

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis técnico - económico de desechos
plásticos y caucho de neumáticos en las mezclas
bituminosas en caliente, susceptibles a daño por
humedad de precipitaciones; Huancayo 2021**

Anderson Imenjer Ramos Salazar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

“ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUSCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES; HUANCAYO 2021”

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
3	pt.scribd.com Fuente de Internet	2%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	edoc.pub Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Tecnológica del Peru Trabajo del estudiante	1%

repositorio.continental.edu.pe

8	Fuente de Internet	1 %
9	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
12	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
16	vbook.pub Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
18	isc.astro.cornell.edu Fuente de Internet	<1 %

19	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
20	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
21	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
22	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.idu.gov.co Fuente de Internet	<1 %
24	repository.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
25	Valencia Martínez Gonzalo. "Empleo de concreto reciclado en la manufactura de mezclas asfálticas en caliente para vialidades urbanas", TESIUNAM, 2016 Publicación	<1 %
26	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
27	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

repositorio.unsch.edu.pe

29

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

<1 %

31

www.cuevadelcivil.com

Fuente de Internet

<1 %

32

dspace.utpl.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

33

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

34

Cong Ma, Gege Chen, Jinyan Shi, Haijun Zhou, Weixin Ren, Yanliang Du. "Improvement mechanism of water resistance and volume stability of magnesium oxychloride cement: A comparison study on the influences of various gypsum", Science of The Total Environment, 2022

Publicación

<1 %

35

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

36

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

biblioteca.uajms.edu.bo

Fuente de Internet

<1 %

38	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1 %
40	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
41	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
45	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	riull.ull.es Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
48	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.unsa.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

50

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

51

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

52

www.dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

53

Sharma, Deepak, Teodoro Espinosa-Solares, and David H. Huber. "Thermophilic anaerobic co-digestion of poultry litter and thin stillage", *Bioresource Technology*, 2013.

Publicación

<1 %

54

Submitted to Universidad Nacional de Piura

Trabajo del estudiante

<1 %

55

repositorio.uide.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

56

virtual.urbe.edu

Fuente de Internet

<1 %

57

academic.uprm.edu

Fuente de Internet

<1 %

58

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

59

kupdf.net

Fuente de Internet

<1 %

60	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
62	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
65	Fernandez Fuentes Elizabeth, Orduña Chávez Ana Margarita. "Ansiedad en la mujer, su influencia en la percepcion del ambiente familiar", TESIUNAM, 1995 Publicación	<1 %
66	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
67	scholarworks.utrgv.edu Fuente de Internet	<1 %
68	Caballero Romo Margarita. "Transtornos en la autoimagen en mujeres mastectomizadas", TESIUNAM, 1991 Publicación	<1 %
69	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

70	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
71	www.asesor.com.pe Fuente de Internet	<1 %
72	www.cubanet.org Fuente de Internet	<1 %
73	www.tesis.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
74	www.transredes.com Fuente de Internet	<1 %
75	Haopeng Wang, Xueyan Liu, Panos Apostolidis, Tom Scarpas. "Review of warm mix rubberized asphalt concrete: Towards a sustainable paving technology", Journal of Cleaner Production, 2018 Publicación	<1 %
76	buleria.unileon.es Fuente de Internet	<1 %
77	peruconstruye.net Fuente de Internet	<1 %
78	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
79	repositorio.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %

80	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
81	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
82	revistas.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
83	smart.comune.genova.it Fuente de Internet	<1 %
84	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
85	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
86	www.bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
87	www.ge.com Fuente de Internet	<1 %
88	www.mordorintelligence.com Fuente de Internet	<1 %
89	Submitted to Heriot-Watt University Trabajo del estudiante	<1 %
90	Luna Gutiérrez Martín Ubilfredo de. "Asfalto modificado con nanosustancias, estado del arte", TESIUNAM, 2017 Publicación	<1 %

91	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
92	losnuevosguerreros.org Fuente de Internet	<1 %
93	repositorio.unia.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
94	www.boadilla.com Fuente de Internet	<1 %
95	www.doccity.com Fuente de Internet	<1 %
96	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
97	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
98	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
99	prezi.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado fuerzas para seguir el camino de la carrera de Ingeniería Civil y a mi madre Yeny Salazar Caballero y mi padre Esteban Ramos Antonio, quienes fueron la base de mi superación que día a día estoy logrando.

DEDICATORIA

A mi padres y hermanos, quienes, por sus consejos y fuerzas, forjaron a la persona que soy actualmente. La mayoría de mis logros se los debo a ellos. Uno de mis grandes logros es terminar la carrera siendo una persona humilde, responsable y respetuosa.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema.....	3
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.1.2. Problema General.....	5
1.1.3. Problema Específico.....	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación e importancia	6
1.3.1. Practica	6
1.3.2. Teórica.....	6
1.3.3. Metodológica.....	7
1.3.4. Económica.....	7

1.3.5. Social.....	7
1.4. Delimitación	8
1.4.1. Espacial	8
1.4.2. Temporal	8
1.5. Limitaciones	8
CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	9
2.1. Hipótesis	9
2.1.1. Hipótesis General	9
2.1.2. Hipótesis Específicas.....	9
2.2. Variables de Investigación.....	9
2.2.1. Variable Independiente.....	9
2.2.2. Variable Dependiente	9
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO	10
3.1. Antecedentes del Problema.....	10
3.1.1. Antecedentes Internacionales	10
3.1.2. Antecedentes Nacionales.....	12
3.2. Marco Teórico	15
3.2.1. Mezcla Bituminosa en Caliente.....	15
3.2.1.1. Definición	15
3.2.1.2. Agregados Pétreos	16
3.2.1.3. Bitumen.....	18
3.2.1.4. Propiedades de la mezcla bituminosa	21

3.2.1.5.	Especificaciones Técnicas.....	30
3.2.2.	Plásticos.....	31
3.2.2.1.	Definición	31
3.2.3.	Caucho de Neumático	32
3.2.3.1.	Definición	32
3.2.3.2.	Desechos de Caucho de Neumáticos	33
CAPITULO IV: METODOLOGÍA.....		35
4.1.	Métodos y Alcance de la Investigación.....	35
4.1.1.	Método Científico	35
4.1.2.	Alcance Explicativo	35
4.2.	Tipo de investigación.....	35
4.3.	Diseño de Investigación.....	36
4.3.1.	Diseño Cuasi-Experimental.....	36
4.4.	Población de la Investigación	36
4.5.	Muestra de la Investigación.....	36
4.6.	Técnica de Investigación	37
4.7.	Instrumento de Investigación.....	37
4.8.	Elaboración del experimento para toma de datos	38
4.8.1.	Caracterización de materiales.....	38
4.8.1.1.	Piedra chancada $\frac{3}{4}$ ".....	38
4.8.1.2.	Arena chancada.....	39
4.8.1.3.	Agregado zarandeado.....	40

4.8.1.4.	Combinación de agregados para la mezcla	41
4.8.1.5.	Ensayos por agregado total	43
4.8.2.	Diseño convencional de la investigación	43
4.8.1.	Óptimo Bitumen del diseño convencional	50
4.8.2.	Diseño experimental de la investigación.....	55
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		56
5.1.	Resultados.....	56
5.1.1.	Diseño experimental.....	56
5.1.1.1.	Grupo 001 – 100% plástico reciclado.....	56
5.1.1.2.	Grupo 002 – 20% Caucho + 80% plástico reciclado	65
5.1.1.3.	Grupo 003 – 40% Caucho + 60% plástico reciclado	75
5.1.1.4.	Grupo 004 – 60% Caucho + 40% plástico reciclado	84
5.1.1.5.	Grupo 005 – 80% Caucho + 20% plástico reciclado	94
5.1.1.6.	Grupo 006 – 100% Caucho neumático	103
5.1.2.	Estadístico de la investigación	112
5.1.2.1.	Análisis del grupo 001 – 100% plástico	112
5.1.2.2.	Análisis del grupo 002 – 20% Caucho + 80% plástico reciclado	115
5.1.2.3.	Análisis del grupo 003 – 40% Caucho + 60% plástico reciclado	117
5.1.2.4.	Análisis del grupo 004 – 60% Caucho + 40% plástico reciclado	119
5.1.2.5.	Análisis del grupo 005 – 80% Caucho + 20% plástico reciclado	121
5.1.2.6.	Análisis del grupo 006 – 100% Caucho neumático	123
5.1.3.	Generalización de datos.....	125

5.1.4. Análisis de económico	131
5.2. Discusión de resultados	133
5.2.1. Estabilidad Marshall.....	133
5.2.2. Flujo Marshall	134
5.2.3. Índice de rigidez	134
5.2.4. Estabilidad retenida	135
5.2.5. Susceptibilidad al daño por humedad - TSR.....	135
5.2.6. Costo.....	136
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	141
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
ANEXOS.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actualización del Inventario Básico de las Rutas de la Red Vial Nacional del SINAC - Julio 2011 - R.M. N° 618-2011-MTC/02.....	3
Tabla 2: Clasificación de cantera de agregados pétreos.....	16
Tabla 3: Requisitos geométricos para agregados pétreos gruesos en mezclas bituminosas en caliente	17
Tabla 4: Requisitos geométricos para agregados finos en mezclas bituminosas en caliente .	17
Tabla 5: Requerimientos mecánicos para agregados gruesos en mezclas bituminosas en caliente	17
Tabla 6: Requerimientos mecánicos para agregados finos en mezclas bituminosas en caliente	18
Tabla 7: Especificaciones del bitumen asfáltico clasificado según penetración.....	20
Tabla 8: Selección del tipo de cemento bituminoso.....	21
Tabla 9: Especificaciones técnicas para mezcla bituminosa en caliente.....	30
Tabla 10: Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)	30
Tabla 11: Porcentaje de desechos sólidos en algunos países de Latinoamérica	31
Tabla 12: Generación de desechos per cápita para países de Sudamérica (kg/habitante/día)	32
Tabla 13: Explicación de las muestras a tomar	36
Tabla 14: Ensayo granulométrico de material procesado por chancado (Piedra chancada ¾")	38
Tabla 15: Ensayo granulométrico de material polvillo de roca (Arena chancada 3/16")	39
Tabla 16: Ensayo granulométrico de material lavado de río (Arena zarandeada 3/8")	40
Tabla 17: Combinación teórica para mezcla asfáltica bituminosa.....	41
Tabla 18: Análisis granulométrico de la combinación física de agregados	42

Tabla 19: Verificación de las características mecánicas del agregado para mezcla asfáltica bituminosa	43
Tabla 20: Propie. Mecánicas con 4.0% en la MAC base	43
Tabla 21: Propie. Mecánicas con 4.5% en la MAC base	44
Tabla 22: Propie. Mecánicas con 5.0% en la MAC base	45
Tabla 23: Propie. Mecánicas con 5.5% en la MAC base	46
Tabla 24: Propie. Mecánicas con 6.0% en la MAC base	47
Tabla 25: Propie. Mecánicas con 6.5% en la MAC base	48
Tabla 26: Propie. Mecánicas con 7.0% en la MAC base	49
Tabla 27: Propi. Mecánicas resumen para el análisis de cemento asfáltico óptimo	50
Tabla 28: Óptimo porcentaje de BA según Instituto de Asfalto para la MAC base	54
Tabla 29: Resumen de propiedades mecánicas de la MAC base	54
Tabla 30: Descripción de grupos experimentales	55
Tabla 31: Porcenta. pasante de cada componente experimental	55
Tabla 32: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% plástico reciclado – GR001	56
Tabla 33: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% plástico reciclado – GR001	57
Tabla 34: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% plástico reciclado – GR001	59
Tabla 35: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% plástico reciclado – GR001	60
Tabla 36: Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de plástico reciclado.....	61

Tabla 37: Óptimo de adición de 100% de plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.	65
Tabla 38: Resumen óptimo de adición de 100% de plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	65
Tabla 39: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	66
Tabla 40: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	67
Tabla 41: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	68
Tabla 42: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	69
Tabla 43: Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.	70
Tabla 44: Óptimo de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	74
Tabla 45: Resumen óptimo de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	74
Tabla 46: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	75
Tabla 47: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	76
Tabla 48: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	78

Tabla 49: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	79
Tabla 50: Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	80
Tabla 51: Óptimo de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	84
Tabla 52: Resumen óptimo de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	84
Tabla 53: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	85
Tabla 54: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	86
Tabla 55: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	87
Tabla 56: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	88
Tabla 57: Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	89
Tabla 58: Óptimo de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	93
Tabla 59: Resumen óptimo de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	93
Tabla 60: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	94

Tabla 61: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	95
Tabla 62: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	97
Tabla 63: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	98
Tabla 64: Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	99
Tabla 65: Óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	103
Tabla 66: Resumen óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	103
Tabla 67: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (100% caucho neumático) – GR006	104
Tabla 68: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (100% caucho neumático) – GR006	105
Tabla 69: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (100% caucho neumático) – GR006	106
Tabla 70: Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (100% caucho neumático) – GR006	107
Tabla 71: Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 100% caucho neumático.....	108
Tabla 65: Óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	112

Tabla 66: Resumen óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.....	112
Tabla 72: Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 001	113
Tabla 73: Estadístico de prueba Friedman Grupo 001	114
Tabla 74: Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 002	115
Tabla 75: Estadístico de prueba Friedman del Grupo 002	116
Tabla 76: Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 003	117
Tabla 77: Estadístico de prueba Friedman del Grupo 003	118
Tabla 78: Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 004	120
Tabla 79: Estadístico de prueba Friedman del Grupo 004	121
Tabla 80: Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 005	122
Tabla 81: Estadístico de prueba Friedman del Grupo 005	123
Tabla 82: Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 006	124
Tabla 83: Estadístico de prueba Friedman del Grupo 005	125
Tabla 84: Resumen de resultados de la investigación.....	126
Tabla 85: Resumen de crecimiento porcentual en las propiedades de la mezcla bituminosa respecto al diseño base	130
Tabla 86: Comparación de costos por 1m ³ producido en planta	131
Tabla 87: Comparación de costos por 1km, ancho de carril 6m y espesor 2pulg producido en planta.....	132
Tabla 88: Comparación de costos por 1km, ancho de carril 6m y espesor 4pulg producido en planta.....	132
Tabla 89: Comparación de costos por 10km, ancho de carril 5m y espesor 2pulg producido en planta.....	133

Tabla 90: Comparación de costos por 10km, ancho de carril 5m y espesor 4pulg producido en planta	133
Tabla 93: Resultados de un análisis de costo de ciclo de vida usando caucho-asfalto	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Avenida Leoncio Prado luego de la temporada de las precipitaciones.	4
Figura 2: Avenida Mariscal Castilla antes de ser reparada.	4
Figura 3: Obtención de Asfalto por refinación de Petróleo	19
Figura 4: Parte interna de una Mezcla Asfáltica	23
Figura 5: Deformación de una mezcla bituminosa en la prensa Marshall	24
Figura 6: Propiedades volumétricas de la mezcla bituminosa compactada	27
Figura 7: Esquema de una mezcla bituminosa compactada.....	29
Figura 8: Contenido de neumático.....	32
Figura 9: Contenido de neumático	33
Figura 10: Acopio de llantas desechadas	34
Figura 11: Uso de neumáticos reciclados	34
Figura 12: Línea de curva granulométrica de piedra chancada de ¾”	39
Figura 13: Línea de curva granulométrica de arena chancada obtenida de piedra chancada .	40
Figura 14: Línea de curva granulométrica de arena zarandeada.....	41
Figura 15: Curva granulométrica de la combinación física de los agregados	42
Figura 16: Curva de peso unitario de la mezcla bituminosa en caliente base.....	51
Figura 17: Curva de vacíos de aire en la mezcla bituminosa en caliente base	51
Figura 18: Curva de vacíos de agregado mineral (VMA) de la mezcla bituminosa en caliente base.....	52
Figura 19: Curva de vacíos llenos de C.A. de la mezcla bituminosa en caliente base	52
Figura 20: Curva de flujo de la mezcla bituminosa en caliente base	53
Figura 21: Curva de estabilidad de la mezcla bituminosa en caliente base	53
Figura 22: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% de plástico reciclado – GR001.....	57

Figura 23: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% de plástico reciclado – GR001.....	58
Figura 24: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% de plástico reciclado – GR001.....	59
Figura 25: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% de plástico reciclado – GR001.....	60
Figura 26: Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de plástico reciclado	61
Figura 27: Curva entre Estabilidad vs % de adición de plástico reciclado.....	62
Figura 28: Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de plástico reciclado	62
Figura 29: Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de plástico reciclado	63
Figura 30: Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de plástico reciclado	63
Figura 31: Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de plástico reciclado	64
Figura 32: Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de plástico reciclado	64
Figura 33: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	66
Figura 34: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	67
Figura 35: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	68
Figura 36: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002.....	69
Figura 37: Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	70

Figura 38: Curva entre Estabilidad vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	71
Figura 39: Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	71
Figura 40: Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	72
Figura 41: Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	72
Figura 42: Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	73
Figura 43: Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	73
Figura 44: Curva entre desgaste por Cántabro vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.....	74
Figura 45: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	76
Figura 46: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	77
Figura 47: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	78
Figura 48: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003.....	79
Figura 49: Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	80

Figura 50: Curva entre Estabilidad vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	81
Figura 51: Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	81
Figura 52: Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	82
Figura 53: Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	82
Figura 54: Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	83
Figura 55: Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.....	83
Figura 56: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	85
Figura 57: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	86
Figura 58: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	87
Figura 59: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004.....	88
Figura 60: Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	90
Figura 61: Curva entre Estabilidad vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	90

Figura 62: Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	91
Figura 63: Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	91
Figura 64: Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	92
Figura 65: Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	92
Figura 66: Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.....	93
Figura 67: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	95
Figura 68: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	96
Figura 69: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	97
Figura 70: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005.....	98
Figura 71: Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	99
Figura 72: Curva entre Estabilidad vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	100
Figura 73: Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	100

Figura 74: Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	101
Figura 75: Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	101
Figura 76: Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	102
Figura 77: Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.....	102
Figura 78: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (100% caucho neumático) – GR006	104
Figura 79: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (100% caucho neumático) – GR006	105
Figura 80: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (100% caucho neumático) – GR006	106
Figura 81: Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (100% caucho neumático) – GR006	107
Figura 82: Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 100% caucho neumático	108
Figura 83: Curva entre Estabilidad vs % de adición de 100% caucho neumático.....	109
Figura 84: Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 100% caucho neumático	109
Figura 85: Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 100% caucho neumático	110
Figura 86: Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 100% caucho neumático	110
Figura 87: Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 100% caucho neumático.	111
Figura 88: Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 100% caucho neumático	111

Figura 89: Gráfico resumen de óptimo porcentaje de bitumen por cada adición en la mezcla bituminosa	126
Figura 90: Gráfico resumen de óptimo porcentaje de adición por cada grupo control.....	127
Figura 91: Gráfico resumen de Estabilidades por cada adición en la mezcla bituminosa ...	127
Figura 92: Gráfico resumen de Flujo por cada adición en la mezcla bituminosa	128
Figura 93: Gráfico resumen de porcentaje de vacíos de aire por cada adición en la mezcla bituminosa	128
Figura 94: Gráfico resumen de Índice de rigidez por cada adición en la mezcla bituminosa	129
Figura 95: Gráfico resumen de Estabilidades retenidas por cada adición en la mezcla bituminosa	129
Figura 96: Gráfico resumen de Susceptibilidad al daño por humedad por cada adición en la mezcla bituminosa.....	130
Figura 97: Costo de producción de todos los grupos control.....	131
Figura 98: Costo de mantenimiento con mezcla bituminosa convencional y mezcla bituminosa con adición de caucho.....	137

RESUMEN

Esta investigación titulada “Análisis técnico – económico de desechos plásticos y caucho de neumáticos en las mezclas bituminosas en caliente, susceptibles a daño por humedad de precipitaciones; Huancayo 2021” tiene como principal objetivo de determinar el efecto técnico y económico de los desechos plásticos y cauchos de neumáticos a las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones. La investigación fue realizada por un diseño metodológico cuasi experimental, un método científico y alcance de investigación explicativo, debido a que el proyecto busca mejorar las propiedades de la mezcla bituminosa en caliente con la variable independiente de la adición de caucho de neumático con plástico reciclado.

