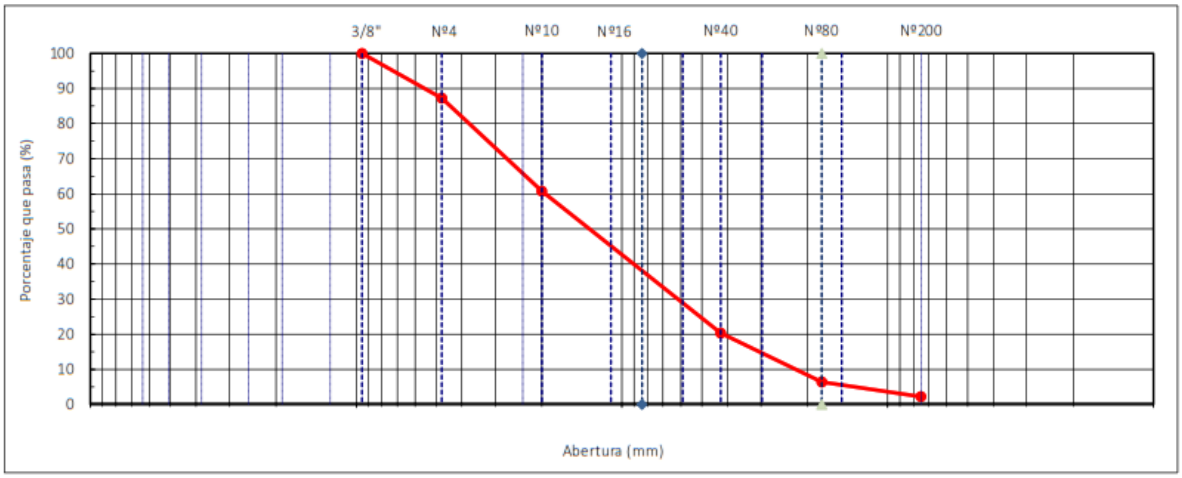
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Fina	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-1	**Tamaño Máximo**	3/8"	**Peso Inicial Seco**	926.9 (g)
				Peso Lavado Seco	906.4 (g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8"
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4''	6.350					
Nº 4	4.760	118.4	12.8	12.8	87.2	
Nº 8	2.360	197.7				
Nº 10	2.000	47.3	5.1	39.2	60.8	
Nº 16	1.100	139.4				
Nº 20	0.840	82.7				
Nº 30	0.590	80.9				
Nº 40	0.425	71.8	7.7	79.6	20.4	
Nº 50	0.297	66.2				
Nº 80	0.177	63.5	6.9	93.6	6.4	
Nº 100	0.149	13.3				
Nº 200	0.075	25.2	2.7	97.8	2.2	
< Nº 200	FONDO		2.2	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-001
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

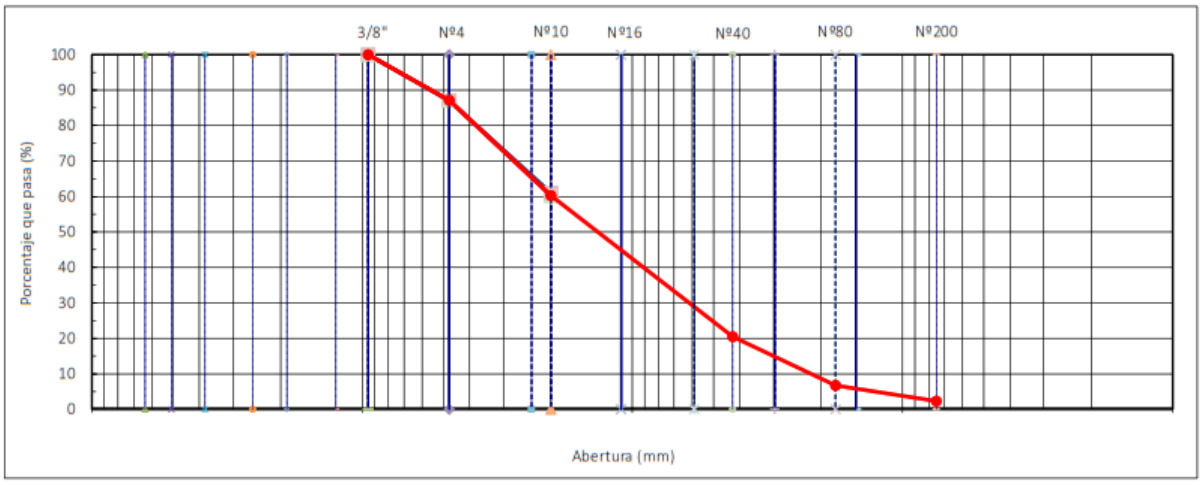
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclla n	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-2	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Fina	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-2	**Tamaño Máximo**	3/8"	**Peso Inicial Seco**	916.5 (g)
				Peso Lavado Seco	895.3 (g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8"
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4''	6.350					
Nº 4	4.760	117.8	12.9	12.9	87.1	
Nº 8	2.360	200.7				
Nº 10	2.000	46.0	5.0	39.8	60.2	
Nº 16	1.100	136.0				
Nº 20	0.840	80.5				
Nº 30	0.590	79.1				
Nº 40	0.425	68.7	7.5	79.5	20.5	
Nº 50	0.297	64.4				
Nº 80	0.177	62.1	6.8	93.3	6.7	
Nº 100	0.149	14.1				
Nº 200	0.075	25.9	2.8	97.7	2.3	
< Nº 200	FONDO		2.3	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-001
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

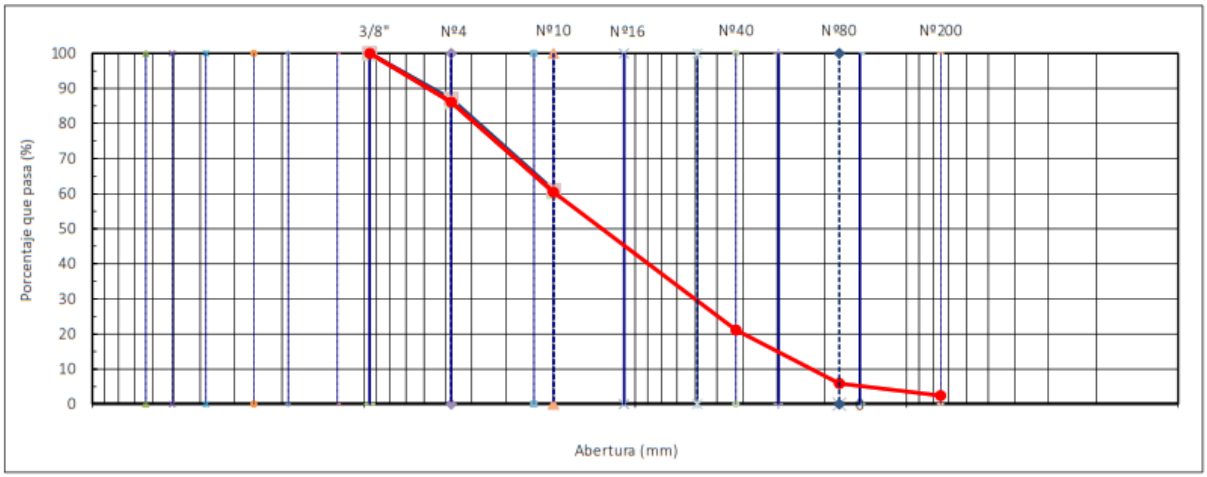
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclian	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-3	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Fina	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-3	**Tamaño Máximo**	3/8"	**Peso Inicial Seco**	876.9	(g)
				Peso Lavado Seco	855.6	(g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8"
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4''	6.350					
Nº 4	4.760	121.9	13.9	13.9	86.1	
Nº 8	2.360	168.2				
Nº 10	2.000	56.6	6.5	39.5	60.5	
Nº 16	1.100	112.2				
Nº 20	0.840	56.7				
Nº 30	0.590	64.9				
Nº 40	0.425	111.3	12.7	78.9	21.1	
Nº 50	0.297	52.5				
Nº 80	0.177	80.8	9.2	94.1	5.9	
Nº 100	0.149	16.9				
Nº 200	0.075	13.5	1.5	97.6	2.4	
< Nº 200	FONDO		2.4	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-001
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

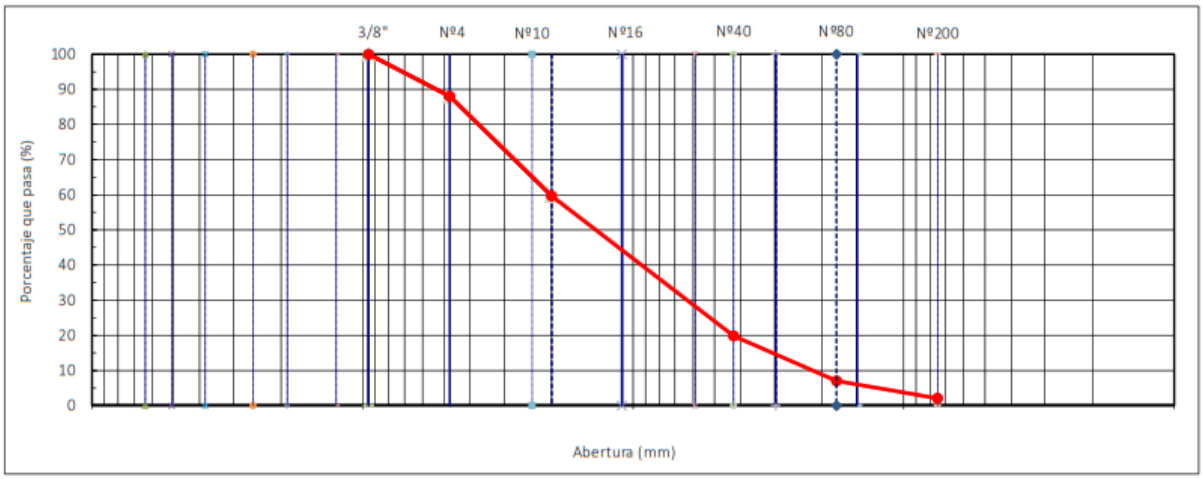
Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclian	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-4	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Fina	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA						
MUESTRA	M-4	**Tamaño Máximo**	3/8"	**Peso Inicial Seco**	941.9	(g)
				Peso Lavado Seco	922.3	(g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8"
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4''	6.350					
Nº 4	4.760	113.0	12.0	12.0	88.0	
Nº 8	2.360	202.8				
Nº 10	2.000	64.1	6.8	40.3	59.7	
Nº 16	1.100	111.8				
Nº 20	0.840	73.5				
Nº 30	0.590	62.7				
Nº 40	0.425	127.4	13.5	80.2	19.8	
Nº 50	0.297	59.9				
Nº 80	0.177	60.7	6.4	93.0	7.0	
Nº 100	0.149	16.8				
Nº 200	0.075	29.5	3.1	97.9	2.1	
< Nº 200	FONDO		2.1	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-001
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

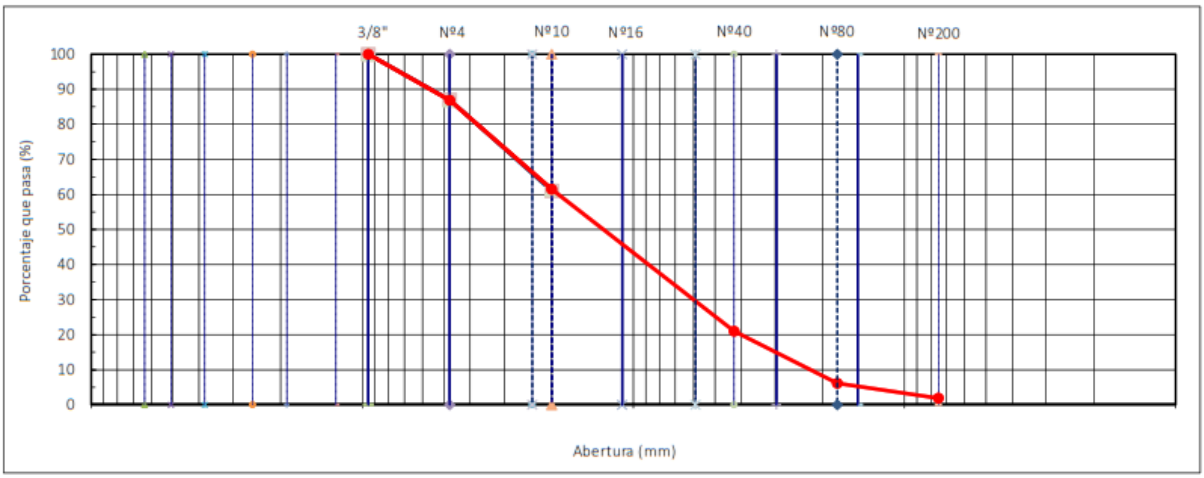
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-5	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Fina	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-5	**Tamaño Máximo**	3/8"	**Peso Inicial Seco**	958.8	(g)
				Peso Lavado Seco	940.8	(g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8"
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4''	6.350					
Nº 4	4.760	125.6	13.1	13.1	86.9	
Nº 8	2.360	190.2				
Nº 10	2.000	53.3	5.6	38.5	61.5	
Nº 16	1.100	102.0				
Nº 20	0.840	76.3				
Nº 30	0.590	58.8				
Nº 40	0.425	151.2	15.8	79.0	21.0	
Nº 50	0.297	59.4				
Nº 80	0.177	82.9	8.6	93.8	6.2	
Nº 100	0.149	18.8				
Nº 200	0.075	22.2	2.3	98.1	1.9	
< Nº 200	FONDO		1.9	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VIA HUMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-001 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

RESUMEN

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1, M-2, M-3, M-4, M-5	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Fina	**FECHA**	7/07/2021

REGISTRO	CANTERA	FECHA	Nº MUESTRA	ANÁLISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASA TAMIZ N°									EQUIVALENTE ARENA	ANGULARIDAD D	AZUL DE METILENO	LÍMITE MALLA N°40	DURABILIDAD	ÍNDICE DE DURABILIDAD	LÍMITE MALLA N°200	SALES SOLUBLES	GRAVEDAD ESPECÍFICA ABSORCIÓN
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200									
CAEN-LLA71-001	TACLLAN	7-Jul	M-1	100.0	100.0	100.0	100.0	87.2	60.8	20.4	6.4	2.2	-	-	-	-	2.8	-	-	-	-
		7-Jul	M-2	100.0	100.0	100.0	100.0	87.1	60.2	20.5	6.7	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-3	100.0	100.0	100.0	100.0	86.1	60.5	21.1	5.9	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-4	100.0	100.0	100.0	100.0	88.0	59.7	19.8	7.0	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-5	100.0	100.0	100.0	100.0	86.9	61.5	21.0	6.2	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	GRADACIONES	MAC-1		100	80	67	60	43	29	14	8	4	60	30	≤ 8	N.P.	-	≥ 35	≤ 4	≤ 0.5	≤ 0.5
				100	100	85	77	54	45	25	17	8									
		MAC-2			100	80	70	51	38	17	8	4									
					100	100	88	68	52	28	17	8									
		MAC-3					100	65	43	16	9	5	70	40	≤ 8	N.P.	≤ 18	≥ 35	N.P.	≤ 0.5	≤ 0.5
							100	87	61	29	19	10									

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-002
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

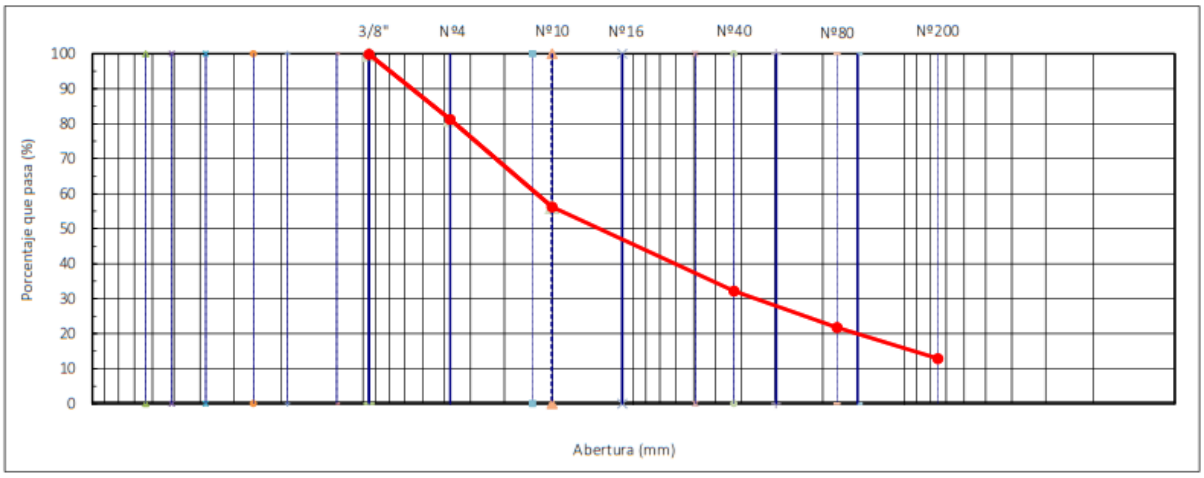
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-1	**Tamaño Máximo**	3/8''	**Peso Inicial Seco**	894.6 (g)
				Peso Lavado Seco	779.4 (g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8''
1/2"	12.500				100.00	
3/8"	9.500	1.5	0.2	0.2	99.8	
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760	166.5	18.6	18.8	81.2	
Nº 8	2.360	187.2				
Nº 10	2.000	36.6	4.1	43.8	56.2	
Nº 16	1.100	90.5				
Nº 20	0.840	45.7				
Nº 30	0.590	41.4				
Nº 40	0.425	37.3	4.2	67.8	32.2	
Nº 50	0.297	39.0				
Nº 80	0.177	54.5	6.1	78.3	21.7	
Nº 100	0.149	18.9				
Nº 200	0.075	60.3	6.7	87.1	12.9	
< Nº 200	FONDO		12.9	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-002
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

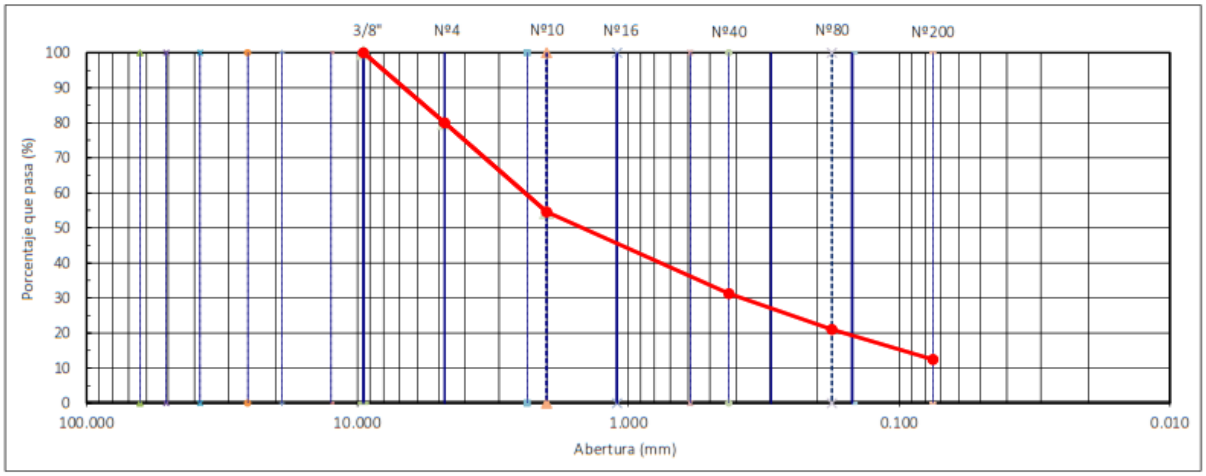
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-2	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-2	**Tamaño Máximo**	3/8''	**Peso Inicial Seco**	890.4 (g)
				Peso Lavado Seco	779.5 (g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8''
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760	177.8	20.0	20.0	80.0	
Nº 8	2.360	192.2				
Nº 10	2.000	34.7	3.9	45.5	54.5	
Nº 16	1.100	88.0				
Nº 20	0.840	43.7				
Nº 30	0.590	40.7				
Nº 40	0.425	34.8	3.9	68.7	31.3	
Nº 50	0.297	39.3				
Nº 80	0.177	51.8	5.8	79.0	21.0	
Nº 100	0.149	17.4				
Nº 200	0.075	59.1	6.6	87.5	12.5	
< Nº 200	FONDO		12.5	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-002
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

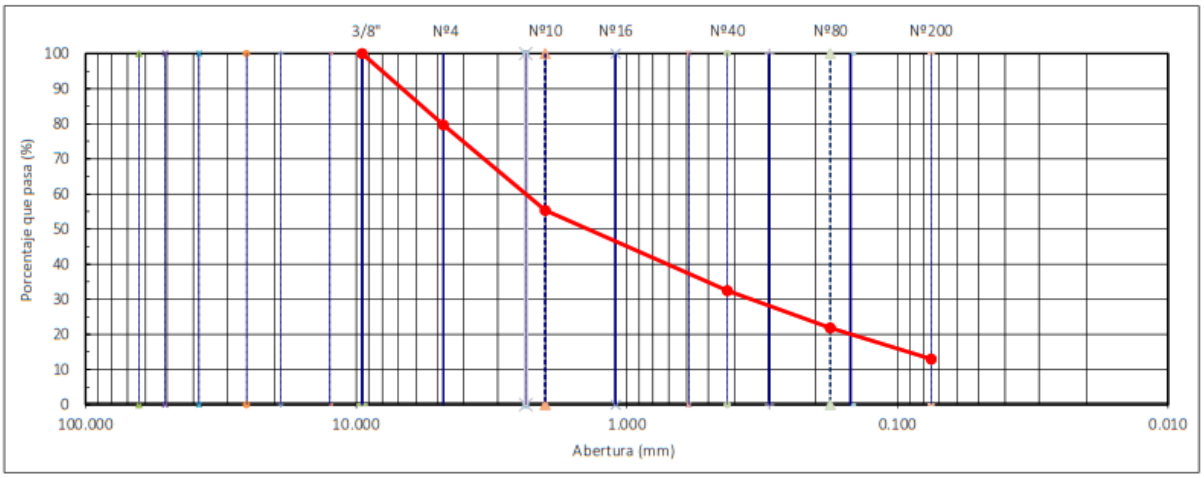
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-3	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-3	**Tamaño Máximo**	3/8''	**Peso Inicial Seco**	1,001.8 (g)
				Peso Lavado Seco	871.6 (g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8''
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760	203.4	20.3	20.3	79.7	
Nº 8	2.360	192.5				
Nº 10	2.000	51.2	5.1	44.6	55.4	
Nº 16	1.100	76.9				
Nº 20	0.840	39.7				
Nº 30	0.590	35.8				
Nº 40	0.425	76.7	7.7	67.5	32.5	
Nº 50	0.297	32.7				
Nº 80	0.177	73.8	7.4	78.1	21.9	
Nº 100	0.149	18.9				
Nº 200	0.075	70.0	7.0	87.0	13.0	
< Nº 200	FONDO		13.0	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-002
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

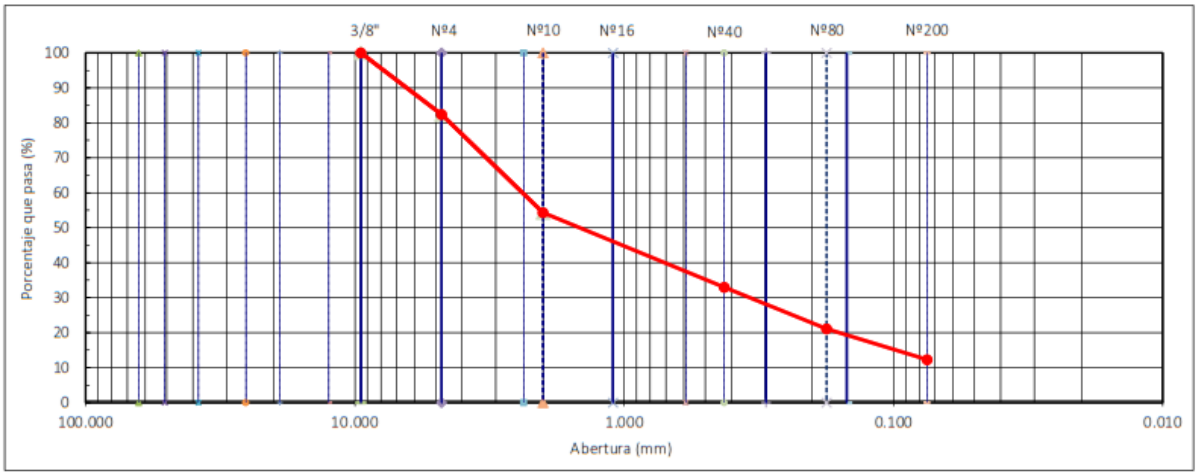
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-4	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-4	**Tamaño Máximo**	3/8''	**Peso Inicial Seco**	887.1	(g)
				Peso Lavado Seco	778.0	(g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8''
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760	156.1	17.6	17.6	82.4	
Nº 8	2.360	162.0				
Nº 10	2.000	87.3	9.8	45.7	54.3	
Nº 16	1.100	21.5				
Nº 20	0.840	34.9				
Nº 30	0.590	42.5				
Nº 40	0.425	90.1	10.2	67.0	33.0	
Nº 50	0.297	41.5				
Nº 80	0.177	64.1	7.2	78.9	21.1	
Nº 100	0.149	18.5				
Nº 200	0.075	59.5	6.7	87.7	12.3	
< Nº 200	FONDO		12.3	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-002
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