Se llegó a la conclusión de que la adición del grupo 40% de caucho de neumático + 60% de plástico reciclado y 60% de caucho de neumático + 40% de plástico reciclado son las adiciones más óptimas, debido a que incrementa la resistencia frente a la humedad hasta un 5.5% y 1% respectivamente, además que es un ahorro de costo de producción por metro cubico de s/. 5.49 soles el grupo de 60% de caucho de neumáticos + 40% de plástico de reciclado.

Palabras claves: Mezcla bituminosa, resistencia, caucho de neumático, plástico reciclado, propiedades mecánicas y susceptible a humedad

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el impacto ambiental de los residuos plásticos y caucho de neumáticos ha generado una preocupación creciente en todo el mundo. La acumulación de estos materiales en vertederos y su disposición inadecuada han llevado a una creciente conciencia de la necesidad de encontrar soluciones sostenibles para su gestión.

En esta investigación, las mezclas bituminosas en caliente han surgido como una alternativa prometedora para el reciclaje de estos residuos. Sin embargo, uno de los desafíos a los que se enfrentan estas mezclas es su susceptibilidad al daño por humedad de precipitaciones, lo que puede comprometer su durabilidad y rendimiento a largo plazo.

En este sentido, el presente trabajo de investigación titulado “Análisis técnico – económico de desechos plásticos y caucho de neumáticos en las mezclas bituminosas en caliente, susceptibles a daño por humedad de precipitaciones”. El objetivo principal de la tesis es determinar el efecto técnico y económico de los desechos plásticos y cauchos de neumáticos a las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.

Para lograr este objetivo, se llevará a cabo un estudio exhaustivo que incluirá la caracterización de los materiales de desecho, la evaluación de las propiedades de las mezclas bituminosas, y el análisis económico de la implementación de esta tecnología en la región de Huancayo. Se tiene que los resultados de este estudio contribuirán al desarrollo de soluciones sostenibles para la gestión de residuos plásticos y de caucho de neumáticos, y promuevan la adopción de prácticas más sostenibles en la industria de la construcción en la región.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

Las carreteras tienen un papel muy importante para la sociedad y el desarrollo de una nación; afectando directamente el crecimiento económico mediante la conexión de los mercados y la disminución del costo de transporte. (Perez V., 2005)

En el noveno Consejo Directivo de la Asociación Mexicana del Asfalto se indicó que a nivel mundial la red vial transporta 90% del movimiento de pasajeros y el 70% del movimiento de carga, asimismo indican que el 90% de las vías a nivel mundial están realizadas por Asfalto. (Flores de León, 2015)

En el Perú al 2012 el Ministerio de Transporte y Comunicaciones reporto que la red vial nacional tiene las siguientes condiciones.

Tabla 1:

Actualización del Inventario Básico de las Rutas de la Red Vial Nacional del SINAC - Julio 2011 - R.M. N° 618-2011-MTC/02

Red Vial	Número de rutas	Pavimentadas		No Pavimentadas		Sub Total Existentes		En Proyecto	Total
		km	%	km	%	km	%	km	%
Nacional (*)	116	12 445	53	11 151	47	23 596	100	2 421	26 017
Departamental o Regional	386	1 493	7	21 300	93	22 793	100	6 050	28 843
Vecinal o Rural	4 650	624	1	80 000	99	80 624	100	1 843	82 467
Total	5 152	14 562	11	112 451	89	127 013	100	10 314	137 327

En la tabla 1, se observa que 1'493 km de vías regionales/ departamentales se encuentran pavimentadas, mientras que solo 624 km de vías vecinales o rurales se encuentran pavimentados. A nivel nacional esto suma un bajísimo 11% de vías pavimentadas en el Perú, y un altísimo 89% que aun requieren ser pavimentados. Y más aún, bajo la jurisdicción vecinal/rural el porcentaje es de 1% pavimentado

vs. 99% requiere ser pavimentado para los 80'624 km de vías. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015)

En la ciudad de Huancayo, se observa que las vías se encuentran muy deterioradas ya sea vías principales y secundarias como se observa en la figura 1 y 2. La figura 1 y 2 es la Av. Leoncio Prado y Av. Próceres respectivamente se observa el gran deterioro que tuvo el pavimento y que se ha debido a las precipitaciones y el impacto vehicular.

Figura 1:
Avenida Leoncio Prado luego de la temporada de las precipitaciones.



Figura 2:
Avenida Mariscal Castilla antes de ser reparada.



En esta investigación, se buscará mitigar los desechos plásticos y desechos de neumáticos empleándolos en el diseño y producción de mezclas asfálticas en caliente otorgando impermeabilidad y tener poco daño por humedad.

1.1.2. Problema General

¿De qué manera los desechos plásticos y caucho de neumáticos afectan técnica y económicamente a las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?

1.1.3. Problema Específico

- a. ¿Cuál es el efecto de la combinación a distintas proporciones entre desechos plásticos molidos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?
- b. ¿En qué afecta los desechos plásticos molidos y del caucho de neumáticos triturados en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?
- c. ¿Cuál es el costo unitario de producción con el rango de dosificación óptima al añadir desechos plásticos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar el efecto técnico y económico de los desechos plásticos y cauchos de neumáticos a las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a. Definir el efecto combinado a distintas proporciones entre desechos plásticos molidos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.
- b. Establecer el efecto los desechos plásticos molidos y del caucho de neumáticos triturados en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.
- c. Establecer el costo unitario de producción con el rango de dosificación óptimo al añadir desechos plásticos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Práctica

La justificación práctica es cuando se busca ayudar a resolver un problema o por lo menos contribuir a resolverlo. (Bernal Torres, 2010 pág. 106)

En la investigación, se busca contribuir a mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas con adición de desechos plásticos y desechos de neumáticos empleadas en pavimentos flexibles de la provincia de Huancayo que son mayormente deterioradas por daño por humedad.

1.3.2. Teórica

Busca detallar cuáles son los conocimientos que ayudarán a reducir la brecha existente entre la realidad y lo teórico. (Alvarez Risco, 2020)

La presente investigación pretende otorgar un nuevo diseño de mezcla bituminosa en caliente adicionando la unión de caucho molido de neumático más plástico molido reciclado y de esta manera reducir el daño por humedad casado por las precipitaciones fluviales.

1.3.3. Metodológica

La justificación metodológica es cuando se plantea un nuevo instrumento para recolectar o analizar datos, además contribuyen a la definición de un concepto, variable o relación entre variables. (Hernández Sampieri, y otros, 2014)

Para llegar a contribuir a la solución de daño de humedad en las mezclas asfálticas, se busca realizar un diseño de mezcla con adición de desechos plásticos y desechos de caucho.

1.3.4. Económica

La investigación planteará un nuevo diseño de mezcla asfáltica con un costo unitario menor a lo convencional; de esta manera, se presentará una alternativa para la sociedad en tener mejores alternativas a emplear.

1.3.5. Social

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014) indica que la justificación social es resolver esta pregunta ¿Cuál es su trascendencia para la sociedad? ¿Quiénes se beneficiarán con los resultados de la investigación? ¿Qué alcance o proyección social tiene?

Esta investigación beneficiará a toda la sociedad en caso de que esta solución sea planteada en la realidad, ya que el servicio de las vías será de mayor calidad y prolongada en el tiempo de vida de la vía.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

La presente investigación se ejecutará en el territorio de la provincia de Huancayo perteneciente al departamento de Junín, ya que las vías ejecutadas se encuentran dañadas por humedad provenientes de agua de lluvia.

1.4.2. Temporal

Para la recolección de datos, la investigación se realizará en un laboratorio empleando agregados de la cantera de Matahuasi en el año 2021 para realizar las mezclas asfálticas en caliente.

1.5. Limitaciones

Se encontraron las siguientes limitaciones en la investigación:

- Escasez bibliográfica sobre estudios similares a la presente investigación, limitándonos a investigaciones más cercanas a la situación.
- Se realizará un análisis comparativo con los datos de la investigación, ya que las instituciones públicas tienen un proceso largo para proporcionar datos.

CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Hipótesis

2.1.1. Hipótesis General

Los desechos plásticos y cauchos de neumáticos SÍ afectan técnica y económicamente a las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.

2.1.2. Hipótesis Específicas

- a. Los desechos plásticos molidos mejoran las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.
- b. El caucho de neumáticos triturados optimiza las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.
- c. La dosificación óptima al añadir desechos plásticos y caucho de neumáticos en las mezclas bituminosas en caliente afectan el costo unitario de producción, en la provincia de Huancayo.

2.2. Variables de Investigación

2.2.1. Variable Independiente

Desechos Plásticos y caucho de Neumáticos

2.2.2. Variable Dependiente

Mezcla Bituminosa en Caliente

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes del Problema

3.1.1. Antecedentes Internacionales

Según (Ramírez Villamizar, y otros, 2014) en su tesis **titulada** “*Diseño de Mezcla Asfáltica con Asfalto Caucho Tecnología GAP Graded para la Ciudad de Bogotá*” con el **objetivo** de diseñar un pavimento flexible mediante el mejoramiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando asfalto caucho según tecnología GAP GRADE, empleando metodología.

La investigación llegó a la **conclusión** de proponer una capa de rodadura tipo MDC-19, como rodadura en espesor de 8.0 cm, una capa intermedia de MDC-25 de 8 cm y una capa base MSC-25 de 8 cm, de acuerdo con las especificaciones generales de construcción del INVIAS-2013.

(Plásticos y Medio Ambiente, 2002) en la revista **titulada** “*Plásticos y Medio Ambiente*” tiene como **objetivo** primordial la clasificación de los desechos y el reciclado de los mismos para simplificar los efectos nocivos que acarrear al medio ambiente y por ende a la vida.

Llegó a la **conclusión** de que los desechos plásticos (látex, poliestireno, poli tereftalato de etileno, celulosa y nitrocelulosa) sirven de base para la construcción en general.

Indica (Forigua Orjuela, y otros, 2014) en su investigación **titulada** “*Diseño de Mezclas Asfálticas Modificadas Mediante la Adición de Desperdicios Plásticos*” tiene el **objetivo** de diseñar mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos.

El investigador llegó a la **conclusión** de que el porcentaje óptimo que mejora las propiedades del asfalto son alrededor de 0.4% de trozos de desperdicio de mezcla asfáltica.

La institución (Universidad de los Andes, 2002) en una investigación **titulada** “*Estudio de las Mejoras Mecánicas de Mezclas Asfálticas con Desechos de Llantas*” tiene como **objetivo** primordial establecer de manera confiable la metodología al emplear mezclas asfálticas con caucho producto del desecho de llantas.

La institución empleó **metodología** experimental a las mezclas asfálticas mediante el uso de desechos de llantas y de esta manera llegó a la **conclusión** de que el grano de caucho puede ser empleado como agregado en el proceso seco y como modificador de ligante en proceso húmedo; en ambas condiciones se mejora la resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas; sin embargo, hace que los módulos disminuyan y la deformación plástica incremente con relación a la mezcla convencional.

Además, indica que a menor tamaño de grano de caucho las propiedades son mejores, el empleo de grano de caucho incrementa la vida útil del pavimento; además, el uso de este material en la mezcla asfáltica tiene mayor costo con aproximadamente 26% cuando se emplea 1% de grano y 42% cuando se emplea 2% por la vía seca.

Según (Aranda Bohm, 2017) en su tesis **titulada** “*Evaluación de la Susceptibilidad al Daño por Humedad de Mezclas Asfálticas en Caliente Utilizando Ensayo de Tracción Indirecta*” tesis para optar el título de Ingeniero

Civil tiene como **objetivo** primordial determinar la susceptibilidad al daño por humedad de las mezclas asfálticas en caliente realizadas en laboratorio para carpeta de rodadura de 20mm, empleando en la investigación la **metodología** experimental.

En la tesis se llegó a la **conclusión** de que sí existe la susceptibilidad del daño por humedad de las mezclas asfálticas en caliente con una reducción de 15% respecto a la mezcla convencional y junto a ello el efecto del agua sobre el deterioro del pavimento.

3.1.2. Antecedentes Nacionales

Según (Carrizales Apaza, 2015) en su tesis **titulada** *“Asfalto Modificado con Material Reciclado de Llantas para su Aplicación en Pavimentos Flexibles”* tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil tiene como **objetivo** analizar la mezcla asfáltica modificada con material reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos flexibles. La **metodología** empleada fue de tipo correlacional – explorativa de método cuantitativo y diseño experimental; la investigación fue realizada en tres etapas: la primera fue la revisión de la información, la segunda se basó en realizar ensayos de caracterización, y la tercera en ejecutar la tesis y analizar los datos.

La tesis llegó a la **conclusión** de que la mezcla asfáltica modificada con caucho de llanta no presenta mejoras en el comportamiento físico – mecánico en ningún diseño realizado en la tesis.

Indica (Tueros Davila, 2017) en su investigación **titulada** *“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” investigación para optar el título profesional de Ingeniero Civil tiene como **objetivo** 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. La **metodología** usada en la investigación fue de método científico y método cuantitativo.

Llegó a la **conclusión** de que la incorporación de polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional mejora el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento puesto 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 respectivamente.

Indica (Goicochea Fernandez, 2019) en su tesis **titulada** “*Estudio de un Asfalto con Adición de Caucho de Neumático Reciclado como Polímero Base*” en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil tiene como **objetivo** ver el efecto de la adición de caucho de neumáticos reciclados al asfalto PEN 60/70, en proporciones de 10%, 15% y 20% fabricadas a 160°C, 180°C y 200°C. La **metodología** empleada fue experimental, teniendo un grupo control de asfalto PEN 60/70 y grupo experimental asfalto PEN 60/70 con adición de caucho de neumático reciclado.

Llegó a la **conclusión** de que el comportamiento físico - mecánico del asfalto PEN 60/70 es mejorado con la adición de caucho de neumáticos reciclados; respecto a que disminuye su susceptibilidad térmica, aumenta su cohesión e incrementa su impermeabilidad; garantizando un buen desempeño de la capa de rodadura del pavimento. El proceso de producción de la mezcla asfáltica convencional y

modificada con 20 % de caucho, se observó que la modificada presenta un 24.62 % menor en costo de producción, teniendo un ahorro de S/. 106.87 por metro cúbico de asfalto producido.

Según (Pereda Rodriguez, y otros, 2015) en su investigación **titulada** *“Investigación de los Asfaltos Modificados con el Uso de Caucho Reciclado de Llantas y su Comparación Técnico - Económico con los Asfaltos Convencionales”* investigación para optar el título profesional de Ingeniero Civil tiene el **objetivo** de demostrar mediante ensayos de laboratorio que un asfalto modificado con el uso de caucho reciclado de llantas tiene un mejor comportamiento físico-mecánico y posee ventajas económicas frente a los asfaltos convencionales, mediante su **metodología** que fue experimental pura, debido a que se demuestra qué ventajas tiene emplear caucho reciclado de llantas en las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica.

La investigación llegó a la **conclusión** de que la adición de polvo de caucho mejora las propiedades físico-mecánicas del asfalto RC-70, observándose que su recuperación elástica incrementa en un 37% respecto a la convencional, también de la disminución de la susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica.