Análisis Mecánico por Tamizado
ASTM D-422

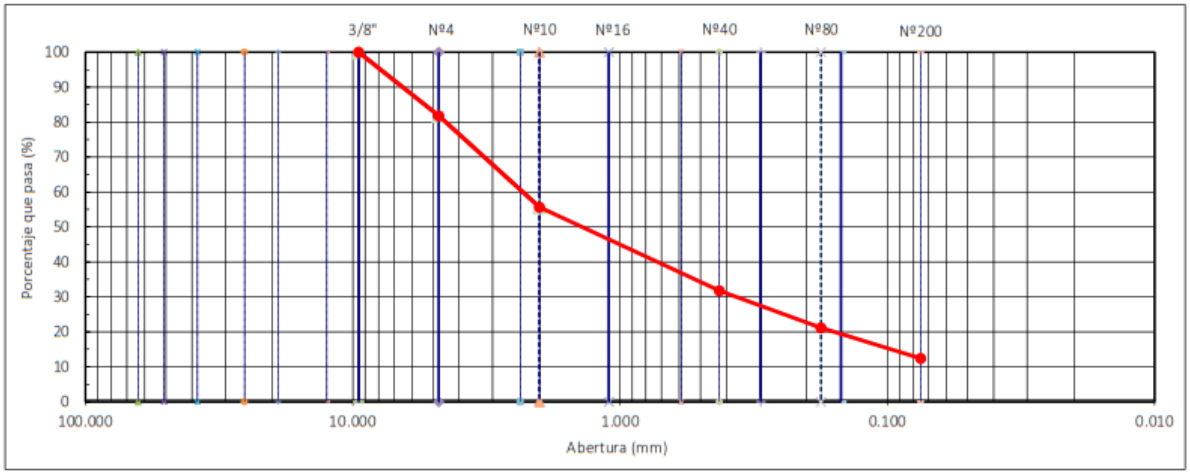
PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-5	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-5	**Tamaño Máximo**	3/8''	**Peso Inicial Seco**	930.2	(g)
				Peso Lavado Seco	814.9	(g)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	Datos de la Muestra
2 1/2"	63.500					Granulometria separado por el Tamiz
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					3/8''
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760	169.3	18.2	18.2	81.8	
Nº 8	2.360	168.9				
Nº 10	2.000	74.3	8.0	44.3	55.7	
Nº 16	1.100	63.2				
Nº 20	0.840	65.9				
Nº 30	0.590	57.4				
Nº 40	0.425	35.6	3.8	68.2	31.8	
Nº 50	0.297	46.8				
Nº 80	0.177	51.8	5.6	78.8	21.2	
Nº 100	0.149	16.5				
Nº 200	0.075	65.2	7.0	87.6	12.4	
< Nº 200	FONDO		12.4	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-002 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

RESUMEN

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1, M-2, M-3, M-4, M-5	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Triturada	**FECHA**	7/07/2021

REGISTRO	CANTERA	FECHA	MUESTRA	ANÁLISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASA TAMIZ N°									EQUIVALENTE ARENA	ANGULARIDAD	AZUL DE METILENO	LÍMITE MALLA N°40	DURABILIDAD	ÍNDICE DE DURABILIDAD	LÍMITE MALLA N°200	SALES SOLUBLES	GRAVEDAD ESPECÍFICA ABSORCIÓN
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200									
CAEN-LLA71-002	TACLLAN	7-Jul	M-1	100.0	100.0	100.0	99.8	81.2	56.2	32.2	21.7	12.9	-	-	-	-	2.1	-	-	-	-
		7-Jul	M-2	100.0	100.0	100.0	100.0	80.0	54.5	31.3	21.0	12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-3	100.0	100.0	100.0	100.0	79.7	55.4	32.5	21.9	13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-4	100.0	100.0	100.0	100.0	82.4	54.3	33.0	21.1	12.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7-Jul	M-5	100.0	100.0	100.0	100.0	81.8	55.7	31.8	21.2	12.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	GRADACIONES	MAC-1	100	80	67	60	43	29	14	8	4	60	30	≤ 8	N.P.	-	≥ 35	≤ 4	≤ 0.5	≤ 0.5
			100	100	85	77	54	45	25	17	8									
		MAC-2		100	80	70	51	38	17	8	4									
				100	100	88	68	52	28	17	8									
		MAC-3				100	65	43	16	9	5	70	40	≤ 8	N.P.	≤ 18	≥ 35	N.P.	≤ 0.5	≤ 0.5
						100	87	61	29	19	10									

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

EQUIVALENTE DE ARENA
(MTC E-114)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	13/07/2021

MUESTRA	Unidad	IDENTIFICACIÓN		
		1	2	3
Hora de Entrada a Saturación	(hh:mm)	17:00	17:02	17:04
Hora de Salida de Saturación (más 10')	(hh:mm)	17:10	17:12	17:14
Hora de Entrada a Decantación	(hh:mm)	17:12	17:14	17:16
Hora de Salida de Decantación (más 20')	(hh:mm)	17:32	17:34	17:36
Altura Máxima de Material Fino	mm	111.00	112.00	112.00
Altura Máxima de la Arena	mm	79.00	79.00	80.00
Equivalente de Arena	%	72	71	72
Equivalente de Arena Promedio	**%**	71.7		
Resultado Equivalente de Arena	**%**	**72**		

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	60 % Min.	72.0	CUMPLE
> 3.000 msnm	70 % Min.	72.0	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

Observaciones:

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO
(MTC E-222)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	13/07/2021

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO
(MTC E-203)

N°	Ensayo	Unidad	1	2	3	4	Promedio
1	Peso Material + Molde	(g)	326	326.3	326.2	326.3	
2	Peso del Molde	(g)	172.37	172.37	172.37	172.37	
3	Peso Neto del Material	(g)	153.63	153.93	153.83	153.93	
4	Volumen del Molde	(cc)	99.46	99.46	99.46	99.46	
5	Peso Unitario	(g/cc)	1.545	1.548	1.547	1.548	**1.547**

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
Agregado Fino (MTC E-205)

N°	Ensayo	Unidad	1	2	3		Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire)	(g)	300.0	300.0			
B	Peso Frasco + Agua		669.3	700.9			
C	Peso Frasco + Agua + A	(g)	969.3	1000.9			
D	Peso del Mat. + Agua en el Frasco	(g)	856.1	886.6			
E	Vol de masa + Vol de vacío = C-D	(g)	113.2	114.3			
F	Pe. de Mat. Seco en Estufa (105ºC)	(g)	296.5	296.7			
G	Vol de Masa = E - (A - F)	(g)	109.7	111.0			
	Pe Bulk (Base Seca) = F/E		2.619	2.596			2.608
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/E		2.650	2.625			2.637
	Pe Aparente (Base Seca) = F/G		2.703	2.673			2.688
	% de Absorción = ((A - F)/F)*100		1.180	1.112			1.15

ANGULARIDAD DE LA ARENA
(MTC E-222)

N°	Ensayo		1	2	3		Promedio
1	Peso Específico Seco (Gsb)		2.608	2.608	2.608		
2	Volumen de Molde (V)		99.46	99.46	99.46		
3	Peso de Material en el Molde (w)		153.63	153.93	153.83		
4	Angularidad de Agregado Fino	(%)	40.8	40.6	40.7		**40.7**

FÓRMULA : ANGULARIDAD = (V-(W/Gsb)/V)*100 **40.7**

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	30 % Min.	40.7	CUMPLE
> 3.000 msnm	40 % Min.	40.7	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO DE AZUL DE METILENO
(AASHTO TP-57)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	14/07/2021

ENSAYO DE AZUL DE METILENO

Peso de la muestra pasante por el tamiz Nº 200 (g) 10.03

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Reacción	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Dosis (mL) 10.00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Reacción	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tiempo (minutos) 2

Cálculos y Resultados			
A. Material	(g)	-	10.03
B. Titulación	N°	-	1.00
C. Volumen	(mL)	-	10.00
D. Concentración de Azul de Metileno	(g/mL)	-	5.00
E. Valor de Azul de Metileno	(mg/g)	$\frac{(DxC)}{A}$	4.99

INV E – 235 – 07: Valor de Azul de Metileno y el comportamiento esperado de la mezcla asfáltica

Azul de Metileno (mg/g)	Desempeño Esperado
≤ 6	Excelente
7 - 12	Relativamente aceptable
13 - 19	Posible falla
≥ 20	Fallado

(mg de Azul por gramo de material seco que pasa el tamiz Nº 200)

VA (valor de Azul de Metileno) **4.99** mg/g

El valor obtenido es: **Excelente**

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	8 % Máx	5.0	CUMPLE
> 3.000 msnm	8 % Máx	5.0	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

Observaciones:

Ensayo realizado con material Pasante de la Malla Nº 200

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

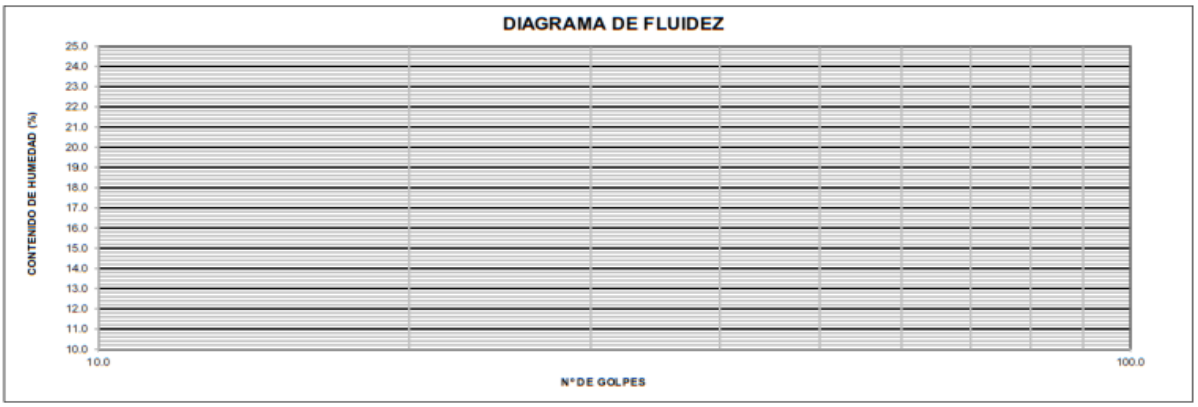
LÍMITES DE ATTERBERG
(MTC E-110 Y E-111)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	13/07/2021

LÍMITE LÍQUIDO - Tamiz N°40				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA		N.T.		
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

LÍMITE PLÁSTICO - Tamiz N°40				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA		N.P.		
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.

OBSERVACIONES

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	N.P.	N.P.	CUMPLE
> 3.000 msnm	N.P.	N.P.	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-001
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO
(MTC E-209)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Fina	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

AGREGADO FINO

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		GRADACIÓN	PERDIDA
Pasa	Retiene				PESO	%	ORIGINAL	CORREGIDA
3/8"	N° 4	100	100.0	95.0	5.00	5.00	12.77	0.639
N° 4	N° 10	100	100.0	96.7	3.30	3.30	21.33	0.704
N° 10	N° 40	100	100.0	95.0	5.00	5.00	15.04	0.752
N° 40	N° 80	100	100.0	96.1	3.90	3.90	8.73	0.340
N° 80	N° 200	100	100.0	95.0	5.00	5.00	7.14	0.357
< N° 200								
TOTALES			500.0	477.8				2.8

OBSERVACIONES

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-002
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO
(MTC E-209)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Triturada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	7/07/2021

AGREGADO FINO

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		GRADACIÓN	PERDIDA
Pasa	Retiene				PESO	%	ORIGINAL	CORREGIDA
3/8"	N° 4	100	100.0	96.0	4.00	4.00	18.61	0.744
N° 4	N° 10	100	100.0	92.7	7.30	4.00	4.09	0.164
N° 10	N° 40	100	100.0	93.1	6.90	6.30	4.17	0.263
N° 40	N° 80	100	100.0	93.7	6.30	6.30	6.09	0.384
N° 80	N° 200	100	100.0	91.5	8.50	8.50	6.74	0.573
< N° 200								
TOTALES			500.0	467.0				2.1

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	-	-	-
> 3.000 msnm	18 % Máx	2.1	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

OBSERVACIONES

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

INDICE DE DURABILIDAD
(MTC E-214)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	13/07/2021

AGREGADO FINO

CANTERA	**Tacllan**	**Medidas**	**IDENTIFICACIÓN**				**Promedio**
REGISTRO	**R-001**	**UND**	**1**	**2**	**3**	**4**	**%**
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)		mm					
Hora de Entrada a Saturación			05:52	05:54	05:56		
Hora de Salida de Saturación (mas 10')			06:02	06:04	06:06		
Hora de Entrada a Decantación			06:03	06:05	06:07		
Hora de Salida de Decantación (mas 20')			06:23	06:25	06:27		
Altura Máxima de Material Fino		mm	98.00	96.00	97.00		
Altura Máxima de la Arena		mm	79.42	79.97	79.75		
Indice de Durabilidad		%	**81.0**	**83.3**	**82.2**		**82**

CANTERA	**Tacllan**	**Medidas**	**IDENTIFICACIÓN**				**Promedio**
REGISTRO	**R-002**	**UND**	**1**	**2**	**3**	**4**	**%**
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)		mm					
Hora de Entrada a Saturación			11:10	11:12	11:14		
Hora de Salida de Saturación (mas 10')			11:20	11:22	11:24		
Hora de Entrada a Decantación			11:21	11:23	11:25		
Hora de Salida de Decantación (mas 20')			11:41	11:43	11:45		
Altura Máxima de Material Fino		mm	98.00	98.00	97.00		
Altura Máxima de la Arena		mm	80.14	79.27	79.16		
Indice de Durabilidad		%	**81.8**	**80.9**	**81.6**		**81**

ÍNDICE DE DURABILIDAD **82**

REQUERIMIENTOS ALTITUD	**ESPECIFICACIÓN**	**RESULTADOS**	**EVALUACIÓN**
≤ 3.000 msnm	35 % Min.	81.8	CUMPLE
> 3.000 msnm	35 % Min.	81.8	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

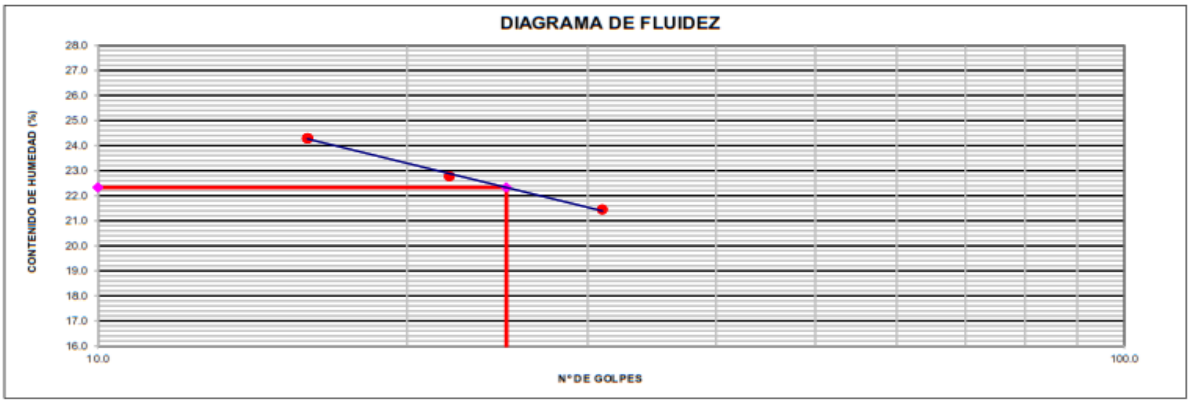
LÍMITES DE ATTERBERG
(MTC E-110 Y E-111)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	13/07/2021

LÍMITE LÍQUIDO - Tamiz N°200				
Nº TARRO	**67**	**5**	**4**	
TARRO + SUELO HÚMEDO	39.13	42.71	41.11	
TARRO + SUELO SECO	35.30	38.80	37.06	
AGUA	3.83	3.91	4.05	
PESO DEL TARRO	**17.44**	**21.63**	**20.39**	
PESO DEL SUELO SECO	17.86	17.17	16.67	
% DE HUMEDAD	21.44	22.77	24.30	
Nº DE GOLPES	31	22	16	

LÍMITE PLÁSTICO - Tamiz N°200				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

N.P.



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	22
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.

OBSERVACIONES

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	4.0 % Máx.	N.P.	CUMPLE
> 3.000 msnm	N.P.	N.P.	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES
(MTC E 219)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	13/07/2021

AGREGADO FINO

MUESTRA	**UNIDAD**	**IDENTIFICACIÓN**		
ENSAYO N°		**1**	**2**	**3**
(1) Peso muestra	(g)	102.0500	101.1803	101.2560
(2) Volumen aforo	(mL)	49.7000	49.5310	49.6358
(3) Volumen alicuota	(mL)	49.6190	49.4513	49.5545
(4) Peso masa cristalizada	(g)	0.0810	0.0797	0.0813
(5) % de sales (100/((3)x(1)/(4)x(2)))		0.0795	0.0789	0.0804
PROMEDIO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)				0.0796

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	0.5 % Máx.	0.0796	CUMPLE
> 3.000 msnm	0.5 % Máx.	0.0796	CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

OBSERVACIÓN: _____

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-004
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(MTC 2 205 - AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Arena Combinada	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material FINO de PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	**FECHA**	14/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (A	(g)	300.0	300.0	
B	Peso frasco + agua	(g)	669.3	700.9	
C	Peso frasco + agua + A	(g)	969.3	1000.9	
D	Peso del material + agua en el frasco	(g)	857.9	888.5	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D	(cm^3)	111.4	112.4	
F	Peso de material seco en estufa (105ºC)	(g)	298.1	298.0	
G	Volumen de masa = E - (A - F)	(cm^3)	109.5	110.4	**PROMEDIO**
	Pe bulk (Base seca) = F/E		2.676	2.651	2.664
	Pe bulk (Base saturada) = A/E		2.693	2.669	2.681
	Pe aparente (Base seca) = F/G		2.722	2.699	2.711
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	(%)	0.637	0.671	**0.65%**

REQUERIMIENTOS ALTITUD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	EVALUACIÓN
≤ 3.000 msnm	0.5 % Máx.	0.65	NO CUMPLE
> 3.000 msnm	0.5 % Máx.	0.65	NO CUMPLE

Tabla 423-02 Requerimientos para los agregados finos (EG-2013)

OBSERVACIONES: _____

_____

_____

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 3. Gradación para la mezcla asfáltica en caliente (MAC)

La gradación de mezcla asfáltica en caliente es MAC-2

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 543-1227 / 989192897 / 989192807	REGISTRO CAEN-LLC01-001
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020	AREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

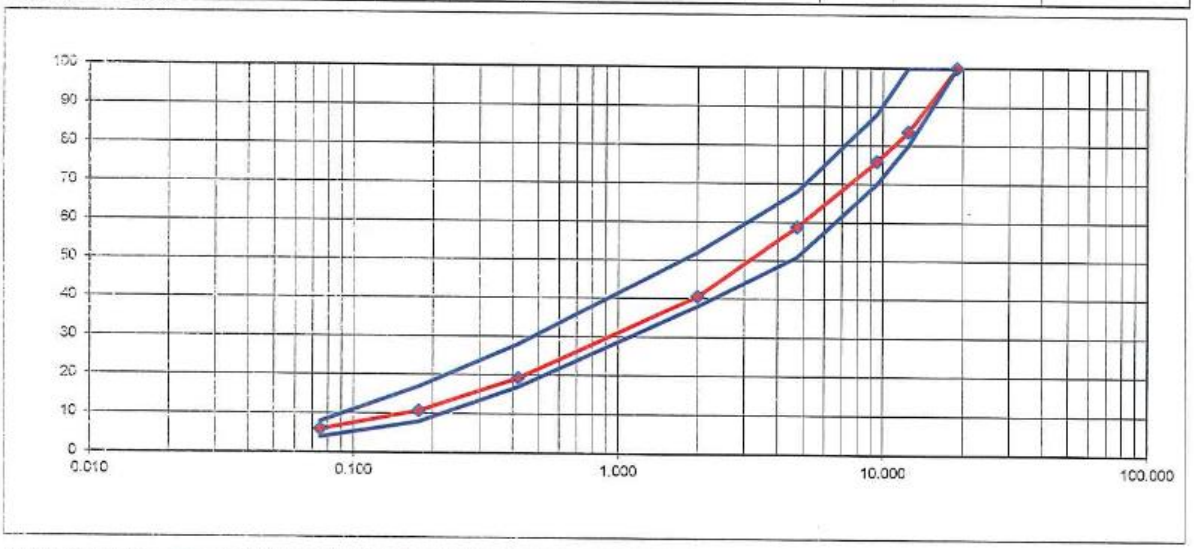
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
UBICACIÓN	Ancash	CLIENTE	R.R.M.C.
CANTERA	Taclian	FECHA	13/07/2021

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M-1	TAMAÑO MAXIMO	3/4"
PROCEDENCIA	Taclian	Peso inicial seco	10,012 g
REGISTRO N°	1	Peso fino	850 g

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACIÓN MAC-2	RESUMEN
2 1/2"	63.000							
2"	50.800				100.0	100.0		
1 1/2"	38.100				100.0	100.0		
1"	25.400				100.0	100.0		Arena Natural 30 %
3/4"	19.050				100.0	100.0	100	
1/2"	12.500				83.6	83.6	90 100	
3/8"	9.500				75.9	75.9		Arena Triturada 40 %
1/4"	6.350				100.0	100.0		
Nº 4	4.750				58.9	58.9	44 74	
Nº 8	2.360				45.9	45.9	28 58	Piedra Triturada 30 %
Nº 10	2.000				40.6	40.6		
Nº 16	1.190				34.7	34.7		
Nº 20	0.840				29.6	29.6		
Nº 30	0.600				25.3	25.3		
Nº 40	0.420				19.3	19.3		
Nº 50	0.300				15.5	15.5	5 21	
Nº 80	0.177				10.8	10.8		
Nº 100	0.150				9.5	9.5		
Nº 200	0.075				6.0	6.0	2 10	
< Nº 200	FONDO				0.0			



RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

AE-F-021

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 4. Diseño de ensayo Marshall

1. Diseño de ensayo Marshall – con C.A. Convencional
2. Diseño de ensayo Marshall – con C.A. Modificado con 15%GC
3. Diseño de ensayo Marshall – con C.A. Modificado con 20%GC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
(ASTM D-1559 / AASHTO T-245-94)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	-	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	7/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	28.35
B	ARENA COMBINADA	70.00	66.15
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100.0	100.0	100.0	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6.0
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**5.50**	5.50	5.50		5.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.35	28.35	28.35		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	66.15	66.15	66.15		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1200.5	1206.0	1206.2		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1201.0	1206.5	1206.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	688.3	689.7	689.4		
16	Volumen de la Probeta	cc	512.7	516.8	517.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cc	2.342	2.334	2.331		2.335
18	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cc	**2.535**	2.535	2.535		2.535
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.466	2.466	2.466		
20	% de Vacios	%	7.64	7.95	8.06		7.886
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.03	82.75	82.65		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9.33	9.29	9.28		
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	16.97	17.25	17.35		17.19
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	5.19	5.19	5.19		
29	Relación Betun Vacios	%	54.97	53.89	53.52		54.13
30	Lectura del Aro.	kg	408	410	405		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1172	1179	1163		
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
33	Estabilidad Corregida	kg	1172	1179	1163		1171
34	Lectura del Fleximetro (0.001")	pulg	9	10	10		
35	Fluencia	mm	2.29	2.54	2.54		2.46
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	5129	4641	4578		4771