Según (Silva Mantilla, 2018) en su investigación **titulada** *“Influencia de la adición de residuos plásticos en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Chiclayo 2018”* tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, tiene como primordial **objetivo** incentivar la aplicación de adición de residuos plásticos como parte de las mezclas asfálticas

en caliente, su **metodología** a emplear fue experimental debido a realizar pruebas del efecto que tiene el residuo de plástico en la mezcla asfáltica.

Llegando a la **conclusión** de que la incorporación de plástico reciclado influye de manera positiva en la mezcla asfáltica en caliente, incrementando y mejorando la estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos e índice de rigidez y disminuyendo los costos unitarios de una mezcla convencional

Indica (Soto Avalos, 2017) en su tesis **titulada** “Influencia de la incorporación de porcentajes de caucho de llanta reciclado sobre los parámetros Marshall en las mezclas asfálticas en caliente” tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, tiene como primordial **objetivo** determinar la influencia de la incorporación de porcentajes de caucho de llantas reciclado sobre los parámetros Marshall en mezclas asfálticas en caliente.

Mediante su **metodología** experimental pura con post prueba y grupo de control, llegando a la **conclusión** de que los parámetros Marshall de la mezcla asfáltica convencional versus la mezcla asfáltica + 1% de caucho de llanta, y en ésta se obtuvo en la estabilidad un incremento en el 2.67%, en el flujo se halló una disminución del 4.08%, el % de vacíos con aire se logró una reducción del 7.17%, mientras que el % de vacíos en el agregado mineral incrementó en 0.73%.

3.2. Marco Teórico

3.2.1. Mezcla Bituminosa en Caliente

3.2.1.1. *Definición*

Son empleadas para la conformación de pavimentos flexibles, es la mezcla de bitumen y agregados pétreos en proporciones exactas.

Además, las proporciones determinan las propiedades físicas de la mezcla y el desempeño como pavimento. (Asphalt Institute, 2000)

Existen dos métodos para determinar apropiadamente las proporciones de bitumen y agregado pétreo, ellos son el Método Marshall y Método Hveem.

3.2.1.2. Agregados Pétreos

El agregado pétreo se refiere a partículas minerales granulares que se usan ampliamente para obras de construcción civil. Las fuentes de agregados incluyen los depósitos naturales de arena y grava, los pavimentos pulverizados de concreto y asfalto, el material pétreo resquebrajado y la escoria de altos hornos.

Los agregados pueden ser obtenidos de diferentes condiciones como se observa en la tabla 2, donde se observa que existen agregados según tipo de explotación, según material a explotar y según su origen.

Tabla 2:
Clasificación de cantera de agregados pétreos

CLASIFICACIÓN DE CANTERAS	
Según el tipo de explotación	
Canteras a cielo abierto:	
<ul style="list-style-type: none"> - En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro. - En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno. 	
Canteras subterráneas.	
Según el material a explotar	
De materiales consolidados o rocas.	
De materiales no consolidados como:	
<ul style="list-style-type: none"> - suelos (tierra), agregados, terrazas - aluviales y arcillas. 	
Según su origen	
Canteras aluviales.	
Canteras de roca o peña.	

Nota: En la tabla en mención, se observa la clasificación de las canteras. Fuente: Elaboración propia

Los agregados a emplear en las mezclas asfálticas en caliente deben cumplir ciertos requisitos geométricos y mecánicos; ya sea para agregado pétreo grueso y fino, estos requisitos se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 3:

Requisitos geométricos para agregados pétreos gruesos en mezclas bituminosas en caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70

Nota: La notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas, de la misma manera se describe la notación 90/70. Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Tabla 4:

Requisitos geométricos para agregados finos en mezclas bituminosas en caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40

Nota: Ensayo para determinar la característica física del agregado fino para la mezcla bituminosa en caliente. Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Tabla 5:

Requerimientos mecánicos para agregados gruesos en mezclas bituminosas en caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx..	35% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00% máx.	1.00% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	

Nota: Condiciones para el agregado grueso, previo análisis para realizar la mezcla bituminosa en caliente. Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Tabla 6:
Requerimientos mecánicos para agregados finos en mezclas bituminosas en caliente

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

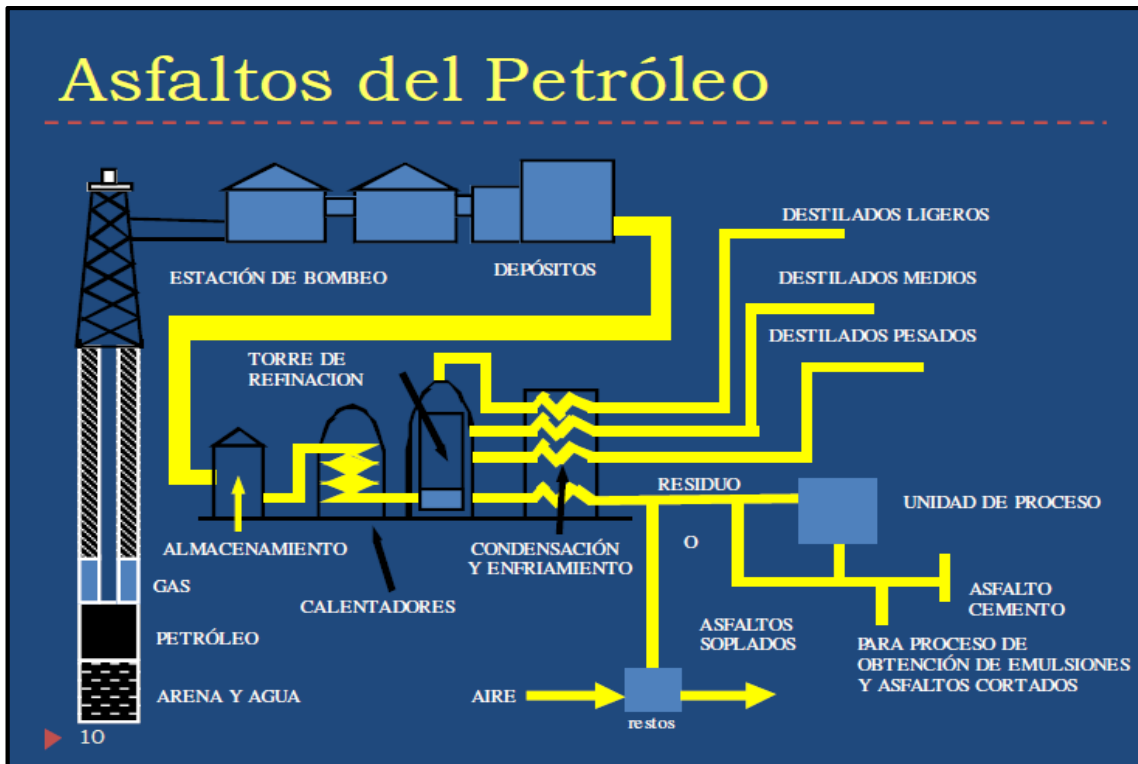
Nota: Condiciones para el agregado fino, previo análisis para realizar la mezcla bituminosa en caliente. Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Luego de realizar la verificación de los agregados pétreos, estos deben cumplir las especificaciones descritas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de acuerdo al uso elegido, en la tabla se muestra los usos granulométricos ya establecidos.

3.2.1.3. *Bitumen*

Material aglutinante de consistencia variable y color oscuro que se puede encontrar naturalmente y/o por refinación de petróleos (ver figura 3). Está constituido por mezcla compleja de hidrocarburos no volátiles de elevado peso molecular.

Figura 3:
Obtención de Asfalto por refinación de Petróleo



Los asfaltos naturales pueden encontrarse en depresiones de la corteza terrestre constituyendo los “Lagos de Asfalto” o aparecen impregnados en poros de rocas formando las llamadas “Rocas Asfálticas”.

En el Perú, se emplean cementos asfálticos (bitumen) de petróleo clasificados por su penetración, los cuales son preparados especialmente por presentar cualidades y consistencias propias para uso directo en la construcción de pavimentos asfálticos. Este tipo de cemento asfáltico (bitumen) tiene las propiedades de aglutinante, impermeabilizante, flexibilidad, durabilidad, alta resistencia a los ácidos y álcalis en general. Este cemento asfáltico (bitumen) debe cumplir los requisitos descritos en el manual de especificaciones técnicas (ver tabla 8). Además, que este tipo de cemento asfáltico (bitumen) se debe elegir según temperatura del lugar (ver tabla 9).

Tabla 7:
Especificaciones del bitumen asfáltico clasificado según penetración

Tipo		Grado de Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	300	300
Punto de inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99.0		99.0		99.0		99.0		99.0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3.2 mm, 5h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0.8		0.8		1.0		1.3		1.5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

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

(3) Si la ductilidad es menor de 100cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15.5°C es mínimo 100cm a la velocidad de 5cm/min.

Tabla 8:
Selección del tipo de cemento bituminoso

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

3.2.1.4. Propiedades de la mezcla bituminosa

A) Estabilidad y Flujo

La **estabilidad** de una mezcla asfáltica se define como su capacidad para resistir la deformación ante el efecto de las cargas impuestas por los vehículos. Los pavimentos con baja estabilidad sufren ahuellamientos, corrimientos y ondulaciones. La estabilidad de una mezcla depende de: la fricción interna, de la cohesión y de la viscosidad de masa (inercia). Las mezclas asfálticas al ser un sistema granular—cohesivo resisten los esfuerzos de corte mediante tres parámetros fundamentales, que se detallan en la siguiente expresión:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi + \eta^* d\gamma/dt$$

Donde:

- τ = Resistencia al corte
- c = Cohesión o resistencia al corte "inicial"
- σ = Componente normal al plano de corte
- ϕ = Ángulo de fricción interna.
- η^* = Viscosidad de masa
- γ = Deformación por corte
- t = Tiempo en que actúa el esfuerzo

La **cohesión (c)** es la fuerza aglutinante propia de una mezcla asfáltica para pavimentación, y se corresponde básicamente con el aporte del ligante asfáltico; es independiente del esfuerzo normal y de la velocidad de deformación. El asfalto sirve para

mantener las presiones de contacto desarrolladas entre las partículas del agregado. La cohesión varía directamente con la intensidad de carga, el área cargada y la viscosidad del ligante. Varía inversamente con la temperatura. La cohesión aumenta, hasta un máximo, con el incremento en el contenido de asfalto en la mezcla, y después de este valor comienza a decrecer.

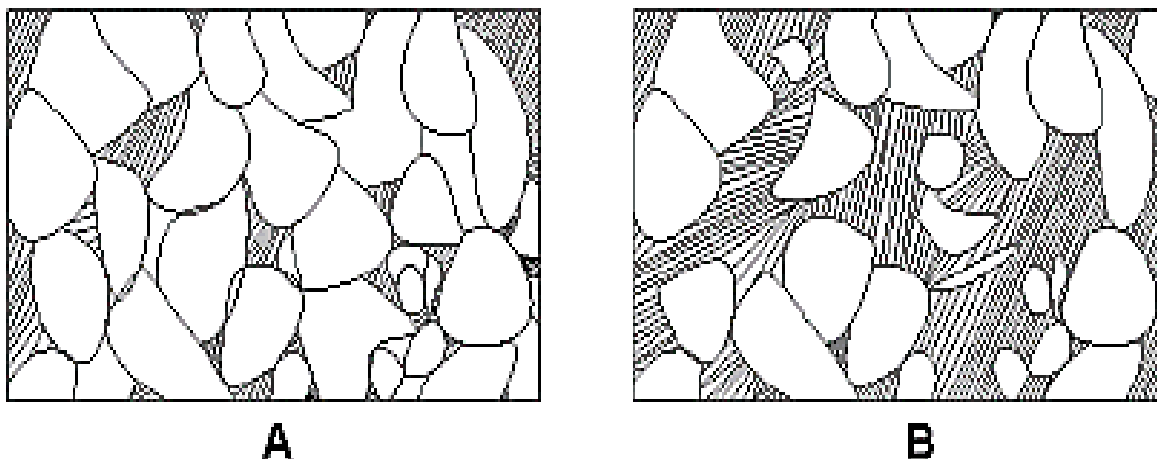
La **fricción interna**, que es básicamente el aporte de los granos a la estabilidad de una mezcla, depende de la textura superficial, de la forma de las partículas y granulometría del agregado, así como de la densidad de la mezcla compactada, y de la proporción de asfalto en la mezcla. Es una combinación de la resistencia friccional y de la trabazón del agregado dentro de la mezcla. La resistencia friccional aumenta con la rugosidad superficial de las partículas del agregado, y también se incrementa a medida que el área de contacto entre las partículas se hace mayor. La resistencia por trabazón depende del tamaño y forma de las partículas.

La **viscosidad de masa**, cuando la magnitud del esfuerzo de corte supera las resistencias friccionales antes mencionadas, el material continúa deformándose a esfuerzo constante, con determinada velocidad (fluencia plástica), desarrollando una resistencia viscosa que es función de la temperatura y de la velocidad de deformación.

La estabilidad aumenta con la rugosidad superficial de las partículas del agregado y también con el área de contacto entre partículas (A). Cuando existe demasiado asfalto en la mezcla, esta

lubrica las partículas disminuyendo de esta manera la fricción que se produce entre ella (B).

Figura 4:
Parte interna de una Mezcla Asfáltica



Nota: A) Buena Fricción y Cohesión, B) Demasiada Cohesión y una pobre Fricción.

El flujo es la deformación que alcanza a una carga máxima, indicando así un comportamiento elástico que tiene la mezcla asfáltica.

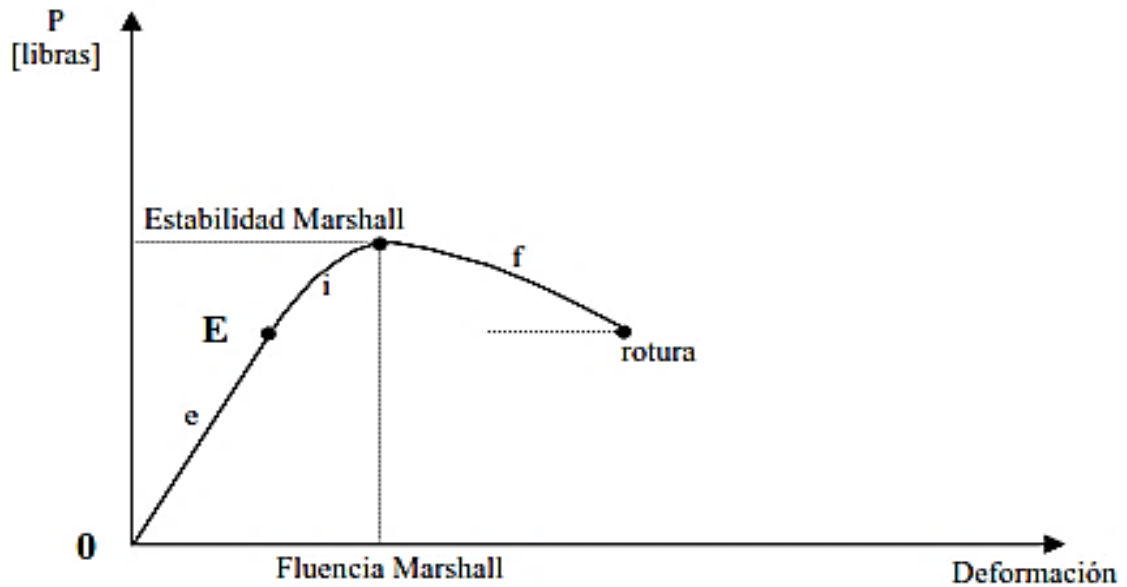
El ingeniero Adrián Nosetti indica:

“El parámetro de Estabilidad se obtiene en el método Marshall mediante la rotura de las probetas en condiciones normalizadas (60°C y una velocidad de avance de (2pulgadas/minuto); por lo expuesto, la viscosidad de masa en el ensayo Marshall es constante puesto que la temperatura y la velocidad de deformación son parámetros que no varían en dicho ensayo.

Por lo expresado anteriormente, también la curva de carga-deformación en el ensayo Marshall es similar a la obtenida por compresión inconfiada y, antes de alcanzar la carga máxima, existen deformaciones plásticas con expansión lateral y la falla

se produce por corte según planos definidos. La curva característica es la que se presenta en el siguiente gráfico.

Figura 5:
Deformación de una mezcla bituminosa en la prensa Marshall



Se nota un periodo de comportamiento casi elástico “e”, existiendo proporcionalidad entre las cargas y las deformaciones hasta el punto indicado como “E.” Puede considerarse que en el segmento “O-E” las deformaciones son recuperables por elasticidad instantánea y/o retardada.

Luego a partir del punto E y hasta alcanzar la carga máxima indicada en el gráfico como Estabilidad Marshall, la curva toma la forma de una parábola presentando un periodo elasto-plástico “i”; las deformaciones son mayores en este periodo en relación al periodo elástico para iguales incrementos de carga con una pérdida de la reacción elástica, dado por la diferencia entre la curva real y la prolongación del segmento O-E.

El momento en que se llega al máximo es aquel en que se destruye la estructura granular; la mezcla aquí ya se ha dislocado por los

efectos de los esfuerzos de corte, o sea se ha producido la falla de la misma llegando al máximo valor de corte que puede resistir. Por último, la curva presenta un periodo en que la mezcla fluye plásticamente “f”, con una deformación de mayor magnitud en la parte descendente de la curva antes de la falla total.