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	-	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	7/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.00**	6.00	6.00		6.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.20	28.20	28.20		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.80	65.80	65.80		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1201.9	1215.2	1206.8		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1205.2	1218.6	1210.2		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	702.4	710.1	704.0		
16	Volumen de la Probeta	cc	502.8	508.5	506.2		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.390	2.390	2.384		2.388
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.529**	2.529	2.529		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.448	2.448	2.448		
20	% de Vacíos	%	5.49	5.52	5.75		5.59
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.32	84.30	84.09		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.19	10.18	10.16		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	15.68	15.70	15.91		15.76
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	5.69	5.69	5.69		
29	Relación Betun Vacíos	%	64.96	64.85	63.87		64.56
30	Lectura del Aro.	kg	410	418	400		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1179	1205	1147		
32	Factor de Estabilidad		1.04	1.00	1.04		
33	Estabilidad Corregida	kg	1226	1205	1193		1208
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	12	11	12		
35	Fluencia	mm	3.05	2.79	3.05		2.96
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	4022	4312	3913		4076

OBSERVACIONES : _____

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	-	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	7/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.50**	6.50	6.50		6.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.05	28.05	28.05		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.45	65.45	65.45		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1209.7	1205.5	1211.4		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1210.0	1206.0	1211.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	706.2	703.8	709.1		
16	Volumen de la Probeta	cc	503.8	502.2	502.6		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.401	2.400	2.410		2.404
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.500**	2.500	2.500		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.430	2.430	2.430		
20	% de Vacios	%	3.94	3.97	3.58		3.8
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.25	84.22	84.57		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.81	11.81	11.86		
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	15.75	15.78	15.43		15.66
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	6.19	6.19	6.19		
29	Relación Betun Vacios	%	74.98	74.84	76.82		75.55
30	Lectura del Aro.	kg	432	427	420		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1250	1234	1211		
32	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04		
33	Estabilidad Corregida	kg	1300	1283	1260		1281
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	13	13	14		
35	Fluencia	mm	3.30	3.30	3.56		3.39
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3937	3886	3542		3782

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	-	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	7/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**7.00**	7.00	7.00		7.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.90	27.90	27.90		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.10	65.10	65.10		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1206.9	1207.1	1209.2		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1207.2	1207.3	1209.5		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	701.1	702.2	703.4		
16	Volumen de la Probeta	cc	506.1	505.1	506.1		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.385	2.390	2.389		2.388
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.485**	2.485	2.485		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.412	2.412	2.412		
20	% de Vacíos	%	4.05	3.85	3.87		3.9
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.22	83.40	83.38		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.72	12.75	12.75		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	16.78	16.60	16.62		16.67
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	6.69	6.69	6.69		
29	Relación Betun Vacíos	%	75.84	76.82	76.71		76.46
30	Lectura del Aro.	kg	400	420	410		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1147	1211	1179		
32	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04		
33	Estabilidad Corregida	kg	1193	1260	1226		1226
34	Lectura del Fleximetro (0.001")	pulg	15	15	15		
35	Fluencia	mm	3.81	3.81	3.81		3.81
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3130	3306	3218		3218

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	-	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	7/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**7.50**	7.50	7.50		7.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.75	27.75	27.75		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	64.75	64.75	64.75		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1209.1	1206.1	1207.5		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1209.2	1206.3	1207.6		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	691.3	689.9	687.1		
16	Volumen de la Probeta	cc	517.9	516.4	520.5		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.335	2.336	2.320		2.330
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.476**	2.476	2.476		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.395	2.395	2.395		
20	% de Vacíos	%	5.72	5.68	6.31		5.9
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.04	81.07	80.52		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.25	13.25	13.17		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	18.96	18.93	19.48		19.12
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	7.19	7.19	7.19		
29	Relación Betun Vacíos	%	69.86	70.02	67.60		69.16
30	Lectura del Aro.	kg	380	388	410		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1083	1109	1179		
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
33	Estabilidad Corregida	kg	1083	1109	1179		1124
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	17	18	18		
35	Fluencia	mm	4.32	4.57	4.57		4.49
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2508	2425	2578		2504

OBSERVACIONES :

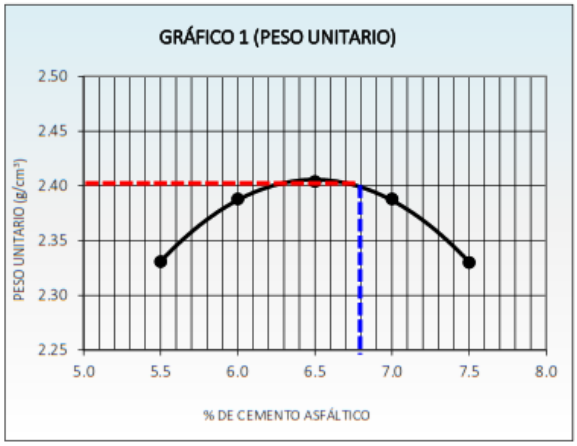
LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

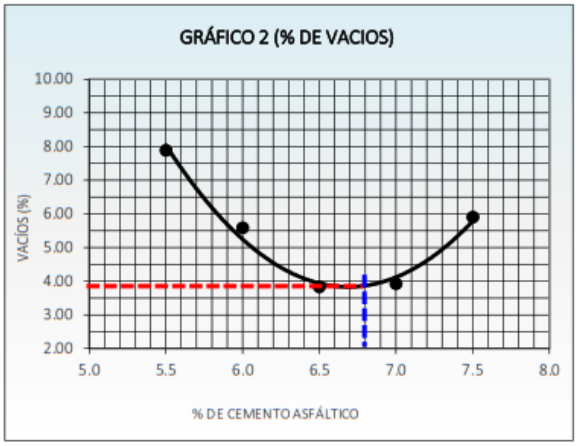
ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

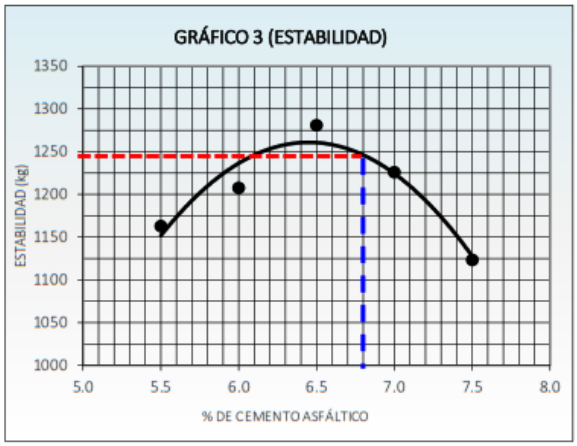
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

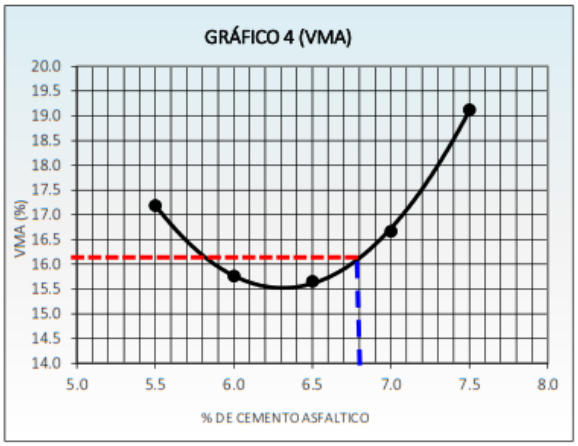
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

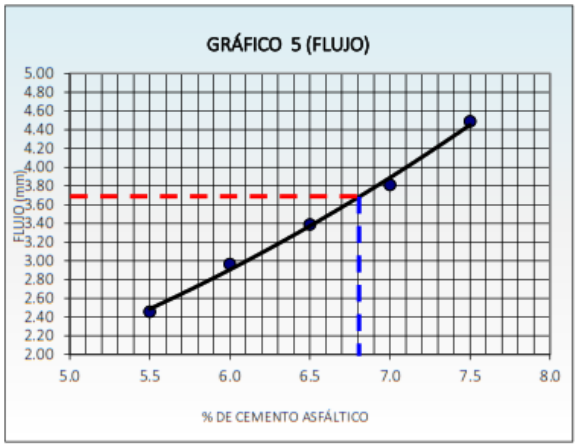
CURVAS MARSHALL

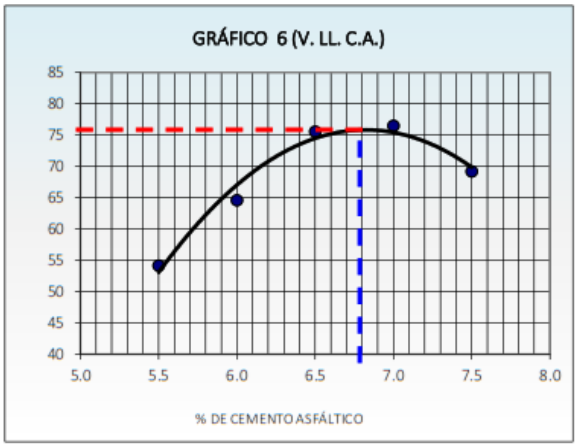












RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

CURVAS MARSHALL

PARÁMETROS DEL DISEÑO

N° DE GOLPES	75	75	75	75	75
% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.0**	**7.5**
PESO UNITARIO (kg/m^3)	2.331	2.388	2.404	2.388	2.330
ESTABILIDAD (kg)	1163	1208	1281	1226	1124
FLUJO (mm)	2.46	2.96	3.39	3.81	4.49
VACIOS (%)	7.89	5.59	3.83	3.92	5.90
V. M. A. (%)	17.19	15.76	15.66	16.67	19.12
V.LL.C.A. (%)	54	65	76	76	69

CARATERÍSTICAS DE MEZCLA ASFÁLTICA

PARÁMETRO	UNIDAD	MARSHALL	ESPECIFICACIÓN	
CEMENTO ASFÁLTICO ASUMIDO	(%)	**6.8**	-	
PESO UNITARIO	(kg/m^3)	**2.400**	-	
ESTABILIDAD	(kgs)	**1248**	-	
FLUJO	(mm)	**3.65**	2.00	4.00
VACIOS	(%)	**3.95**	3.00	5.00
V. M. A.	(%)	**16.10**	14.00	
V.LL.C.A.	(%)	**75.10**	-	
ESTABILIDAD / FLUJO	(kg/cm)	**3,419**	1,700	4,000

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclla n	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	-	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	7/07/2021

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADOS	ESP. EG-2013		
CEMENTO ASFÁLTICO ASUMIDO	(%)	**6.8**	-		
PESO UNITARIO	(kg/m^3)	**2.400**	-		
ESTABILIDAD	(kgs)	**1248**	8.15 KN / 831.07 kg		
FLUJO	(mm)	**3.65**	2	-	4
VACÍOS	(%)	**3.95**	3	-	5
V. M. A.	(%)	**16.10**	14 Min.		
ESTABILIDAD / FLUJO	(kg/cm)	**3,419**	1,700	-	4,000

PROPORCIÓN DE AGREGADOS

PIEDRA TRITURADA 3/4	**30 %**	(%)
ARENA CHANCADA	**40 %**	(%)
ARENA NATURAL	**30 %**	(%)
CAL HIDRATADA	**0 %**	(%)
CEMENTO ASFÁLTICO	**85/100**	-

TEMPERATURAS

TEMPERATURA DE AGREGADOS	**150**	ºC
TEMPERATURA DE CEMENTO ASFÁLTICO	**145**	ºC
TEMPERATURA DE MEZCLA ASFÁLTICA	**148**	ºC
TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN	**145**	ºC

OBSERVACIÓN _____

_____

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-005
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
(ASTM D-1559 / AASHTO T-245-94)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	-	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Verificación de Diseño	**FECHA**	07/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	27.96
B	ARENA COMBINADA	70.00	65.24
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	5	6	7		Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.80**	6.80	6.80		6.80
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.96	27.96	27.96		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.24	65.24	65.24		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1202.1	1204.6	1203.7		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1202.4	1205.0	1204.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	700.2	702.5	701.3		
16	Volumen de la Probeta	cc	502.2	502.5	503.6		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.394	2.397	2.390		2.394
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.494**	2.494	2.494		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.419	2.419	2.419		
20	% de Vacíos	%	4.02	3.88	4.16		4.02
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.71	83.84	83.59		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.26	12.28	12.25		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	16.29	16.16	16.41		16.29
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	6.49	6.49	6.49		
29	Relación Betun Vacíos	%	75.30	75.99	74.63		75.31
30	Lectura del Aro.	kg	401	406	415		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1150	1166	1195		
32	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04		
33	Estabilidad Corregida	kg	1196	1213	1243		1217
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	**14**	**13**	**13**		
35	Fluencia	mm	3.56	3.30	3.30		3.39
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3363	3673	3764		3594

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-006
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
(ASTM D-1559 / AASHTO T-245-94)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	28.35
B	ARENA COMBINADA	70.00	66.15
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100.0	100.0	100.0	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6.0
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**5.50**	5.50	5.50		5.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.35	28.35	28.35		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	66.15	66.15	66.15		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1205.6	1208.0	1204.4		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1207.3	1210.1	1207.4		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	676.9	674.2	677.8		
16	Volumen de la Probeta	cc	530.4	535.9	529.6		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.273	2.254	2.274		2.267
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.475**	2.475	2.475		2.475
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.466	2.466	2.466		
20	% de Vacios	%	8.16	8.92	8.12		8.401
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Volumen del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	80.60	79.93	80.64		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.23	11.14	11.24		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	19.40	20.07	19.36		19.61
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	5.19	5.19	5.19		
29	Relación Betun Vacios	%	57.92	55.52	58.07		57.17
30	Lectura del Aro.	kg	543	567	554		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1621	1704	1659		
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.93	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1557	1585	1593		1578
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	9	10	10		
35	Fluencia	mm	2.29	2.54	2.54		2.46
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	6809	6241	6272		6428

OBSERVACIONES : _____

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-006 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.00**	6.00	6.00		6.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.20	28.20	28.20		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.80	65.80	65.80		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1204.3	1202.8	1200.9		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1205.7	1206.2	1203.3		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	682.2	686.7	680.1		
16	Volumen de la Probeta	cc	523.5	519.5	523.2		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.300	2.315	2.295		2.304
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.454**	2.454	2.454		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.448	2.448	2.448		
20	% de Vacíos	%	6.24	5.63	6.45		6.11
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Volumen del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.15	81.67	80.96		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.62	12.70	12.59		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	18.85	18.33	19.04		18.74
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	5.69	5.69	5.69		
29	Relación Betun Vacíos	%	66.92	69.27	66.13		67.44
30	Lectura del Aro.	kg	571	580	592		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1718	1750	1792		
32	Factor de Estabilidad		0.96	1.00	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1650	1750	1720		1707
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	10	11	11		
35	Fluencia	mm	2.54	2.79	2.79		2.71
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	6495	6263	6157		6299

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-006
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.50**	6.50	6.50		6.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.05	28.05	28.05		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.45	65.45	65.45		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1204.4	1208.5	1206.2		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1206.4	1210.6	1207.8		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	689.4	690.8	689.8		
16	Volumen de la Probeta	cc	517.0	519.8	518.0		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.330	2.325	2.329		2.328
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.447**	2.447	2.447		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.430	2.430	2.430		
20	% de Vacíos	%	4.80	4.99	4.84		4.9
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Volumen del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.74	81.57	81.70		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.46	13.43	13.46		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	18.26	18.43	18.30		18.33
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	6.19	6.19	6.19		
29	Relación Betun Vacíos	%	73.70	72.90	73.53		73.38
30	Lectura del Aro.	kg	598	586	597		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1813	1771	1810		
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
33	Estabilidad Corregida	kg	1813	1771	1810		1798
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	10	11	12		
35	Fluencia	mm	2.54	2.79	3.05		2.79
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	7138	6338	5937		6434

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-006 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclla n	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**7.00**	7.00	7.00		7.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.90	27.90	27.90		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.10	65.10	65.10		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1208.2	1208.1	1204.2		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1209.8	1209.8	1205.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	688.1	686.6	682.3		
16	Volumen de la Probeta	cc	521.7	523.2	523.6		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.316	2.309	2.300		2.308
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.418**	2.418	2.418		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.412	2.412	2.412		
20	% de Vacíos	%	4.22	4.50	4.88		4.5
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Volumen del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	80.82	80.58	80.26		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	14.96	14.92	14.86		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	19.18	19.42	19.74		19.45
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	6.69	6.69	6.69		
29	Relación Betun Vacíos	%	77.99	76.81	75.26		76.69
30	Lectura del Aro.	kg	585	581	573		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1767	1753	1725		
32	Factor de Estabilidad		1.00	0.96	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1767	1683	1656		1702
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	12	12	13		
35	Fluencia	mm	3.05	3.05	3.30		3.13
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	5798	5522	5016		5434

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-006 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**7.50**	7.50	7.50		7.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.75	27.75	27.75		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	64.75	64.75	64.75		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1207.2	1205.8	1206.6		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1208.8	1207.1	1207.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	679.9	678.3	678.2		
16	Volumen de la Probeta	cc	528.9	528.8	529.5		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.282	2.280	2.279		2.280
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.407**	2.407	2.407		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.395	2.395	2.395		
20	% de Vacíos	%	5.17	5.26	5.33		5.3
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Volumen del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.23	79.15	79.10		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	15.60	15.59	15.58		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	20.77	20.85	20.90		20.84
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	7.19	7.19	7.19		
29	Relación Betun Vacios	%	75.10	74.75	74.52		74.79
30	Lectura del Aro.	kg	578	561	566		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1743	1684	1701		
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1673	1616	1633		1641
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	15	15	16		
35	Fluencia	mm	3.81	3.81	4.06		3.89
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	4391	4242	4018		4213

OBSERVACIONES :

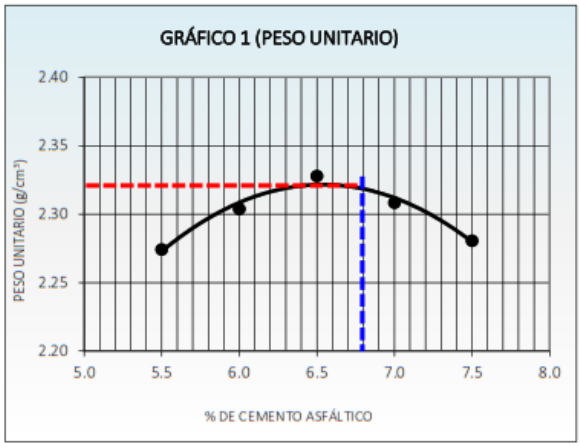
LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

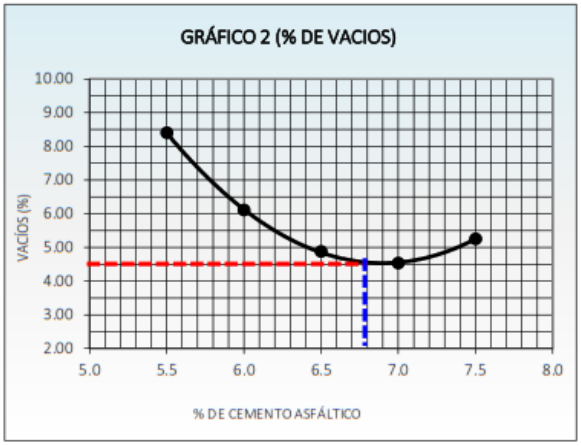
ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

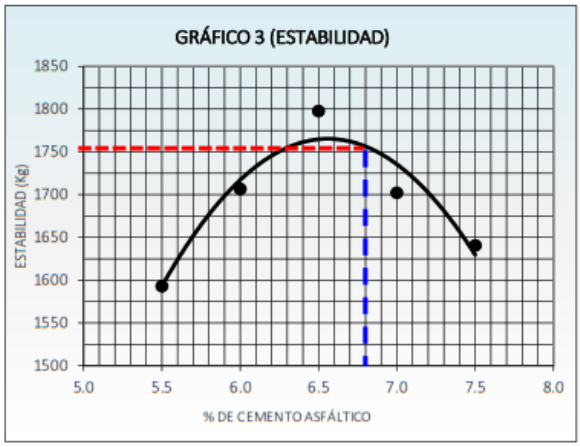
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

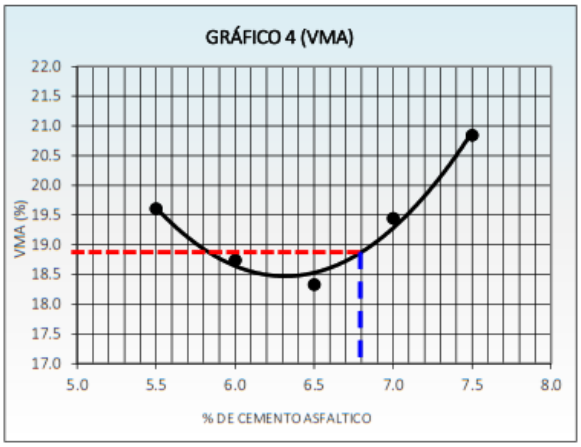
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-006
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

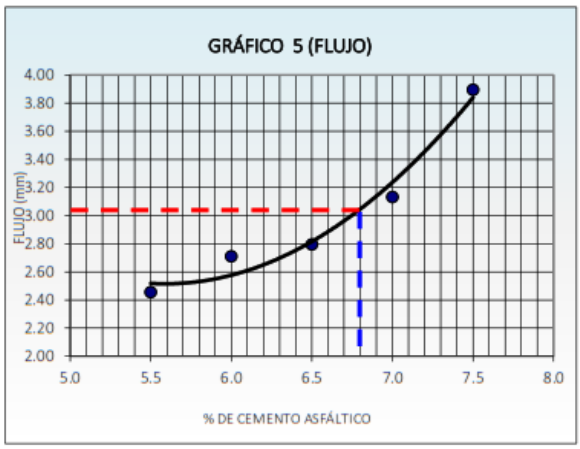
CURVAS MARSHALL

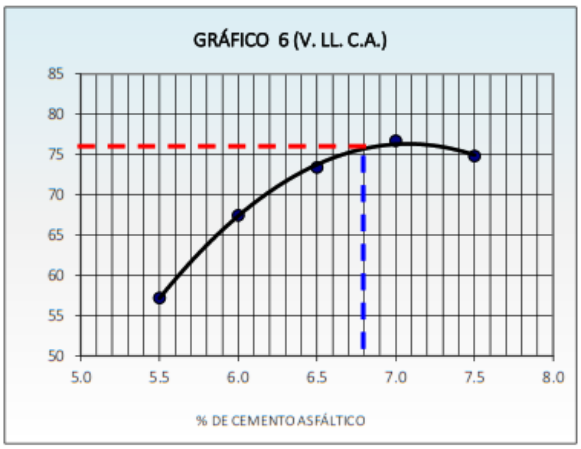












RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CURVAS MARSHALL

PARÁMETROS DEL DISEÑO

N° DE GOLPES	75	75	75	75	75
% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.0**	**7.5**
PESO UNITARIO (kg/m^3)	2.274	2.304	2.328	2.308	2.280
ESTABILIDAD (kg)	1593	1707	1798	1702	1641
FLUJO (mm)	2.46	2.71	2.79	3.13	3.89
VACIOS (%)	8.40	6.11	4.88	4.54	5.25
V. M. A. (%)	19.61	18.74	18.33	19.45	20.84
V.LL.C.A. (%)	57	67	73	77	75

CARATERÍSTICAS DE MEZCLA ASFÁLTICA

PARÁMETRO	UNIDAD	MARSHALL	ESPECIFICACIÓN	
CEMENTO ASFÁLTICO ASUMIDO	(%)	**6.8**	-	
PESO UNITARIO	(kg/m3)	**2.320**	-	
ESTABILIDAD	(kgs)	**1750**	-	
FLUJO	(mm)	**3.05**	2.00	4.00
VACIOS	(%)	**4.50**	3.00	5.00
V. M. A.	(%)	**18.80**	14.00	
V.LL.C.A.	(%)	**76.00**	-	
ESTABILIDAD / FLUJO	(kg/cm)	**5,738**	1,700	4,000

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LÁZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 015431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-006
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADOS	ESP. EG-2013		
CEMENTO ASFÁLTICO ASUMIDO	(%)	6.8	-		
PESO UNITARIO	(kg/m^3)	2.320	-		
ESTABILIDAD	(kgs)	1750	8.15 KN / 831.07 kg		
FLUJO	(mm)	3.05	2	-	4
VACÍOS	(%)	4.50	3	-	5
V. M. A.	(%)	18.80	14 Min.		
ESTABILIDAD / FLUJO	(kg/cm)	5,738	1700	-	4,000

PROPORCIÓN DE AGREGADOS

PIEDRA TRITURADA 3/4	30 %	(%)
ARENA CHANCADA	40 %	(%)
ARENA NATURAL	30 %	(%)
CAL HIDRATADA	0 %	(%)
CEMENTO ASFÁLTICO	85/100	-