B) Densidad y vacíos

Se realiza el análisis de densidad y vacíos para cada serie de especímenes de prueba. Resulta conveniente determinar la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para al menos dos contenidos de asfalto, preferentemente aquellos que estén cerca del contenido óptimo de asfalto. Utilizando la gravedad específica y la gravedad específica efectiva del total del agregado, se calcula el porcentaje de asfalto absorbido en peso del agregado seco, porcentaje de vacíos (Va); porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA) y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA), ver figura 6. (Análisis Comparativo de los Métodos Marshall y Superpave para Compactación de Mezclas Asfálticas, 2005)

C) Gravedad específica

La prueba de gravedad específica puede desarrollarse tan pronto como el espécimen se haya enfriado en un cuarto de temperatura. Para determinar cuál norma se debe utilizar, se realizarán pruebas de absorción a la mezcla asfáltica compactada; si la absorción es mayor al 2%, se utilizará la Norma ASTM D1188, en caso

contrario, se recurrirá a la Norma ASTM D2726. (Aspectos del Diseño Volumetrico de Mezclas Asfálticas, 2004 pág. 89)

D) Gravedad específica bulk, G_{sb}

La relación del peso en el aire de un material permeable (incluyendo los vacíos permeables e impermeables del material) a temperatura establecida al volumen del agregado incluyendo los vacíos permeables.

$$G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp})\gamma_w}$$

Donde:

G_{sb}	gravedad específica bulk del agregado
W_s	peso del agregado seco
V_s	volumen del agregado con los vacíos impermeables
V_{pp}	volumen de vacíos permeables
γ_w	peso específica del agua, 1 gr/cm ³

E) Gravedad específica aparente. G_{sa}

Es la relación del peso en el aire de un material impermeable con respecto al volumen del agregado incluyendo los vacíos impermeables.

$$G_{sa} = \frac{W_s}{V_s\gamma_w}$$

Donde:

G_{sa}	gravedad específica aparente
W_s	peso del agregado seco
V_s	volumen del agregado con los vacíos impermeables
γ_w	peso específica del agua, 1 gr/cm ³

F) Gravedad específica efectiva, G_{se}

Relación del peso en el aire de un material permeable (excluyendo los vacíos permeables al asfalto) con respecto al volumen del

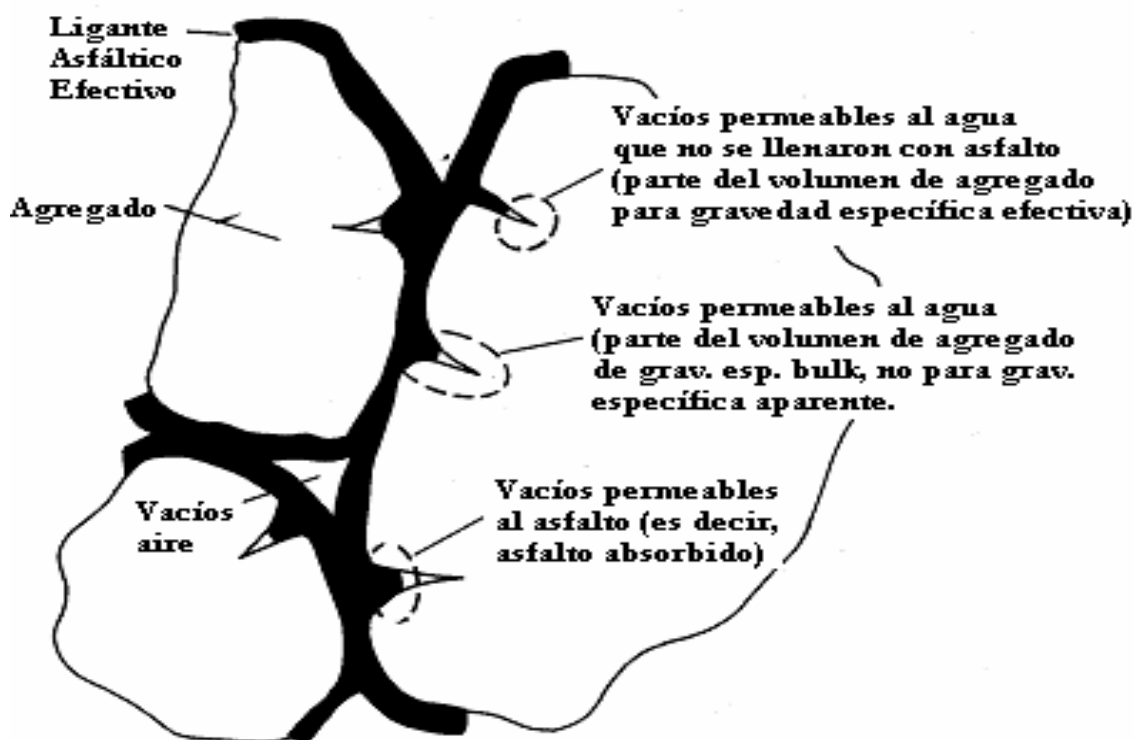
agregado con los vacíos impermeables y vacíos permeables que no absorbieron asfalto.

$$G_{se} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp} - V_{ap})\gamma_w}$$

Donde:

G_{se}	gravedad específica efectiva
W_s	peso del agregado seco
V_s	volumen del agregado con los vacíos impermeables
γ_w	peso específico del agua, 1 gr/cm ³

Figura 6:
Propiedades volumétricas de la mezcla bituminosa compactada



G) Vacíos en el agregado mineral (VMA)

Consideran los volúmenes ocupados por los vacíos de aire atrapados y el asfalto efectivo. El diseño considera un porcentaje mínimo de VMA dependiendo del tamaño del agregado. Si el porcentaje del VMA es bajo, la película de asfalto será delgada y

la mezcla será susceptible a oxidación. Con altos porcentajes de VMA, la película de asfalto será más gruesa y la mezcla será más durable.

Una graduación densa puede reducir el porcentaje de VMA, reduciendo la película de asfalto y, por consiguiente, reduciendo la durabilidad de la mezcla y dándole un aspecto seco.

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

Donde:

VMA	vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen bulk
G _{sb}	gravedad específica bulk del agregado total
G _{mb}	gravedad específica bulk de la mezcla compactada (AASHTO T166; ASTM D1188 o D2726)
P _s	contenido de agregado, porcentaje del peso total de la mezcla

H) Contenido de asfalto efectivo (Pbe)

El contenido de asfalto total de la mezcla menos la porción de asfalto absorbida por el agregado (ver figura 7)

I) Vacíos llenos con bitumen asfáltico (VFA)

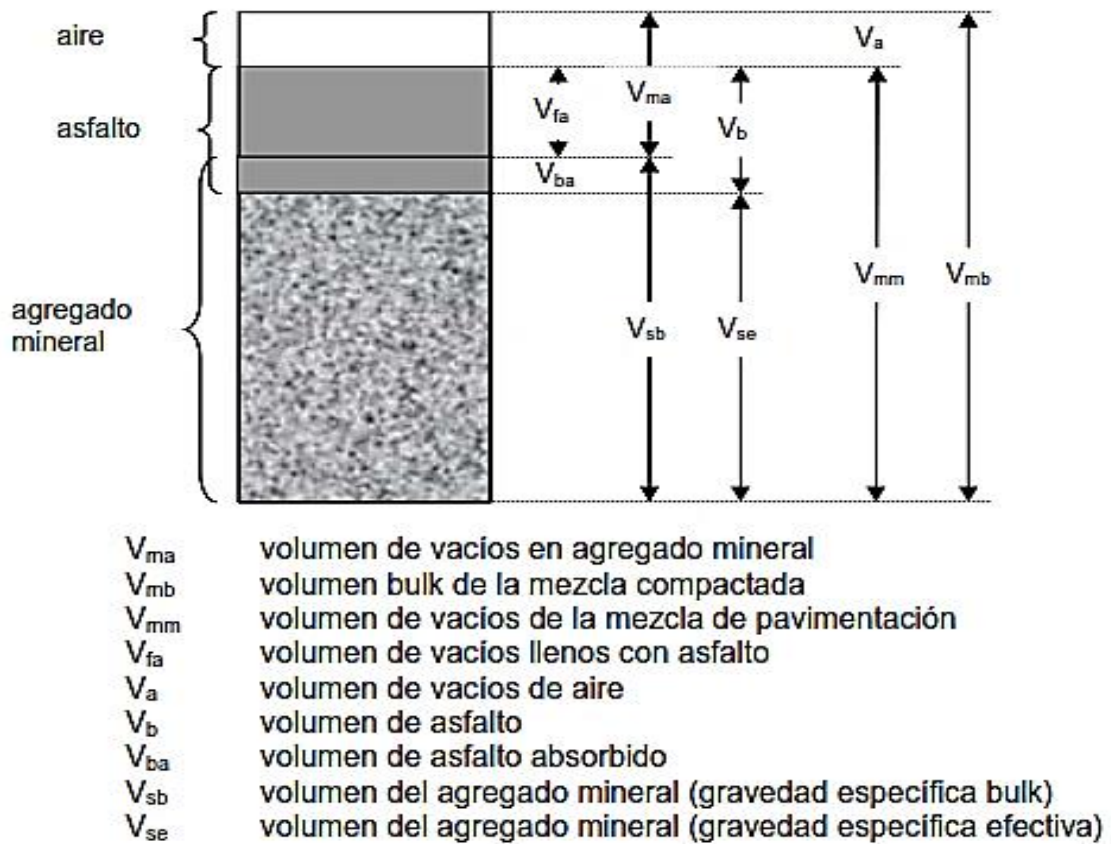
Porción del volumen de vacíos entre las partículas de agregado (VMA) que es ocupado por el asfalto efectivo. (ver figura 7)

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - V_a)}{VMA}$$

Donde:

VFA	vacíos llenados con asfalto, porcentaje de VMA
VMA	vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen bulk
V _a	vacíos de aire en mezcla compactada, porcentaje del volumen total.

Figura 7:
Esquema de una mezcla bituminosa compactada



J) Desgaste

La propiedad de desgaste se da en el equipo Los Ángeles evaluando un índice numérico del aumento de pérdida de masa habido, como consecuencia del ensayo de los Ángeles.

K) Daño por humedad

Esta característica tiene dos propósitos; primero es identificar si una combinación de bitumen asfáltico y agregado es susceptible a la acción del agua; segundo, mide la efectividad de los aditivos anti desprendimiento o de mejora de adherencia.

3.2.1.5. Especificaciones Técnicas

En la presente investigación, se tomará en cuenta estas especificaciones técnicas descritas por el manual de carreteras (ver tabla 9).

Tabla 9:
Especificaciones técnicas para mezcla bituminosa en caliente

Parámetros de diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, numero de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8.15	5.44	4.53
	KN	KN	KN
3. Flujo 0.01" (0.25mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral (VMA)	Ver tabla 11		
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (2)	1700 - 4000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 mín.		

(1) A la fecha, se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen entre 2% a 4%; es deseable este rango para zonas mayores a 3000 msnm.

(2) Para zonas de climas frío es deseable que la relación Est./flujo sea la menor posible.

(3) Índice de compactibilidad mínimo será 5.
Índice de compactibilidad se define como:

$$\frac{1}{\text{GEB } 50 - \text{GEB } 5}$$

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

Tabla 10:
Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2.36 mm (N.º8)	21	-
4.75 mm (N.º4)	18	-
9.50 mm (3/8")	16	15
12.5 mm (1/2")	15	14
19.0 mm (3/4")	14	13
25.0 mm (1")	13	12
37.5 mm (1 1/2")	12	11
50.0 mm (2")	11.5	10.5

3.2.2. Plásticos

3.2.2.1. Definición

Los plásticos son materiales compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, y son fáciles de moldear y modificarlas ya sea de tamaño contextura o forma colocándole a una determinada compresión y temperatura.

Existen cifras alarmantes en el que cada año se produce 300 millones de toneladas de residuos plásticos en el planeta, la acumulación en peso de estos 300 millones de toneladas es casi el mismo peso de los 7600 millones de habitantes en el planeta y eso es cada año. (Ruiza Ostoic, 2019)

En el Perú, sólo se recicla el 2% de los residuos plásticos, y nosotros los peruanos producimos más de 350 kg. de basura al año. Eso viene a ser diariamente unas 19000 toneladas de residuos plásticos a nivel nacional. (Ruiza Ostoic, 2019)

La Organización Panamericana de la Salud indica que los desechos plásticos son el segundo material más contaminante en muchos países latinoamericanos como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 11:
Porcentaje de desechos sólidos en algunos países de Latinoamérica

País / Ciudad	Cartón y papel	Plásticos	Vidrio	Metal	Textiles	Orgánicos Putrescibles	Otros e Inerte
México	20.9	8.4	7.6	3.1	4.5	44	11.5
Perú	7.5	4.3	3.4	2.3	1.5	54.5	25.9
Costa Rica	20.7	17.7	2.3	2.1	4.1	49.8	3.3
Ecuador	9.6	4.5	3.7	0.7	ND	71.4	ND
Caracas	22.3	11.7	4.5	2.9	4.1	41.3	11.2

En la tabla 12, se observa la generación de desechos sólidos en kilogramo por habitante generado en un día, observándose que el Perú tiene 0.53 kg/habitante/día en desechos domésticos y 0.71 kg/habitante/día en desechos municipales

Tabla 12:
Generación de desechos per cápita para países de Sudamérica (kg/habitante/día)

País	Domésticos	Municipales
Argentina	0.82	1.12
Brasil	ND	0.88
Colombia	0.69	0.69
Perú	0.53	0.71
Ecuador	0.69	ND
Bolivia	0.49	ND
Venezuela	0.89	1.03

3.2.3. Caucho de Neumático

3.2.3.1. Definición

Un neumático es un elemento mecánico compuesto por caucho, elementos químicos, material textil y armadura de acero; con la finalidad de soportar grandes cargas al trasladar.

Figura 8:
Contenido de neumático

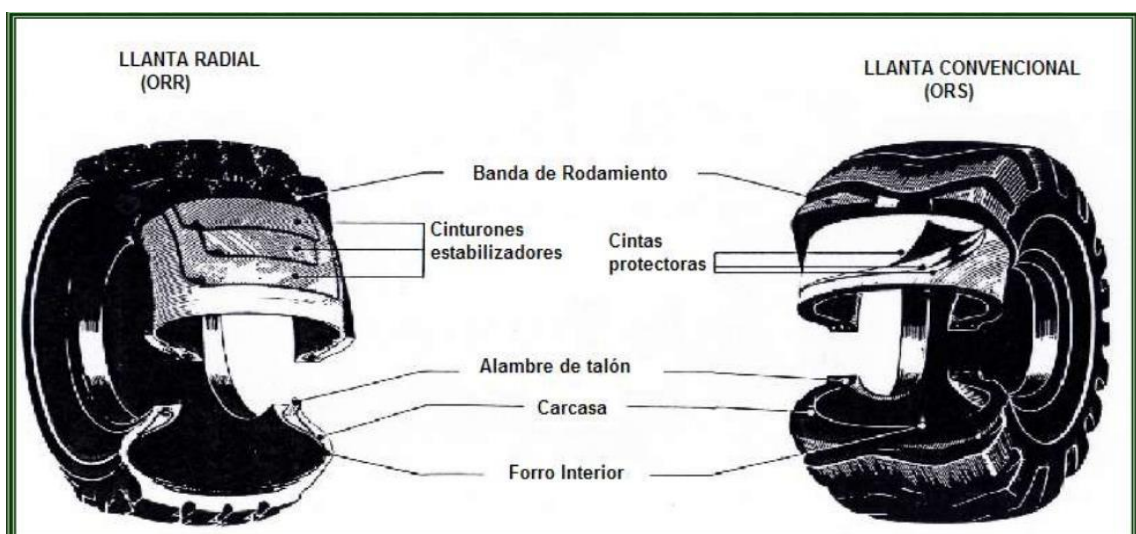


Figura 9:
Contenido de neumático



3.2.3.2. *Desechos de Caucho de Neumáticos*

En la actualidad, en Perú, los neumáticos no son reciclados en su totalidad, algunos lo mantienen en el techo de sus viviendas, en los botaderos o incinerados ocasionando contaminación ambiental.

El tratamiento, proceso, reutilización y reciclamiento de desechos sólidos se ha transformado en una manera de generar dinero a personas que vieron en este material una forma de prosperidad por su eventual crecimiento en la producción y demanda. La gran cantidad y masiva producción de neumáticos con el incremento de compra vehicular genera incremento en desechos de neumáticos, ya que existen dificultades para desaparecerlos, creando botaderos de neumáticos, los cuales generan una problemática para las entidades del medio ambiente de los países.

Figura 10:
Acopio de llantas desechadas



La población peruana se las ingenió por reutilizar los neumáticos, ya sea para crear pisos para automóviles o usarlas como decoración en lugares recreacionales como se observa en la figura 11.

Figura 11:
Uso de neumáticos reciclados



CAPITULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Métodos y Alcance de la Investigación

4.1.1. Método Científico

El método científico es el procedimiento o instrumento de la ciencia adecuado para obtener la expresión de las cosas, además permite comprobar si una hipótesis dada merece el rango de ley. (Ramon Ruiz, 2007)

En esta investigación, se empleará el método científico, ya que se está planteado la hipótesis de que los desechos plásticos y caucho de neumático favorecen a las mezclas asfálticas frente al daño por humedad de agua de lluvia.

4.1.2. Alcance Explicativo

Los estudios explicativos van mucho más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, más bien pretenden responder por las causas de eventos y fenómenos físicos y sociales. (Hernández Sampieri, y otros, 2014)

Se empleará el alcance explicativo, debido a que se llegará a responder el fenómeno causado por la adición de desechos plásticos y caucho de neumáticos en las mezclas asfálticas en caliente dañadas por humedad.

4.2. Tipo de investigación

La investigación aplicada busca modificar la realidad para satisfacer las demandas de la vida humana. (Mejia Mejia, 2010)

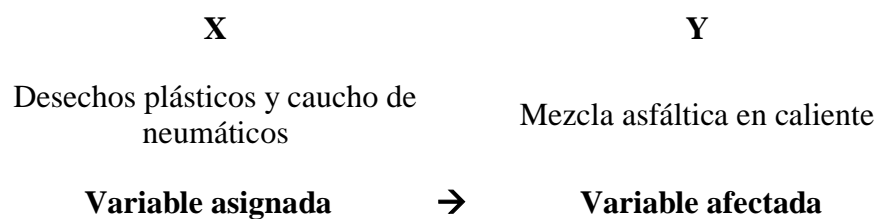
En la tesis, se buscará emplear mejoras en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente al emplear desechos plásticos y caucho de neumáticos; así mismo, esta nueva mezcla será resistente a precipitaciones.

4.3. Diseño de Investigación

4.3.1. Diseño Cuasi-Experimental

Denominación empleada para referirse a los diseños en que los sujetos no son asignados al azar a los grupos experimentales y control. (Sanchez Carlessi, y otros, 2018)

En la presente investigación, las variables no serán asignados al azar, serán relacionadas con conveniencia propia y acorde a la investigación.



4.4. Población de la Investigación

La población o universo es el conjunto de sujetos al que se puede ser generalizado los resultados del trabajo. (Gonzales Castro, y otros, 2011)

La población son todas las mezclas asfálticas en caliente diseñadas en los laboratorios en la provincia de Huancayo en el 2021.

4.5. Muestra de la Investigación

En la presente investigación, se realizará un muestreo no probabilístico, donde se obtiene el número de muestras a analizar por conveniencia propia. En la siguiente tabla, se detalla la cantidad total de muestras a analizar y se especifica de qué manera se tomarán las muestras.

Tabla 13:
Explicación de las muestras a tomar

Huso granulométrico	MAC – 2
Curvas granulométricas	1
Porcentaje de asfalto	Total

Diseño optimo		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8
Caucho	Plástico	Porcentaje de adición del filler							Total
0%	100%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	6
20%	80%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	6
40%	60%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	6
60%	40%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	6
80%	20%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	6
100%	0%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	6
Ensayos a trabajar		Numero de briquetas por ensayo							
Estabilidad, flujo y vacíos									3
Estabilidad Retenida									3
Desgaste por Cántabro									4
Tracción Lottman									6
Total de briquetas por punto ensayado									16

4.6. Técnica de Investigación

La técnica empleada es de Observación directa facilita conseguir información directa y creíble, cuando se haga por medio de un trámite sistematizado y muy controlado por lo cual utilizan medios audiovisuales muy complejos. (Bernal Torres, 2010)

La técnica a emplear en la presente investigación es de **Observación directa**.

4.7. Instrumento de Investigación

(Lobo, 2012 pág. 21) indica que los instrumentos captan la información de manera selectiva y precisa, es decir, solo aquella información que da cuenta al fenómeno en estudio y no otra.

El instrumento de investigación será mediante la **ficha de recopilación de datos**, lo cual implica extraer información directamente del lugar observando los fenómenos.

4.8. Elaboración del experimento para toma de datos

4.8.1. Caracterización de materiales

4.8.1.1. Piedra chancada $\frac{3}{4}$ "

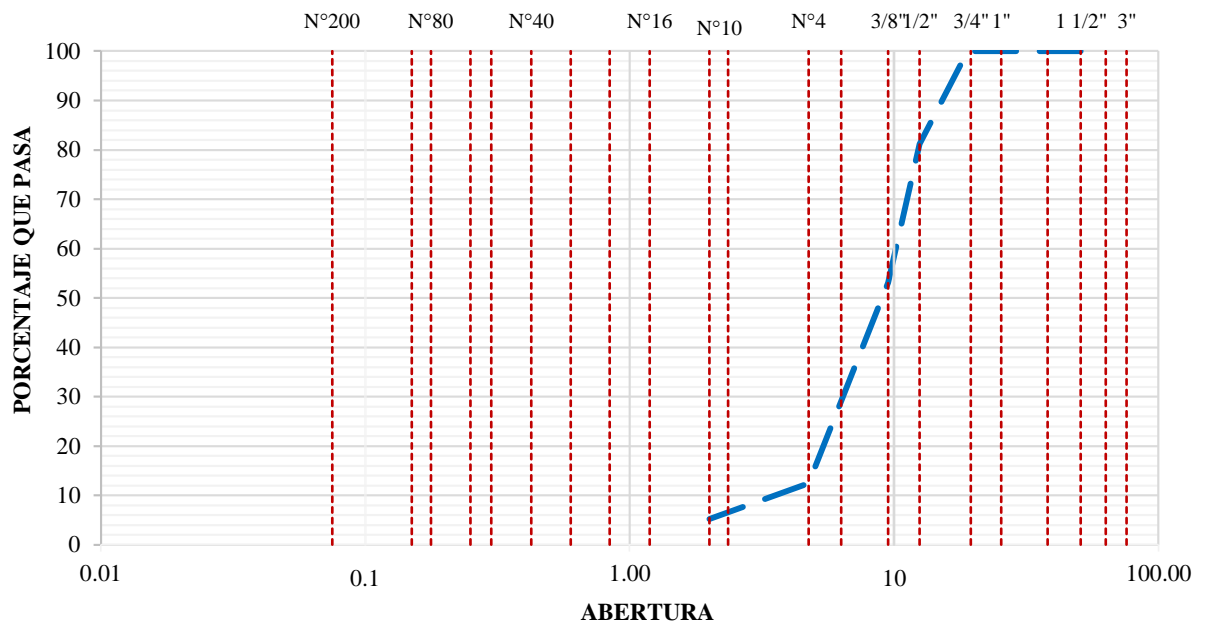
El material nombrado piedra chancada es un material procesado mediante una máquina chancadora; de esta manera, se tiene un material muy bien graduado como se observa su análisis granulométrico en la tabla 15 y su respectiva curva granulométrica en la figura 12.

Tabla 14:

Ensayo granulométrico de material procesado por chancado (Piedra chancada $\frac{3}{4}$ ")

TAMIZ		PESO (g)		PORCENTAJE (%)		
(Pulg)	(mm)	USADO	RETEN	PARC	ACUM	PASA
3/4"	19.000		--	--	--	100.0
1/2"	12.500		273	18.8	18.8	81.2
3/8"	9.500	<i>1450.0</i>	407	28.1	46.9	53.1
#4	4.750		590	40.7	87.6	12.4
#10	2.000		104	7.2	94.8	5.2
Fondo	0.000		75.4	5.2	100.0	0.0

Figura 12:
Línea de curva granulométrica de piedra chancada de ¾"



4.8.1.2. Arena chancada

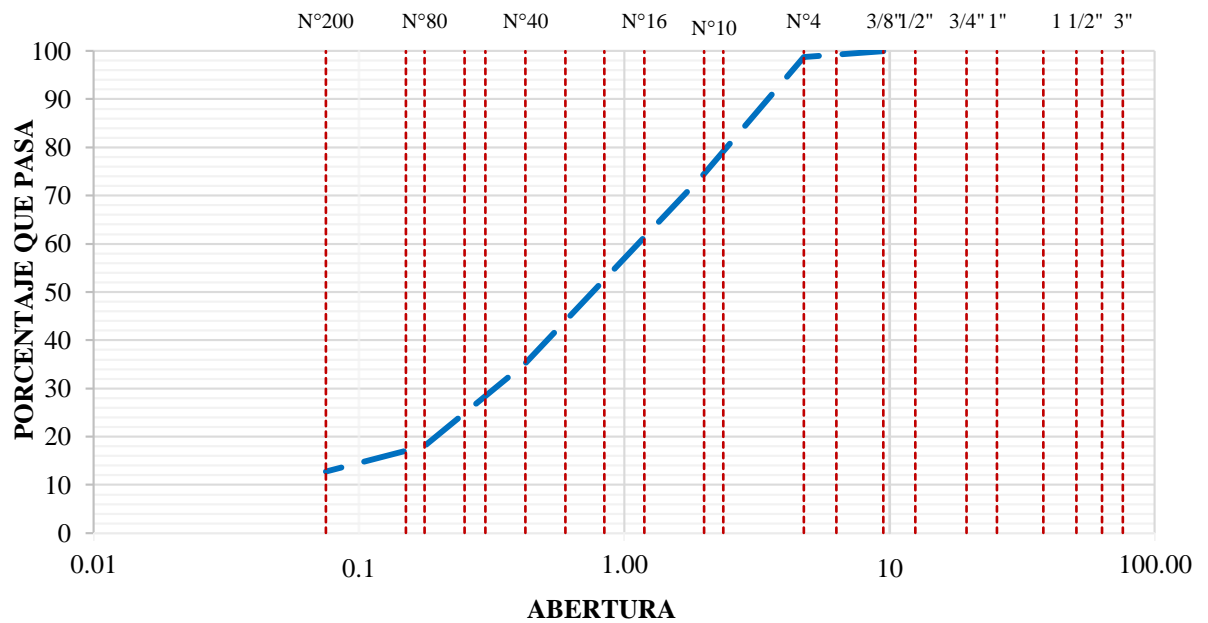
El material fino empleado es proveniente del proceso de chancado de piedra, obteniendo así el material fino llamado polvillo, su análisis granulométrico se muestra en la tabla 16 y la curva obtenida en la figura 13.

Tabla 15:
Ensayo granulométrico de material polvillo de roca (Arena chancada 3/16")

TAMIZ		PESO (g)			PORCENTAJE (%)	
(Pulg)	(mm)	USADO	RETEN	PARC	ACUM	PASA
3/8"	9.500		--	--	--	100.0
#4	4.750		13	1.3	1.3	98.7
#10	2.000		238	24.2	25.5	74.5
#40	0.425	985.00	387	39.3	64.8	35.2
#80	0.177		168	17.1	81.9	18.1
#200	0.075		52	5.3	87.2	12.8
Fondo	0.000		126.1	12.8	100.0	

Figura 13:

Línea de curva granulométrica de arena chancada obtenida de piedra chancada



4.8.1.3. Agregado zarandeado

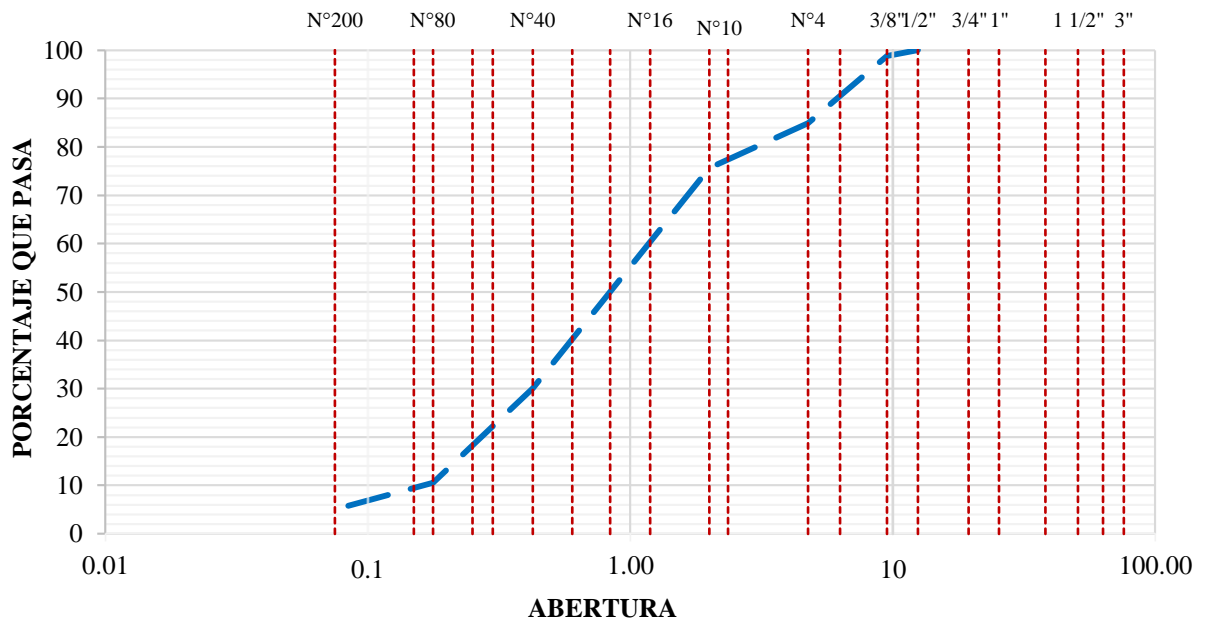
Se emplea en el experimento que también se usó la arena obtenida de río, la cual solo fue zarandeada para eliminar los materiales perjudiciales. En la tabla 17, se observa el ensayo granulométrico y en la figura 14 la curva obtenida del material.

Tabla 16:

Ensayo granulométrico de material lavado de río (Arena zarandeada 3/8")

TAMIZ		PESO (g)			PORCENTAJE (%)	
(Pulg)	(mm)	USADO	RETEN	PARC	ACUM	PASA
1/2"	12.500		--	--	--	100.0
3/8"	9.500		12	1.2	1.2	98.8
#4	4.750		142	13.9	15.1	84.9
#10	2.000	1023.40	95	9.3	24.4	75.6
#40	0.425		466	45.5	69.9	30.1
#80	0.177		201	19.6	89.5	10.5
#200	0.075		56	5.5	95.0	5.0
Fondo	0.000		51.2	5.0	100.0	--

Figura 14:
Línea de curva granulométrica de arena zarandeada



4.8.1.4. Combinación de agregados para la mezcla

Los agregados empleados fueron combinados teóricamente como se observa en la tabla 17, viendo que la combinación adecuada es que la piedra chancada incide en 37%, la arena chancada en 28% y arena zarandeada en 35%, de esta manera cumpliendo con la especificación granulométrica MAC-02.

Tabla 17:
Combinación teórica para mezcla asfáltica bituminosa

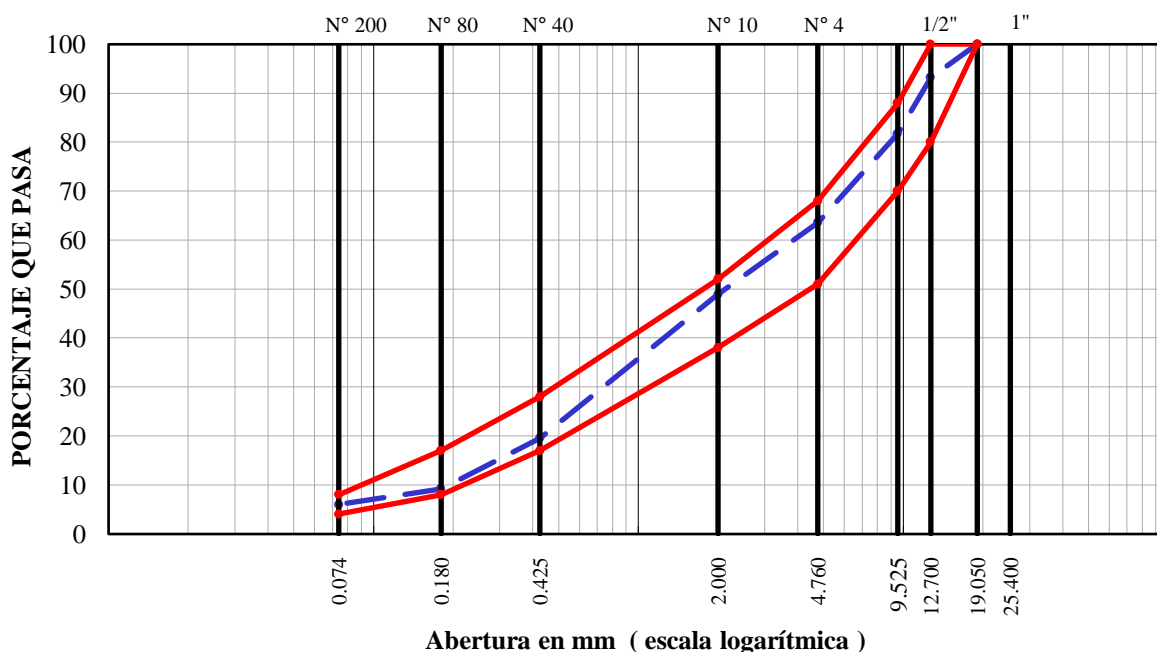
Tamices y aberturas (mm)		AGREGADOS A INTERVENIR			Mezcla MAC-2		
		PDR. CHANC. 3/4"	AR. CHANC. <3/16"	AR. ZARAND. <3/8"	% PAS MEZCLA	ESPECIFI.	
						MAC-02	
		37.0%	28.0%	35.0%			
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0		
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	93.0	80	100
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	82.2	70	88
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	62.0	51	68
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	49.2	38	52
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	20.4	17	28
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	8.8	8	17
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.3	4	8

En función a las condiciones establecidas en la tabla 17, se realizó el análisis físico de lo expuesto anteriormente, observándose que no existe variedad en el análisis granulométrico (ver tabla 18 y curva granulométrica en la figura 15).

Tabla 18:
Análisis granulométrico de la combinación física de agregados

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE retenido	PORCENTAJE acumulado	PORCENTAJE que pasa	ESPECIFIC. MAC - 2
3/4"	19.050	--	--	--	100.0	<i>100</i>
1/2"	12.700	3400.0	6.8	6.8	93.2	<i>80 - 100</i>
3/8"	9.525	5750.0	11.5	18.3	81.7	<i>70 - 88</i>
N°4	4.760	9070.0	18.1	36.4	63.6	<i>51 - 68</i>
N° 10	2.000	184.0	14.7	51.1	48.9	<i>38 - 52</i>
N° 40	0.425	368.7	29.4	80.5	19.5	<i>17 - 28</i>
N° 80	0.180	129.5	10.3	90.8	9.2	<i>8 - 17</i>
N° 200	0.074	40.4	3.2	94.0	6.0	<i>4 - 8</i>
< 200	-	75.0	6.0	100.0		

Figura 15:
Curva granulométrica de la combinación física de los agregados



4.8.1.5. Ensayos por agregado total

La combinación de agregados tiene que ser analizada como esqueleto de la mezcla asfáltica bituminosa, observándose un resumen de los ensayos efectuados en la tabla 19 y también verificando que cumple las especificaciones técnicas descritas en el manual de carreteras.

Tabla 19:

Verificación de las características mecánicas del agregado para mezcla asfáltica bituminosa

Descripción de Ensayo	Proyecto	Esp. Técnicas
Equiv. de Arena	72%	70% min
Caras fracturadas (1caras / 2 caras a más)	93.4 / 80.1	90 / 70
Chatas y Alargadas	4.9%	15% max
Abrasión Los Ángeles	22.14%	35% max
P.e. de la Grava (ret. #4)	2.703 gr/c.c.	--
P.e. de la Arena (pas. #4)	2.669 gr/c.c.	--
Límite (malla #40)	N.P.	N.P.
Límite (malla #200)	N.P.	N.P.

4.8.2. Diseño convencional de la investigación

En el presente proyecto, se realizó el diseño de mezcla asfáltica bituminosa base, esta se encuentra en función de la combinación de los agregados. Para la obtención de las propiedades mecánicas de la MAC se realizó mediante el ensayo Marshall, en primera condición se añadió el 4.0% de cemento asfáltico en la mezcla obteniendo los datos que se observan en la tabla 20.

Tabla 20:

Propie. Mecánicas con 4.0% en la MAC base

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(1)_CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.00	4.00	4.00	4.00
(2)_AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	34.98	34.98	34.98	--
(3)_AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	61.02	61.02	61.02	--

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(5)_PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c	1.0323	1.0323	1.0323	--
(6)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c	2.703	2.703	2.703	--
(7)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c	2.669	2.669	2.669	--
(9)_PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1215.1	1214.8	1216.7	--
(10)_PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1216.2	1215.7	1217.8	--
(11)_PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	693.6	693.8	698.5	--
(12)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	522.6	521.9	519.3	--
(16)_PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.325	2.328	2.343	2.332
(17)_PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c	2.511	2.511	2.511	
(18)_VACÍOS (17-16)*100/17	%	7.40	7.30	6.70	7.10
(19)_PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c	2.681	2.681	2.681	--
(20) V.M.A. $100-(2+3+4)*(16/19)$	%	16.7	16.7	16.1	16.5
(21) VACÍOS LLENOS CON C.A. $100*(20-18)/20$	%	55.8	56.2	58.4	56.8
(22)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/c.c	2.671	2.671	2.671	--
(23)_C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL $(100*5*(22-19))/(22*19)$	%	--	--	--	--
(24)_CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO $1-(23*(2+3+4)/100)$	%	4.15	4.15	4.15	--
(25)_FLUJO	mm	2.50	2.10	2.60	2.40
(26)_ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	887.6	954.5	869.9	--
(27)_FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	--
(28)_ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	888	955	870	904
(29)_ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3550	4545	3346	3814

En la tabla 21, se observa las propiedades mecánicas de la MAC al emplear 4.5% de cemento asfáltico en los especímenes Marshall.

Tabla 21:
Propie. Mecánicas con 4.5% en la MAC base

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(1)_CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.50	4.50	4.50	4.50
(2)_AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	34.80	34.80	34.80	--
(3)_AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	60.70	60.70	60.70	--
(5)_PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c	1.0323	1.0323	1.0323	--
(6)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c	2.703	2.703	2.703	--
(7)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c	2.669	2.669	2.669	--
(9)_PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1213.2	1216.4	1210.4	--

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(10)_PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1214.1	1217.2	1211.7	--
(11)_PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	696.9	694.1	695.1	--
(12)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	517.2	523.1	516.6	--
(15)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	517.2	523.1	516.6	--
(16)_PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.346	2.326	2.343	2.338
(17)_PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c	2.503	2.503	2.503	
(18)_VACÍOS (17-16)*100/17	%	6.30	7.10	6.40	6.60
(19)_PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c	2.683	2.683	2.683	--
(20) V.M.A. $100-(2+3+4)*(16/19)$	%	16.5	17.2	16.5	16.7
(21) VACÍOS LLENOS CON C.A. $100*(20-18)/20$	%	61.7	58.7	61.3	60.6
(22)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/c.c	2.683	2.683	2.683	--
(23)_C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL $(100*5*(22-19))/(22*19)$	%	--	--	--	--
(24)_CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO $1-(23*(2+3+4)/100)$	%	4.47	4.47	4.47	--
(25)_FLUJO	mm	2.6	2.5	3.0	2.90
(26)_ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1021.0	989.0	1155.8	--
(27)_FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	0.96	1.00	--
(28)_ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1021	949	1156	1042
(29)_ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3927	3798	3853	3859

En la tabla 22, se observa las propiedades mecánicas de la MAC al emplear 5.0% de cemento asfáltico en los especímenes Marshall.

Tabla 22:
Propie. Mecánicas con 5.0% en la MAC base

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(1)_CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.00	5.00	5.00	5.00
(2)_AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	34.62	34.62	34.62	--
(3)_AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	60.38	60.38	60.38	--
(5)_PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c	1.0323	1.0323	1.0323	--
(6)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c	2.703	2.703	2.703	--
(7)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c	2.669	2.669	2.669	--
(9)_PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1216.7	1215.8	1211.9	--

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(10)_PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1217.6	1216.3	1212.8	--
(11)_PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	699.3	700.0	694.4	--
(12)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	518.3	516.3	518.4	--
(15)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	518.3	516.3	518.4	--
(16)_PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.348	2.355	2.338	2.347
(17)_PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c	2.487	2.487	2.487	--
(18)_VACÍOS $(17-16)*100/17$	%	5.60	5.30	6.00	5.60
(19)_PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL $(2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))$	gr/c.c	2.681	2.681	2.681	--
(20) V.M.A. $100-(2+3+4)*(16/19)$	%	16.8	16.6	17.2	16.9
(21) VACÍOS LLENOS CON C.A. $100*(20-18)/20$	%	66.7	68.0	65.1	66.6
(22)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL $(2+3+4)/((100/17)-(1/5))$	gr/c.c	2.686	2.686	2.686	--
(23)_C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL $(100*5*(22-19))/(22*19)$	%	--	--	--	--
(24)_CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO $1-(23*(2+3+4)/100)$	%	4.94	4.94	4.94	--
(25)_FLUJO	mm	2.8	3.0	3.1	3.00
(26)_ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1115.1	1019.2	1141.8	--
(27)_FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	--
(28)_ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1115	1019	1142	1092
(29)_ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3983	3397	3683	3688

En la tabla 23, se observa las propiedades mecánicas de la MAC al emplear 5.5% de cemento asfáltico en los especímenes Marshall.

Tabla 23:
Propie. Mecánicas con 5.5% en la MAC base

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(1)_CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.50	5.50	5.50	5.50
(2)_AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	34.44	34.44	34.44	--
(3)_AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	60.06	60.06	60.06	--
(5)_PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	gr/c.c	1.0323	1.0323	1.0323	--
(6)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c	2.703	2.703	2.703	--
(7)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c	2.669	2.669	2.669	--
(9)_PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1216.5	1214.8	1216.7	--

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(10)_PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1217.2	1215.4	1217.5	--
(11)_PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	699.3	698.4	701.3	--
(12)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	517.9	517.0	516.2	--
(15)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	517.9	517.0	516.2	--
(16)_PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.349	2.350	2.357	2.352
(17)_PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c	2.469	2.469	2.469	--
(18)_VACÍOS (17-16)*100/17	%	4.9	4.8	4.5	4.70
(19)_PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c	2.681	2.681	2.681	--
(20) V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	17.2	17.2	16.9	17.1
(21) VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	71.8	72.0	73.2	72.3
(22)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/c.c	2.686	2.686	2.686	--
(23)_C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-19))/(22*19)	%	--	--	--	--
(24)_CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.43	5.43	5.43	--
(25)_FLUJO	mm	3.1	2.9	3.7	3.20
(26)_ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1171.0	1120.8	1129.2	--
(27)_FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	--
(28)_ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1171	1121	1129	1140
(29)_ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3777	3865	3052	3565

En la tabla 24, se observa las propiedades mecánicas de la MAC al emplear 6.0% de cemento asfáltico en los especímenes Marshall.

Tabla 24:
Propie. Mecánicas con 6.0% en la MAC base

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(1)_CEMENTO ASFÁLTICO	%	6.00	6.00	6.00	6.00
(2)_AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	34.25	34.25	34.25	--
(3)_AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	59.75	59.75	59.75	--
(5)_PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c	1.0323	1.0323	1.0323	--
(6)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c	2.703	2.703	2.703	--
(7)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c	2.669	2.669	2.669	--
(9)_PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1217.5	1215.9	1216.1	--
(10)_PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1218.2	1216.5	1216.9	--

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(11)_PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	703.2	700.2	699.8	--
(12)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	515.0	516.3	517.1	--
(13)_PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.	--	--	--	--
(14)_VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.	--	--	--	--
(15)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	515.0	516.3	517.1	--
(16)_PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.364	2.355	2.352	2.357
(17)_PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c	2.441	2.441	2.441	--
(18)_VACÍOS (17-16)*100/17	%	3.20	3.50	3.70	3.50
(19)_PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c	2.681	2.681	2.681	--
(20) V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	17.1	17.4	17.5	17.4
(21) VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	81.5	79.7	79.1	80.1
(22)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/c.c	2.674	2.674	2.674	--
(23)_C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-19))/(22*19)	%	--	--	--	--
(24)_CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.09	6.09	6.09	--
(25)_FLUJO	mm	3.80	3.50	3.20	3.5
(26)_ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1115.5	1215.8	1222.5	--
(27)_FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	--
(28)_ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1116	1216	1223	1185
(29)_ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2936	3474	3820	3410

En la tabla 25, se observa las propiedades mecánicas de la MAC al emplear 6.5% de cemento asfáltico en los especímenes Marshall.

Tabla 25:
Propie. Mecánicas con 6.5% en la MAC base

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(1)_CEMENTO ASFÁLTICO	%	6.5	6.5	6.5	6.50
(2)_AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	34.07	34.07	34.07	--
(3)_AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	59.43	59.43	59.43	--
(5)_PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c	1.0323	1.0323	1.0323	--
(6)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c	2.703	2.703	2.703	--
(7)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c	2.669	2.669	2.669	--
(9)_PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1213.7	1211.7	1216.1	--

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(10)_PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1214.2	1212.3	1216.9	--
(11)_PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	699.7	697.8	700.1	--
(12)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	514.5	514.5	516.8	--
(15)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	514.5	514.5	516.8	--
(16)_PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.359	2.355	2.353	2.356
(17)_PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c	2.427	2.427	2.427	--
(18)_VACÍOS (17-16)*100/17	%	2.80	3.00	3.00	2.90
(19)_PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c	2.681	2.681	2.681	--
(20) V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	17.7	17.9	18.0	17.9
(21) VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	84.2	83.4	83.0	83.6
(22)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/c.c	2.678	2.678	2.678	--
(23)_C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-19))/(22*19)	%	--	--	--	--
(24)_CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.54	6.54	6.54	--
(25)_FLUJO	mm	4.10	4.20	4.10	4.10
(26)_ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1126.8	1140.7	1165.8	--
(27)_FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	--
(28)_ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1127	1141	1166	1144
(29)_ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2748	2716	2843	2769

En la tabla 26, se observa las propiedades mecánicas de la MAC al emplear 7.0% de cemento asfáltico en los especímenes Marshall.

Tabla 26:
Propie. Mecánicas con 7.0% en la MAC base

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(1)_CEMENTO ASFÁLTICO	%	7.00	7.00	7.00	7.00
(2)_AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	33.89	33.89	33.89	--
(3)_AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	59.11	59.11	59.11	--
(5)_PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	gr/c.c	1.0323	1.0323	1.0323	--
(6)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c	2.703	2.703	2.703	--
(7)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c	2.669	2.669	2.669	--
(9)_PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1210.5	1214.6	1215.8	--
(10)_PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1211.2	1215.2	1216.3	--

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROM.
(11)_PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	695.0	699.4	699.1	--
(12)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	516.2	515.8	517.2	--
(15)_VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	516.2	515.8	517.2	--
(16)_PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.345	2.355	2.351	2.350
(17)_PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c	2.408	2.408	2.408	--
(18)_VACÍOS (17-16)*100/17	%	2.60	2.20	2.30	2.40
(19)_PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c	2.681	2.681	2.681	--
(20) V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	18.7	18.3	18.5	18.5
(21) VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	86.1	88.1	87.3	87.1
(22)_PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/c.c	2.676	2.676	2.676	--
(23)_C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-19))/(22*19)	%	--	--	--	--
(24)_CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	7.07	7.07	7.07	--
(25)_FLUJO	mm	4.8	5.0	4.6	4.80
(26)_ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1094.5	1091.5	1087.0	--
(27)_FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	--
(28)_ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1095	1092	1087	1091
(29)_ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2280	2183	2363	2275

4.8.1. Óptimo Bitumen del diseño convencional

Se ha diseñado la mezcla bituminosa en caliente con la condición granulométrica MAC-2, evaluando a distintas condiciones de cemento asfáltico como se observa en la tabla 27 y sus respectivos análisis mediante las curvas de tendencia.

Tabla 27:

Propie. Mecánicas resumen para el análisis de cemento asfáltico óptimo

DESCRIPCION	UND	DATOS						
BITUMEN ASFALTICO	%	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
PESO UNITARIO	gr/c.c.	2.332	2.338	2.347	2.352	2.357	2.356	2.350
VACIOS	%	7.10	6.60	5.60	4.70	3.50	2.90	2.40
V.M.A.	%	16.5	16.7	16.9	17.1	17.4	17.9	18.5
V.LL.C.A.	%	56.8	60.6	66.6	72.3	80.1	83.6	87.1
FLUJO	mm	2.4	2.7	3.0	3.2	3.5	4.1	4.8

ESTABILIDAD	Kgf	904	1042	1092	1140	1185	1144	1091
ESTABILIDAD/FLUJO	Kgf/cm ²	3814	3859	3688	3565	3410	2769	2275

Figura 16:
Curva de peso unitario de la mezcla bituminosa en caliente base

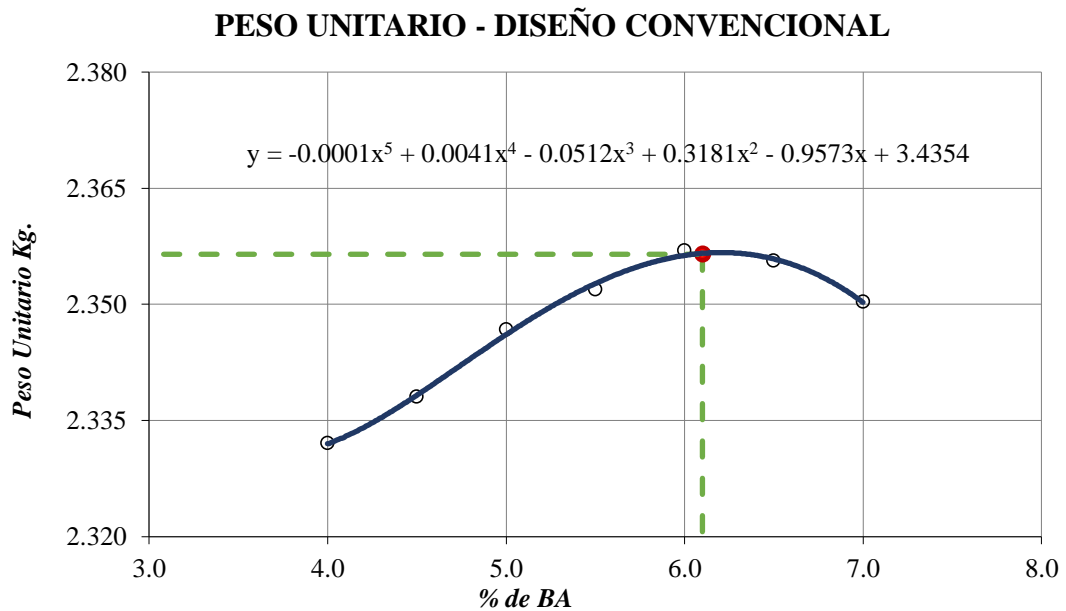


Figura 17:
Curva de vacíos de aire en la mezcla bituminosa en caliente base

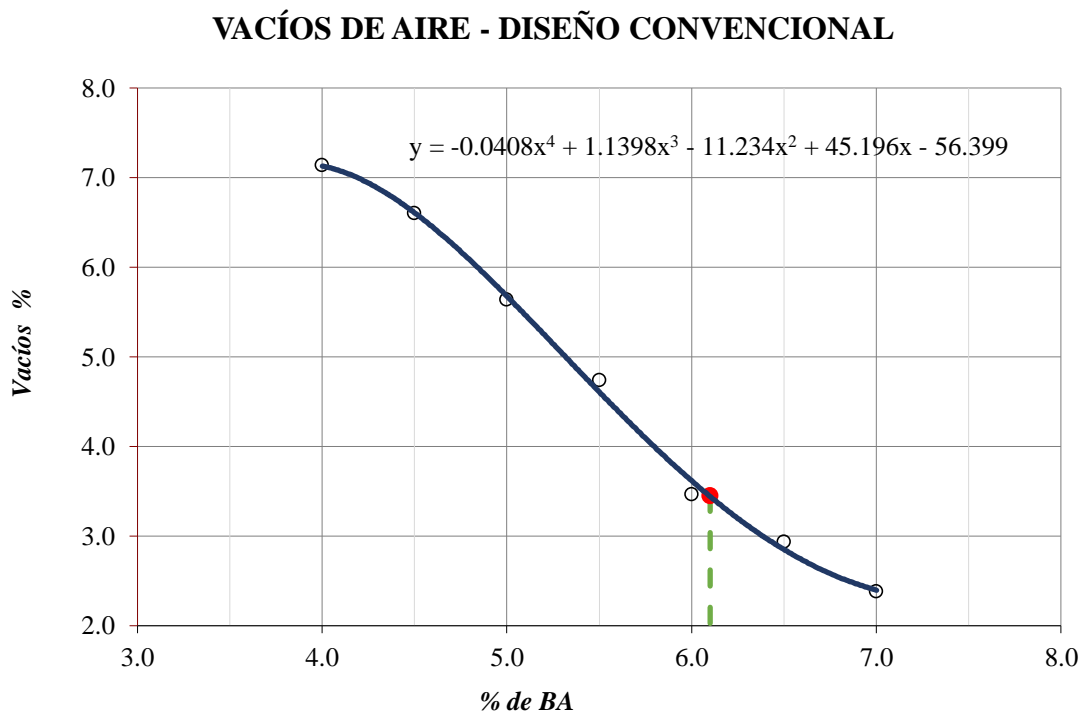


Figura 18:

Curva de vacíos de agregado mineral (VMA) de la mezcla bituminosa en caliente base

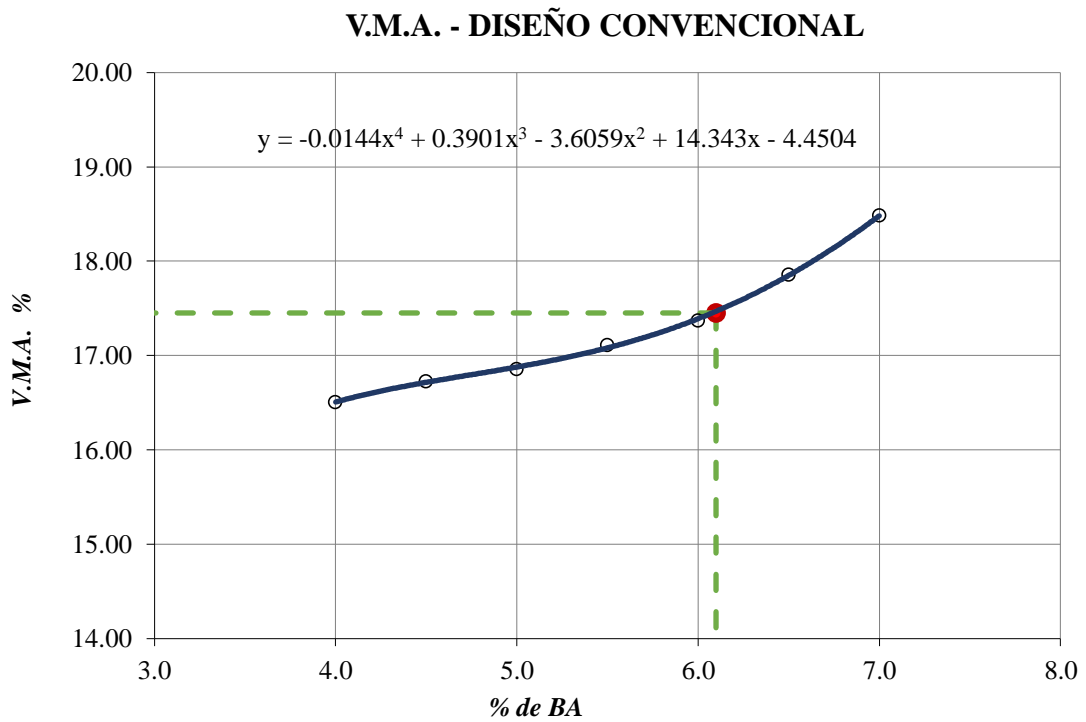


Figura 19:

Curva de vacíos llenos de C.A. de la mezcla bituminosa en caliente base

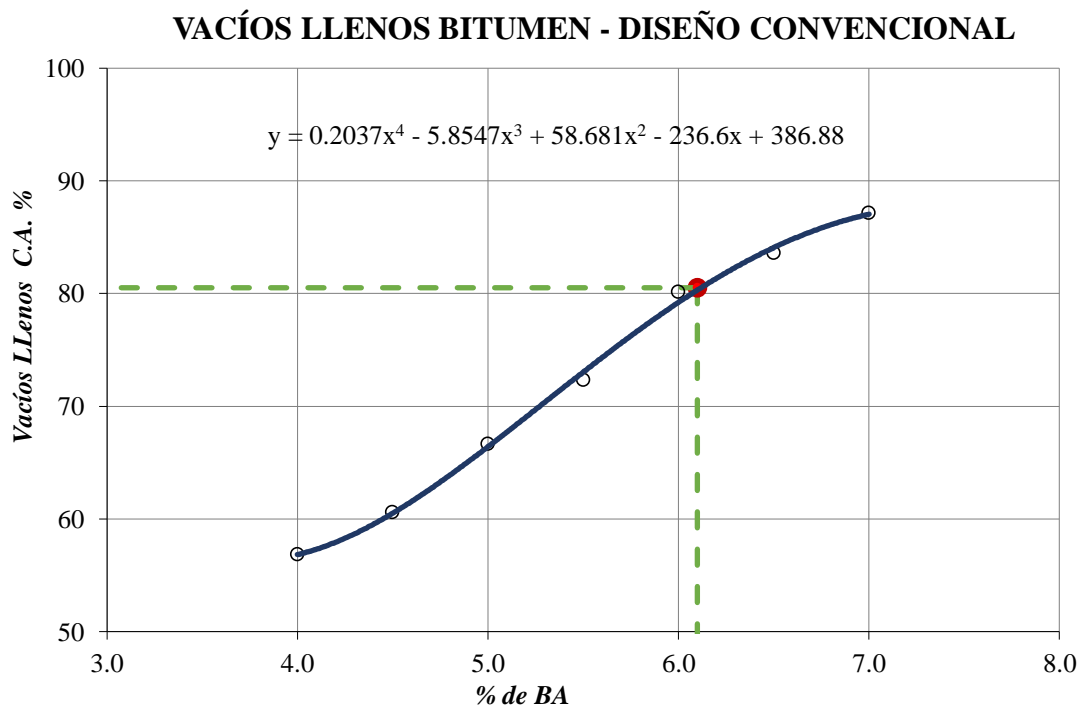


Figura 20:
Curva de flujo de la mezcla bituminosa en caliente base

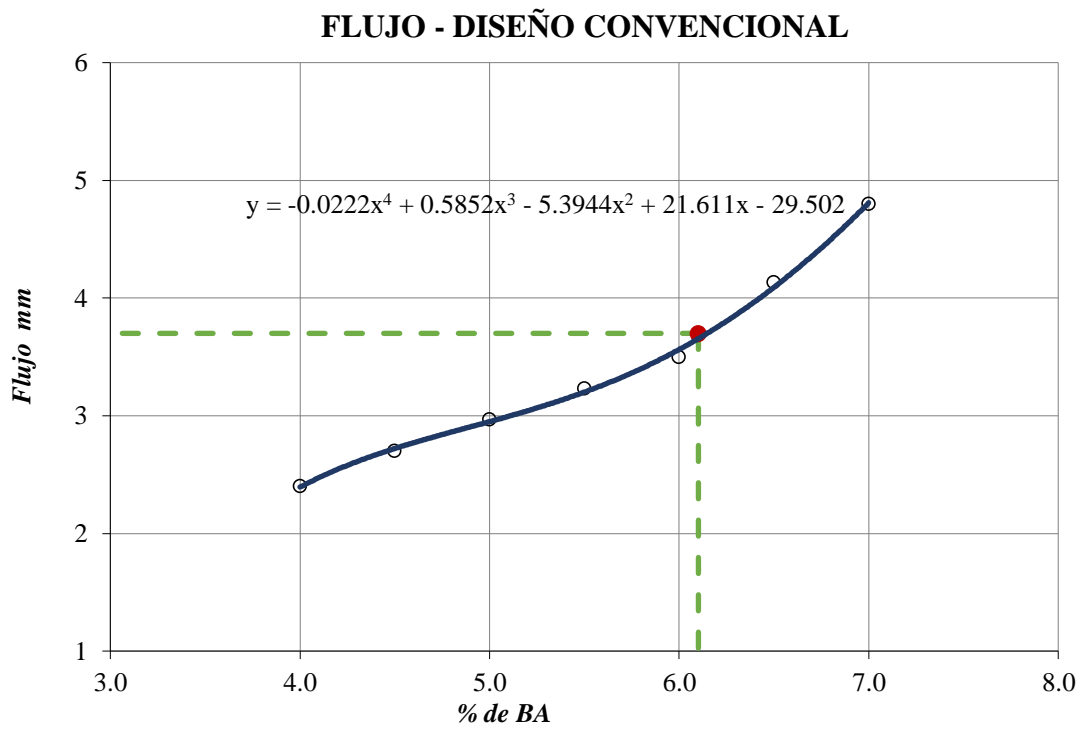
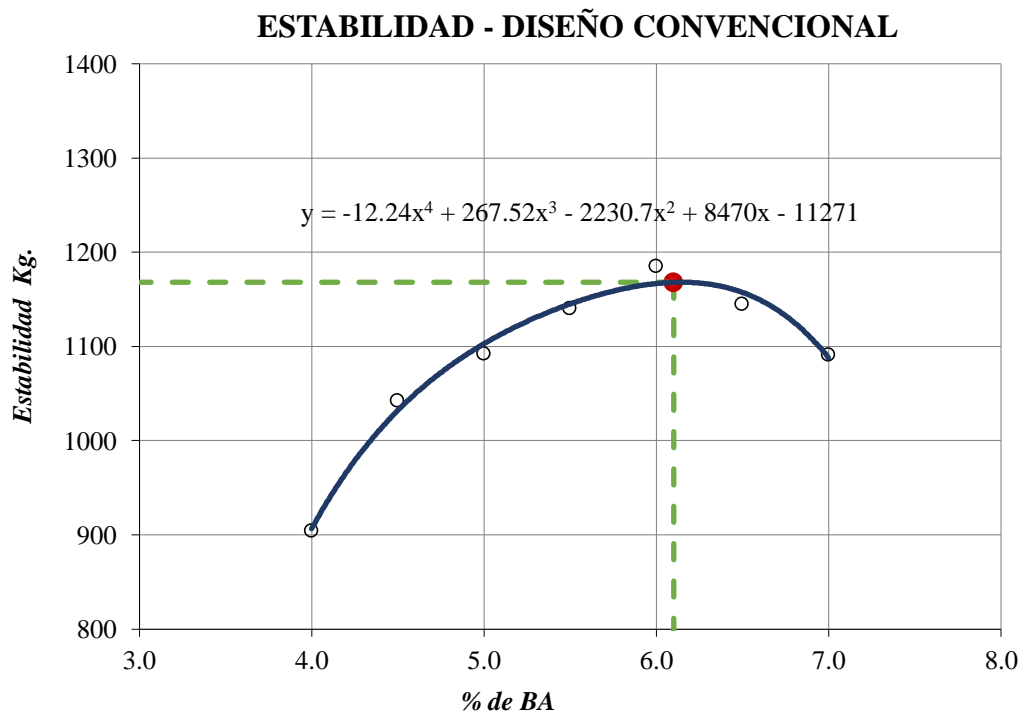


Figura 21:
Curva de estabilidad de la mezcla bituminosa en caliente base



Se analizó las figuras anteriores mediante el método de Instituto de Asfalto para poder determinar el óptimo porcentaje de cemento asfáltico siendo 5.43% para la MAC convencional o base, como se observa en la tabla 28.

Tabla 28:
Óptimo porcentaje de BA según Instituto de Asfalto para la MAC base

ÓPTIMO CONTENIDO DE B.A.	
PESO UNIT.	6.300 %
VACIOS	5.800 %
ESTABILIDAD	6.200 %
PROMEDIO	6.10%

Teniendo en cuenta el porcentaje óptimo, se realiza un análisis de las propiedades mecánicas de la MAC, realizando un resumen de los datos obtenidos en la tabla 29.

Tabla 29:
Resumen de propiedades mecánicas de la MAC base

DESCRIPCIÓN	UND	- 0.3%	ÓPTIMO %B.A.	+ 0.3%	E.T. EN OBRA
GOLPES POR LADO	<i>Und.</i>	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO	%	5.80	6.10	6.40	(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO	<i>Gr/cc</i>	2.349	2.356	2.363	--
VACÍOS	%	3.0	3.3	3.6	2 - 5
V.M.A.	%	17.2	17.5	17.8	Mín. 15
VACÍOS LLENOS CON C.A.	%	80.5	80.8	81.1	--
FLUJO	<i>Mm</i>	3.47	3.77	4.07	2 - 4
ESTABILIDAD	<i>Kgf</i>	1143	1179	1214	Mín. 815
ESTABILIDAD / FLUJO	<i>Kgf/cm²</i>	3045	3139	3234	--
ESTABILIDAD RETENIDA	%	78	81	84	80% min
CANTABRO	%	11.2	11.5	11.8	
TSR	%	79.9	82.4	84.8	80% min

4.8.2. Diseño experimental de la investigación

Para la condición experimental, esta ha sido evaluada en distintos grupos de control, se tuvo en cuenta la incidencia de caucho de neumático y plástico reciclado en la mezcla bituminosa, como se evidencia en la tabla 30.

Tabla 30:
Descripción de grupos experimentales

	Caucho Neumáticos	Plástico Reciclado	Descripción de la combinación
BASE	0%	0%	Condición básica de diseño, se empleó agregados y bitumen asfáltico
GR_001	0%	100%	Condición experimental, uso de agregado + plástico reciclado molido + bitumen asfáltico
GR_002	20%	80%	Condición experimental, uso de agregado + 80 % plástico reciclado molido + 20% de caucho molido de neumático + bitumen asfáltico
GR_003	40%	60%	Condición experimental, uso de agregado + 60% plástico reciclado molido + 40% de caucho molido de neumático + bitumen asfáltico
GR_004	60%	40%	Condición experimental, uso de agregado + 40% plástico reciclado molido + 60% de caucho molido de neumático + bitumen asfáltico
GR_005	80%	20%	Condición experimental, uso de agregado + 20% plástico reciclado molido + 80% de caucho molido de neumático + bitumen asfáltico
GR_006	100%	0%	Condición experimental, uso de agregado + caucho molido de neumático + bitumen asfáltico

Cabe resaltar que se obtuvo una granulometría de cada material obtenido, en la tabla se observa los porcentajes pasantes de cada material obtenido.

Tabla 31:
Porcenta. pasante de cada componente experimental

Tamices y aberturas (mm)	Componentes experimentales	
	CAUCHO NEUMÁTICO	PLÁSTICO RECICLADO
1"	25.400	100.0
3/4"	19.050	100.0
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
# 4	4.760	96.5
# 10	2.000	75.3
# 40	0.420	35.1
# 80	0.180	6.2
# 200	0.075	0.0

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resultados

5.1.1. Diseño experimental

5.1.1.1. Grupo 001 – 100% plástico reciclado

Para la condición del grupo control 001, se realizó la mezcla bituminosa con adición al 100% plástico reciclado, obteniendo distintas condiciones granulométricas como se observa en la tabla 32 la combinación granulométrica con 1% de adición y en la figura 22 su representación gráfica.

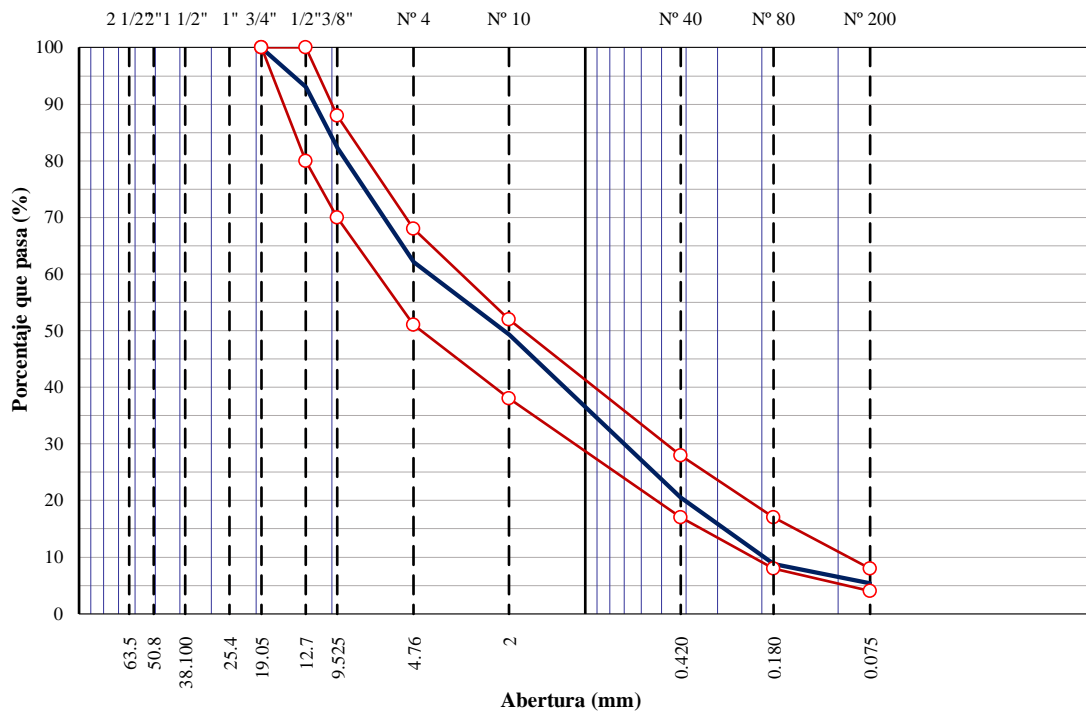
Tabla 32:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% plástico reciclado – GR001

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_001	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
	37.0%	28.0%	34.0%			MAC-02			
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.2	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	100.0	62.1	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	85.2	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	45.4	20.5	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	15.2	8.8	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.5	5.3	4	8	ok

Figura 22:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% de plástico reciclado – GR001



Se ha verificado de la misma manera la condición granulométrica a un 2% de plástico de reciclado en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 33 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 23.

Tabla 33:

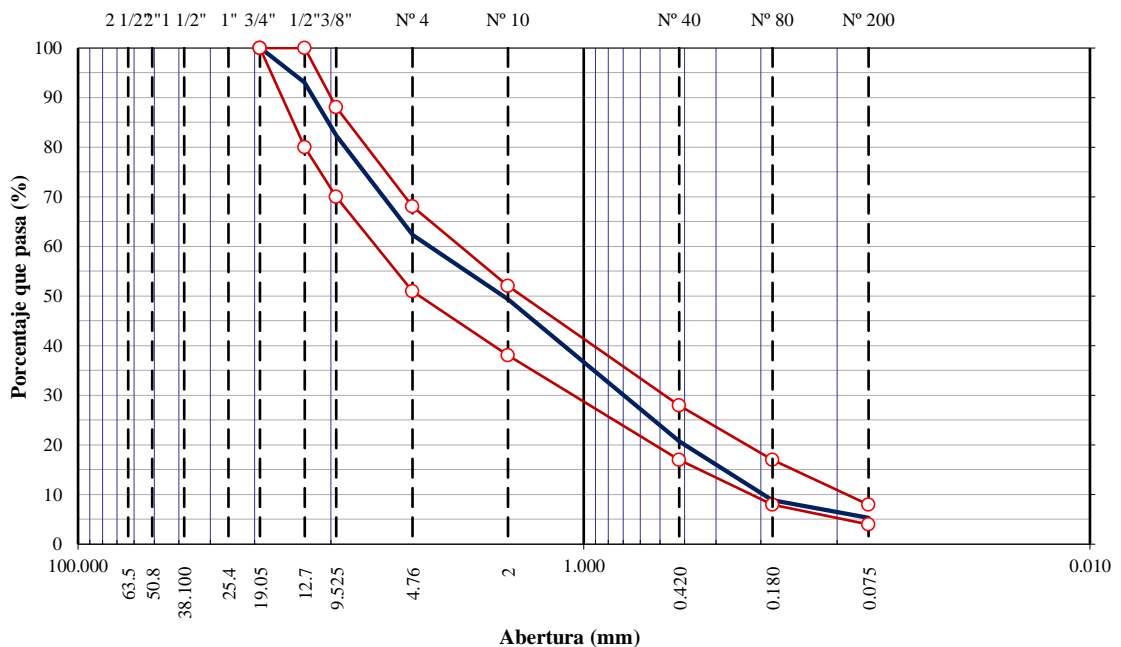
Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% plástico reciclado – GR001

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_001	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
						MAC-02			
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	100.0	62.3	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	85.2	49.4	38	52	ok

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_001	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	33.0%	2.0%				
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	45.4	20.7	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	15.2	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.5	5.3	4	8	ok

Figura 23:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% de plástico reciclado – GR001

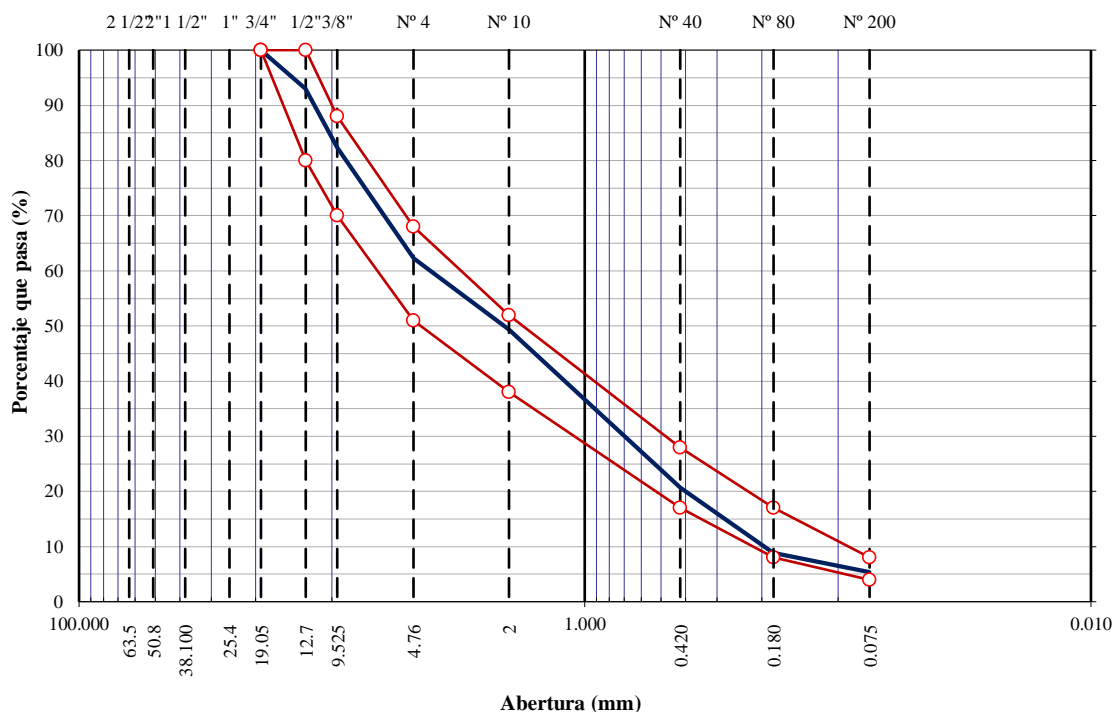


De la misma forma, se ha verificado que la condición granulométrica a un 3% de plástico de reciclado en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 34 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 24.

Tabla 34:
Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% plástico reciclado – GR001

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_001	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
	37.0%	28.0%	32.0%	3.0%		MAC-02			
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	100.0	62.4	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	85.2	49.5	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	45.4	20.9	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	15.2	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.5	5.3	4	8	ok

Figura 24:
Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% de plástico reciclado – GR001



De la misma forma se ha verificado que la condición granulométrica a un 4% de plástico de reciclado en la

granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 35 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 25.

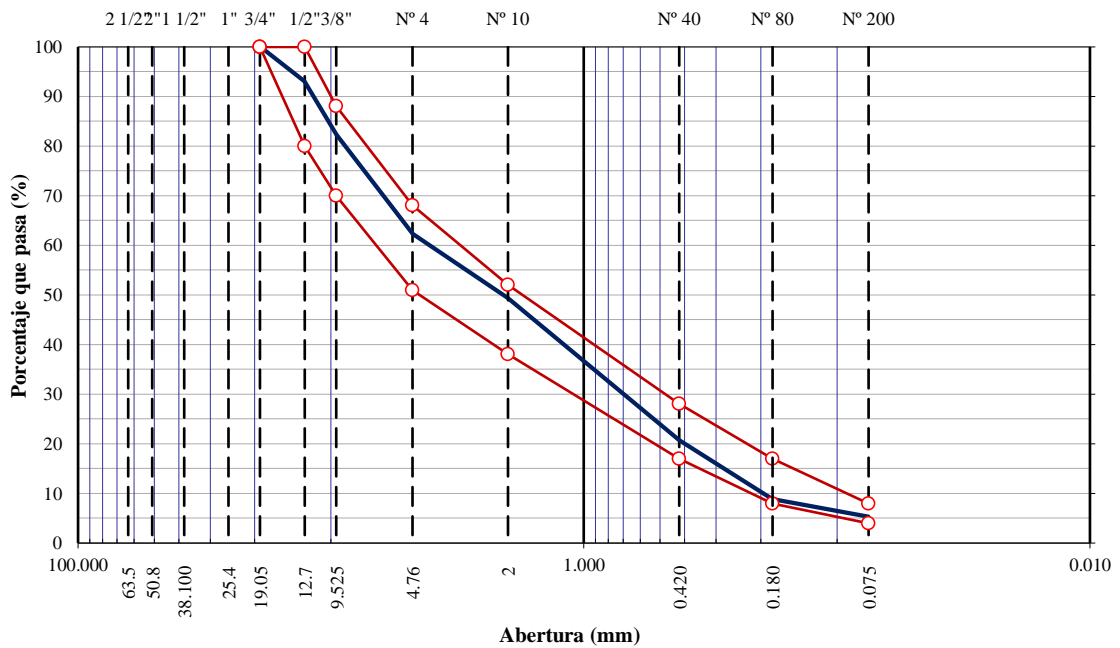
Tabla 35:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% plástico reciclado – GR001

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_001	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
	37.0%	28.0%	32.0%	4.0%	MAC-02				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	100.0	62.4	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	85.2	49.5	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	45.4	20.9	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	15.2	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.5	5.3	4	8	ok

Figura 25:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% de plástico reciclado – GR001



Teniendo en cuenta las condiciones ya mencionadas, estas fueron evaluadas mediante el ensayo Marshall, ensayo de tracción indirecta por el método Lottman, ensayo de Estabilidad Retenida y ensayo de Cántabro. En la tabla 36, se observa los datos resúmenes del grupo control 001 donde se añadió solo plástico reciclado en distintas dosificaciones, se puede observar en las gráficas 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32.

Tabla 36:
Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de plástico reciclado

DESCRIPCIÓN	GR_001		100% plástico				ET
	BASE	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%		
OT DE BITUMEN	6.10	5.95	5.95	5.95	5.93		
ESTABILIDAD	1178.60	1273.20	1273.20	1258.60	1243.60	815 min	
FLUJO	3.77	3.17	3.17	3.02	2.88	2-4 mm	
VACIOS DE AIRE	3.35	3.30	3.30	3.32	3.34	3 - 5 %	
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3129.60	4016.40	4016.40	4167.55	4318.06	1700 - 4000	
ESTABILIDAD RETENIDA	80.68	88.99	88.99	90.21	91.35	80% min	
TSR	81.88	84.59	84.59	82.23	77.90	80% min	

Figura 26:
Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de plástico reciclado

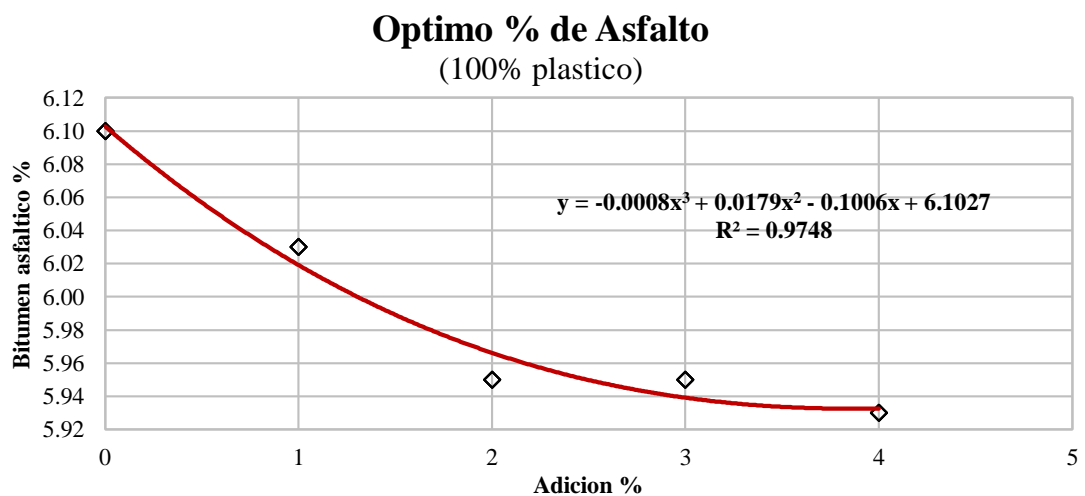


Figura 27:
Curva entre Estabilidad vs % de adición de plástico reciclado

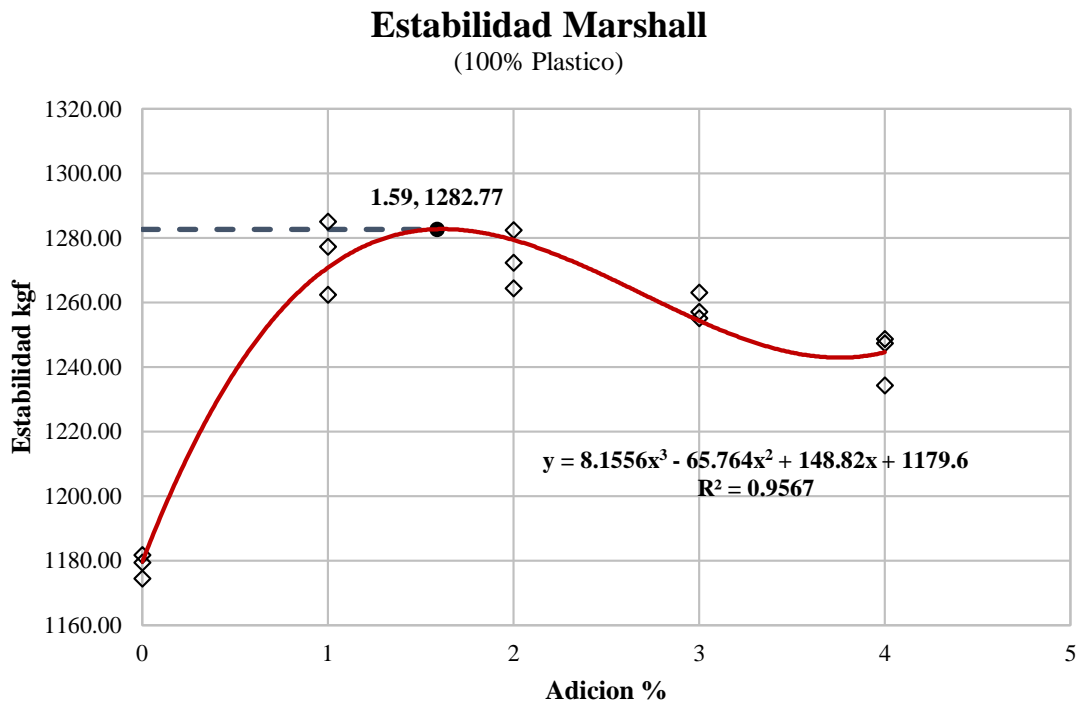


Figura 28:
Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de plástico reciclado

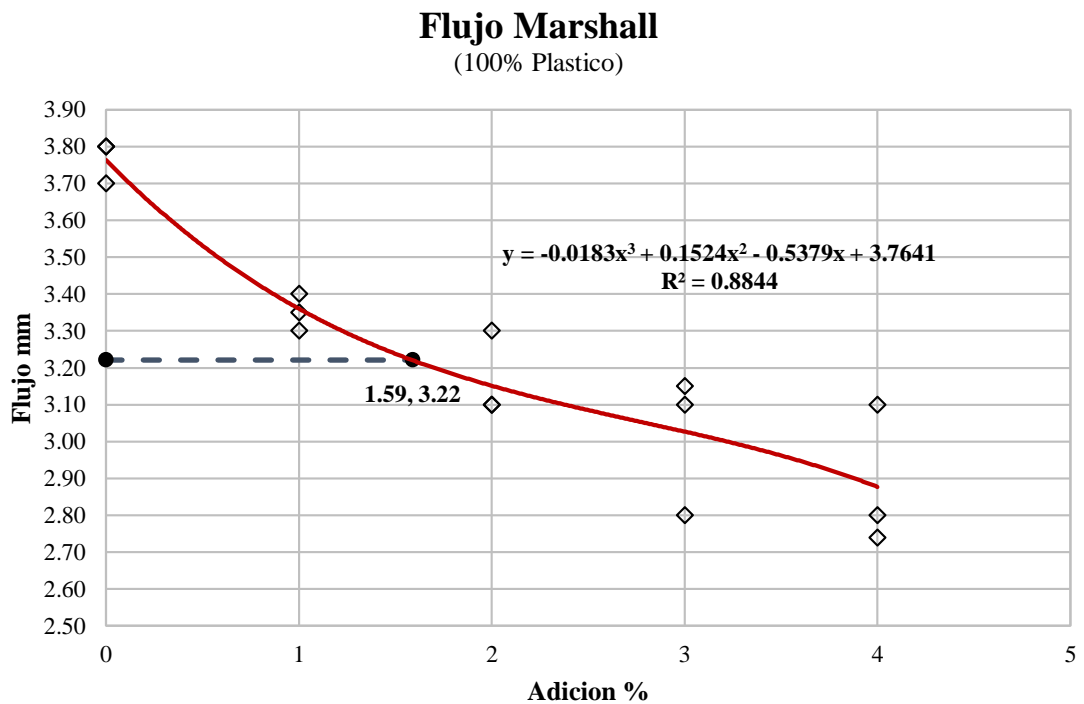


Figura 29:
Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de plástico reciclado