TEMPERATURAS

TEMPERATURA DE AGREGADOS	150	ºC
TEMPERATURA DE CEMENTO ASFÁLTICO	180	ºC
TEMPERATURA DE MEZCLA ASFÁLTICA	170	ºC
TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN	155	ºC

OBSERVACIÓN _____

_____

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-006
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
(ASTM D-1559 / AASHTO T-245-94)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Verificación de Diseño	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	27.96
B	ARENA COMBINADA	70.00	65.24
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.80**	6.80	6.80		6.80
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.96	27.96	27.96		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.24	65.24	65.24		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1208.4	1213.2	1205.4		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1209.3	1214.1	1206.1		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	690.7	694.1	688.4		
16	Volumen de la Probeta	cc	518.6	520.0	517.7		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.330	2.333	2.328		2.331
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.438**	2.438	2.438		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.419	2.419	2.419		
20	% de Vacíos	%	4.42	4.30	4.50		4.41
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Volumen del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.49	81.60	81.43		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	14.08	14.10	14.07		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	18.51	18.40	18.57		18.49
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	6.49	6.49	6.49		
29	Relación Betun Vacíos	%	76.09	76.62	75.79		76.16
30	Lectura del Aro.	kg	579	594	586		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1746	1799	1771		
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
33	Estabilidad Corregida	kg	1746	1799	1771		1772
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	**12**	**13**	**12**		
35	Fluencia	mm	3.05	3.30	3.05		3.13
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	5729	5448	5810		5657

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-007 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
(ASTM D-1559 / AASHTO T-245-94)

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclla n	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 20% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	28.35
B	ARENA COMBINADA	70.00	66.15
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100.0	100.0	100.0	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6.0
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**5.50**	5.50	5.50		5.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.35	28.35	28.35		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	66.15	66.15	66.15		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1208.1	1207.6	1201.8		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1210.5	1209.3	1204.2		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	676.2	675.1	675.3		
16	Volumen de la Probeta	cc	534.3	534.2	528.9		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.261	2.261	2.272		2.265
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.466**	2.466	2.466		2.466
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.466	2.466	2.466		
20	% de Vacíos	%	8.32	8.34	7.87		8.177
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	80.18	80.16	80.58		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.50	11.50	11.56		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	19.82	19.84	19.42		19.69
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	5.19	5.19	5.19		
29	Relación Betun Vacíos	%	58.02	57.95	59.49		58.49
30	Lectura del Aro.	kg	540	556	538		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1611	1666	1604		
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1547	1600	1540		1562
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	8	7	7		
35	Fluencia	mm	2.03	1.78	1.78		1.86
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	7612	8997	8662		8386

OBSERVACIONES : _____

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-007
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 20% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.00**	6.00	6.00		6.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.20	28.20	28.20		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.80	65.80	65.80		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1207.8	1199.5	1205.8		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1210.0	1201.6	1208.6		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	684.4	681.3	683.8		
16	Volumen de la Probeta	cc	525.6	520.3	524.8		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.298	2.305	2.298		2.300
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.441**	2.441	2.441		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.448	2.448	2.448		
20	% de Vacíos	%	5.85	5.54	5.86		5.75
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.06	81.32	81.05		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.10	13.14	13.10		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	18.94	18.68	18.95		18.86
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	5.69	5.69	5.69		
29	Relación Betun Vacíos	%	69.14	70.34	69.09		69.52
30	Lectura del Aro.	kg	563	552	568		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1691	1652	1708		
32	Factor de Estabilidad		0.96	1.00	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1623	1652	1640		1638
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	9	9	8		
35	Fluencia	mm	2.29	2.29	2.03		2.20
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	7099	7228	8069		7442

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-007
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 20% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**Nº40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**6.50**	6.50	6.50		6.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	28.05	28.05	28.05		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.45	65.45	65.45		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1211.3	1205.6	1208.1		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1212.6	1208.1	1210.0		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	690.1	687.8	689.2		
16	Volumen de la Probeta	cc	522.5	520.3	520.8		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.318	2.317	2.320		2.318
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.426**	2.426	2.426		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.430	2.430	2.430		
20	% de Vacíos	%	4.43	4.47	4.37		4.4
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.34	81.30	81.39		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	14.23	14.23	14.24		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	18.66	18.70	18.61		18.66
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	6.19	6.19	6.19		
29	Relación Betun Vacíos	%	76.28	76.07	76.53		76.29
30	Lectura del Aro.	kg	569	581	575		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1711	1753	1732		
32	Factor de Estabilidad		0.96	1.00	1.00		
33	Estabilidad Corregida	kg	1643	1753	1732		1709
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	11	11	12		
35	Fluencia	mm	2.79	2.79	3.05		2.88
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	5880	6275	5683		5938

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-007 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 20% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	Nº40	N° 80	200
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**7.00**	7.00	7.00		7.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.90	27.90	27.90		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	65.10	65.10	65.10		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1203.9	1208.9	1205.7		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1206.0	1210.5	1208.5		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	682.9	686.9	684.4		
16	Volumen de la Probeta	cc	523.1	523.6	524.1		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.301	2.309	2.301		2.304
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.406**	2.406	2.406		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.412	2.412	2.412		
20	% de Vacíos	%	4.35	4.05	4.39		4.3
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	80.32	80.57	80.28		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	15.33	15.38	15.32		
27	% Vacíos del Agregado Mineral	%	19.68	19.43	19.72		19.61
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	6.69	6.69	6.69		
29	Relación Betun Vacíos	%	77.89	79.17	77.73		78.26
30	Lectura del Aro.	kg	553	538	558		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1656	1604	1673		
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1590	1540	1606		1579
34	Lectura del Flexímetro (0.001")	pulg	12	12	11		
35	Fluencia	mm	3.05	3.05	2.79		2.96
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	5215	5053	5749		5327

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908 INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	REGISTRO CAEN-LLA71-007 ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

ENSAYO MARSHALL
ASTM D - 1559 AASHTO T - 245 - 94

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 20% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

	MATERIAL	Mezcla (%)	Diseño (%)
A	AGREGADO GRUESO	30.00	29.70
B	ARENA COMBINADA	70.00	69.30
C	FILLER	0.00	0.00

TAMÍZ		**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**N° 4**	**N° 10**	**N°40**	**N° 80**	**200**
MEZCLA		100	100	100	83.6	75.9	58.9	40.6	19.3	10.8	6
LÍMITES DE ESPECIFIC.	**MAC-2**	**100**	**100**	**100**	**80-100**	**70-88**	**51-68**	**38-52**	**17-28**	**8-17**	**4-08**

1	Número de Probeta	Unidad	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	**7.50**	7.50	7.50		7.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	27.75	27.75	27.75		
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	64.75	64.75	64.75		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	g/cc	2.667	2.667	2.667		
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	g/cc	2.713	2.713	2.713		2.690
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	g/cc	2.664	2.664	2.664		
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada	g/cc	2.711	2.711	2.711		2.688
11	Peso Específico Aparente del Filler	g/cc	0.000	0.000	0.000		0.000
12	Altura Promedio de la Probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en el Aire	g	1209.2	1205.8	1207.3		
14	Peso de la Probeta Saturada	g	1210.4	1207.1	1208.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	682.3	678.0	680.5		
16	Volumen de la Probeta	cc	528.1	529.1	528.2		
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	g/cc	2.290	2.279	2.286		2.285
18	Peso Específico Máximo (RICE)	g/cc	**2.396**	2.396	2.396		
19	Máxima Densidad Teórica	g/cc	2.395	2.395	2.395		
20	% de Vacios	%	4.43	4.88	4.59		4.6
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cc	2.665	2.665	2.665		
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cc	2.712	2.712	2.712		
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cc	2.688	2.688	2.688		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.33	0.33	0.33		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.48	79.10	79.34		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	16.10	16.02	16.07		
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	20.52	20.90	20.66		20.69
28	C.A. Efectivo/Peso dela Mezcla	%	7.19	7.19	7.19		
29	Relación Betun Vacios	%	78.43	76.67	77.76		77.62
30	Lectura del Aro.	kg	536	520	514		
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1597	1543	1522		
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
33	Estabilidad Corregida	kg	1533	1481	1462		1492
34	Lectura del Fleximetro (0.001")	pulg	11	13	13		
35	Fluencia	mm	2.79	3.30	3.30		3.13
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	5489	4485	4426		4763

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

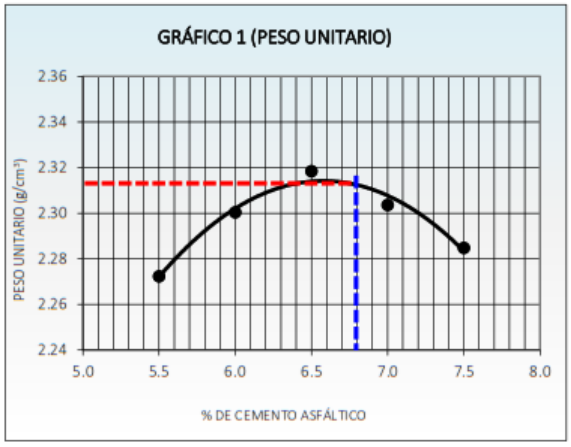
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

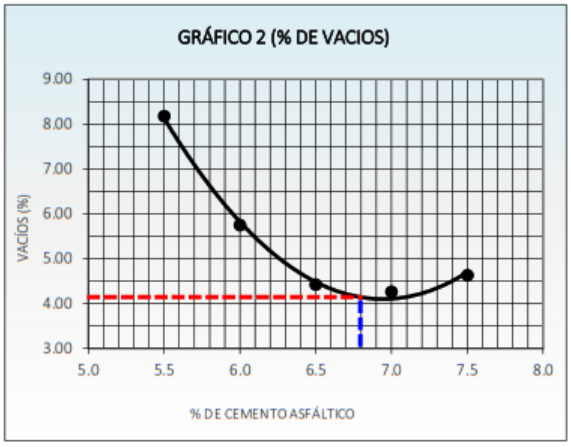
ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

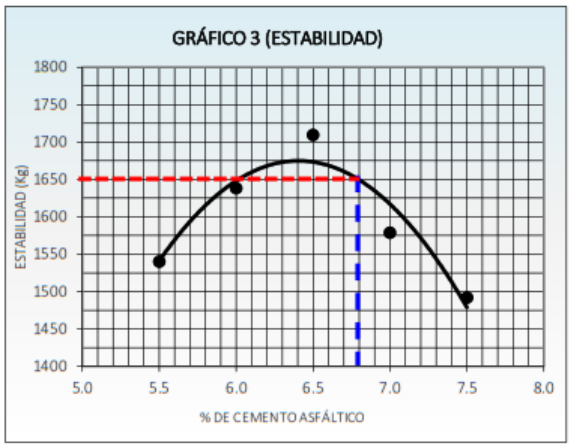
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

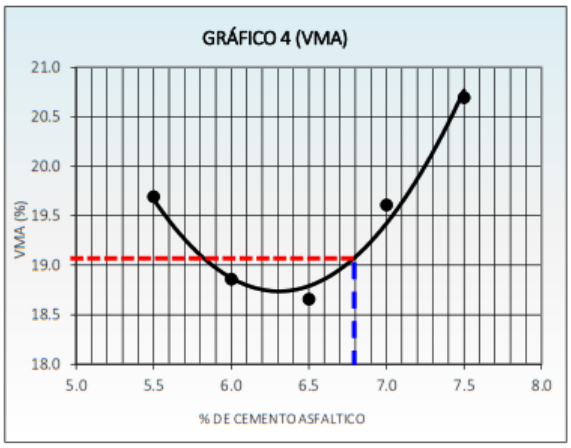
laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-007
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

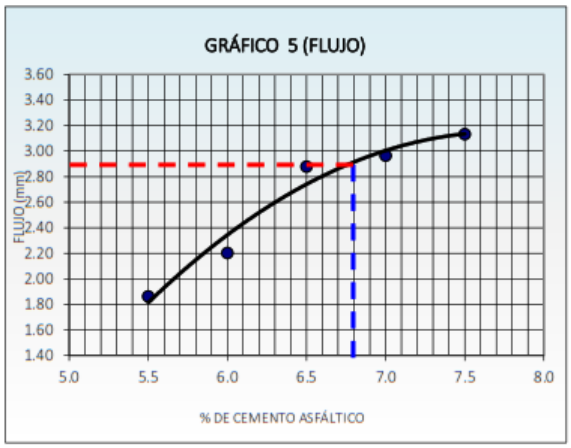
CURVAS MARSHALL

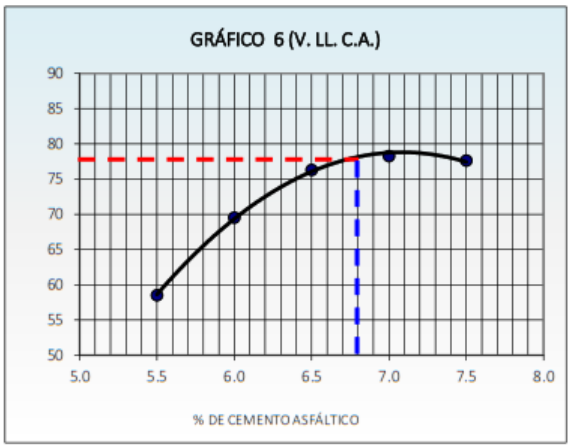












RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-007
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO
		FECHA JULIO DEL 2021

CURVAS MARSHALL

PARÁMETROS DEL DISEÑO

N° DE GOLPES	75	75	75	75	75
% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.0**	**7.5**
PESO UNITARIO (kg/m^3)	2.272	2.300	2.318	2.304	2.285
ESTABILIDAD (kg)	1540	1638	1709	1579	1492
FLUJO (mm)	1.86	2.20	2.88	2.96	3.13
VACIOS (%)	8.18	5.75	4.42	4.26	4.63
V. M. A. (%)	19.69	18.86	18.66	19.61	20.69
V.LL.C.A. (%)	58	70	76	78	78

CARATERÍSTICAS DE MEZCLA ASFÁLTICA

PARÁMETRO	UNIDAD	MARSHALL	ESPECIFICACIÓN	
CEMENTO ASFÁLTICO ASUMIDO	(%)	**6.8**	-	
PESO UNITARIO	(kg/m3)	**2.311**	-	
ESTABILIDAD	(kgs)	**1650**	-	
FLUJO	(mm)	**2.90**	2.00	4.00
VACIOS	(%)	**4.10**	3.00	5.00
V. M. A.	(%)	**19.10**	14.00	
V.LL.C.A.	(%)	**78.00**	-	
ESTABILIDAD / FLUJO	(kg/cm)	**5,690**	1,700	4,000

OBSERVACIONES:

_____

_____

_____

_____

RESPONSABLES

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-007
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE ASFALTO FECHA JULIO DEL 2021

RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclla n	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 20% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Material para Diseño de Asfalto MARSHALL	**FECHA**	13/07/2021

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADOS	ESP. EG-2013		
CEMENTO ASFÁLTICO ASUMIDO	(%)	6.8	-		
PESO UNITARIO	(kg/m^3)	2.311	-		
ESTABILIDAD	(kgs)	1650	8.15 KN / 831.07 kg		
FLUJO	(mm)	2.90	2	-	4
VACÍOS	(%)	4.10	3	-	5
V. M. A.	(%)	19.10	14 Min.		
ESTABILIDAD / FLUJO	(kg/cm)	5,690	1700	-	4,000

PROPORCIÓN DE AGREGADOS

PIEDRA TRITURADA 3/4	30 %	(%)
ARENA CHANCADA	40 %	(%)
ARENA NATURAL	30 %	(%)
CAL HIDRATADA	0 %	(%)
CEMENTO ASFÁLTICO	85/100	-

TEMPERATURAS

TEMPERATURA DE AGREGADOS	150	ºC
TEMPERATURA DE CEMENTO ASFÁLTICO	190	ºC
TEMPERATURA DE MEZCLA ASFÁLTICA	175	ºC
TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN	165	ºC

OBSERVACIÓN _____

_____

RESPONSABLE

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 5. Ensayo de Inmersión - Compresión

1. Ensayo de inmersión- compresión con C.A. Convencional
2. Ensayo de inmersión- compresión con C.A. Modificado con 15%GC
3. Ensayo de inmersión- compresión con C.A. Modificado con 20%GC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-008
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS FECHA JULIO DEL 2021

INMERSIÓN - COMPRESIÓN (MTC E - 518)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa PROCEDIMIENTO N°2

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Taclian	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Material Natural	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Ensayo Resistencia a la Compresión - Inmersión	**FECHA**	15/07/2021

GRUPO N° R1 a 25°C

	N° de Muestras		1	2	3	Promedio
1	Diámetro de la briqueta		10.15	10.16	10.19	10.17
2	Altura de la briqueta		10.05	10.34	10.47	
3	Peso de la Briqueta al aire	(g)	1991.7	1986.4	1973.2	
4	Peso de briqueta satur superf. Seca	(g)	1993.4	1988.1	1976.1	
5	Peso por desplazamiento		1151.0	1152.7	1152.8	
6	Volumen de la briqueta		842.4	835.4	823.3	
7	Peso Unitario MTC E 514- 2000	(g/cc)	2.364	2.378	2.397	**2.380**
8	RESISTENCIA A COMPRESIÓN FUERZA KILOGRAMOS		2134	2088	2095	**2106**
	a) Carga de compactación 210 kgs/cm^2					
	b) 24 horas baño de aire 25 °C					
	c) Sumergidas 2 horas 25 °C					

GRUPO N° R 2 a 60°C

	N° de Muestras		4	5	6	Promedio
1	Diámetro de la briqueta		10.12	10.18	10.24	10.18
2	Altura de la briqueta		10.05	10.14	10.25	
3	Peso de la Briqueta al aire	(g)	1972.2	1987.4	1995.4	
4	Peso de briqueta satur superf. Seca	(g)	1975.5	1990.2	1998.2	
5	Peso por desplazamiento		1146.0	1157.0	1160.9	
6	Volumen de la briqueta		829.5	833.2	837.3	
7	Peso Unitario MTC E 514 - 2000	(g/cc)	2.378	2.385	2.383	**2.382**
8	RESISTENCIA A COMPRESION FUERZA KILOGRAMOS		1856	1894	1887	**1879**
	a) Carga de compactación 170 KN					
	b) Sumergidas 24 horas a 60°C					
	c) 2 horas a temperatura ambiente 30°C					
	d) Sumergidas 2 horas a 25 °C					

Indice de resistencia Conservada, % (R2/R1)*100	Resultado	**2106**	/ **1879**	**%**	**89.2**

Resistencia a compresión simple	Grupo N° R1 A 25°C	81.18	25.94	2.65	2.50
	Grupo N° R2 A 60°C	81.39	23.09	2.35	
Área sección trasversal	81.28				

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE Mpa 2.5 Mpa

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989132908	REGISTRO CAEN-LLA71-008
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS
		FECHA JULIO DEL 2021

INMERSIÓN - COMPRESIÓN (MTC E - 518)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa PROCEDIMIENTO N°2

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 15% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Ensayo Resistencia a la Compresión - Inmersión	**FECHA**	15/07/2021

GRUPO N° R1 a 25°C

	N° de Muestras		1	2	3	Promedio
1	Diámetro de la briqueta		10.13	10.12	10.17	10.14
2	Altura de la briqueta		10.08	10.02	10.11	
3	Peso de la Briqueta al aire	(g)	1957.2	1992.5	1962.4	
4	Peso de briqueta satur superf. Seca	(g)	1961.5	1995.1	1976.1	
5	Peso por desplazamiento		1120.6	1141.8	1131.1	
6	Volumen de la briqueta		840.9	853.3	845.0	
7	Peso Unitario MTC E 514- 2000	(g/cc)	2.328	2.335	2.322	**2.328**
8	RESISTENCIA A COMPRESIÓN FUERZA KILOGRAMOS		1924	2021	2046	**1997**
	a) Carga de compactación 210 kgs/cm^2					
	b) 24 horas baño de aire 25 °C					
	c) Sumergidas 2 horas 25 °C					

GRUPO N° R 2 a 60°C

	N° de Muestras		4	5	6	Promedio
1	Diámetro de la briqueta		10.15	10.13	10.19	10.16
2	Altura de la briqueta		10.08	10.14	10.25	
3	Peso de la Briqueta al aire	(g)	1974.1	1982.5	1998.2	
4	Peso de briqueta satur superf. Seca	(g)	1972.0	1985.3	2000.1	
5	Peso por desplazamiento		1121.8	1134.7	1143.8	
6	Volumen de la briqueta		850.2	850.6	856.3	
7	Peso Unitario MTC E 514 - 2000	(g/cc)	2.322	2.331	2.334	**2.329**
8	RESISTENCIA A COMPRESION FUERZA KILOGRAMOS		1546	1566	1514	**1542**
	a) Carga de compactación 170 KN					
	b) Sumergidas 24 horas a 60°C					
	c) 2 horas a temperatura ambiente 30°C					
	d) Sumergidas 2 horas a 25 °C					

Indice de resistencia Conservada, % (R2/R1)*100	Resultado	**1997**	/ **1542**	**%**	**77.2**

Resistencia a compresión simple	Grupo N° R1 A 25°C	80.75	24.73	2.52	2.23
	Grupo N° R2 A 60°C	81.02	19.03	1.94	
Área sección trasversal	80.89				

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE Mpa 2.2 Mpa

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

laboratorios LAZARO	LABORATORIOS LAZARO SAC Av. Parque Zonal N°1008, Urb. Santo Domingo, Carabayllo 01 5431227 / 989192897 / 989192908	REGISTRO CAEN-LLA71-008
	INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN HUARAZ – ANCASH, AÑO 2020 DEPARTAMENTO DE ANCASH PROVINCIA DE HUARAZ DISTRITO DE HUARAZ	ÁREA LABORATORIO DE SUELOS FECHA JULIO DEL 2021

INMERSIÓN - COMPRESIÓN (MTC E - 518)
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa PROCEDIMIENTO N°2

PROYECTO	Incorporación de granos de caucho por vía húmeda para la mejora del Comportamiento Mecánico en Las Mezclas Asfálticas en Caliente en Huaraz – Ancash, Año 2020		
PROCEDENCIA	Ancash	**CLIENTE**	Ronalt Roosvelt Montes Caurino
CANTERA	Tacllan	**DEPARTAMENTO**	Ancash
MUESTRA	M-1	**PROVINCIA**	Huaraz
MATERIAL	Con presencia de 20% de Caucho	**DISTRITO**	Huaraz
ENSAYO	Ensayo Resistencia a la Compresión - Inmersión	**FECHA**	15/07/2021

GRUPO N° R1 a 25°C

	N° de Muestras		1	2	3	Promedio
1	Diámetro de la briqueta		10.14	10.19	10.24	10.19
2	Altura de la briqueta		10.11	10.06	10.09	
3	Peso de la Briqueta al aire	(g)	1986.2	1924.8	1957.2	
4	Peso de briqueta satur superf. Seca	(g)	1988.5	1926.1	1960.2	
5	Peso por desplazamiento		1130.1	1092.0	1115.1	
6	Volumen de la briqueta		858.4	834.1	845.1	
7	Peso Unitario MTC E 514- 2000	(g/cc)	2.314	2.308	2.316	**2.313**
8	RESISTENCIA A COMPRESIÓN FUERZA KILOGRAMOS		1756	1796	1805	**1786**
	a) Carga de compactación 210 kgs/cm^2					
	b) 24 horas baño de aire 25 °C					
	c) Sumergidas 2 horas 25 °C					

GRUPO N° R 2 a 60°C

	N° de Muestras		4	5	6	Promedio
1	Diámetro de la briqueta		10.16	10.11	10.16	10.14
2	Altura de la briqueta		10.11	10.14	10.25	
3	Peso de la Briqueta al aire	(g)	1988.4	1999.2	1970.0	
4	Peso de briqueta satur superf. Seca	(g)	1990.4	2001.3	1972.6	
5	Peso por desplazamiento		1131.0	1135.0	1121.1	
6	Volumen de la briqueta		859.4	866.3	851.5	
7	Peso Unitario MTC E 514 - 2000	(g/cc)	2.314	2.308	2.314	**2.312**
8	RESISTENCIA A COMPRESION FUERZA KILOGRAMOS		1345	1312	1352	**1336**
	a) Carga de compactación 170 KN					
	b) Sumergidas 24 horas a 60°C					
	c) 2 horas a temperatura ambiente 30°C					
	d) Sumergidas 2 horas a 25 °C					

Indice de resistencia Conservada, % (R2/R1)*100	Resultado	**1786**	/ **1336**	**%**	**74.8**

Resistencia a compresión simple	Grupo N° R1 A 25°C	81.55	21.90	2.23	1.96
	Grupo N° R2 A 60°C	80.81	16.54	1.69	
Área sección trasversal	81.18				

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE Mpa 2.0 Mpa

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

ARELIS ENMA
LAZARO SUAREZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 216899

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú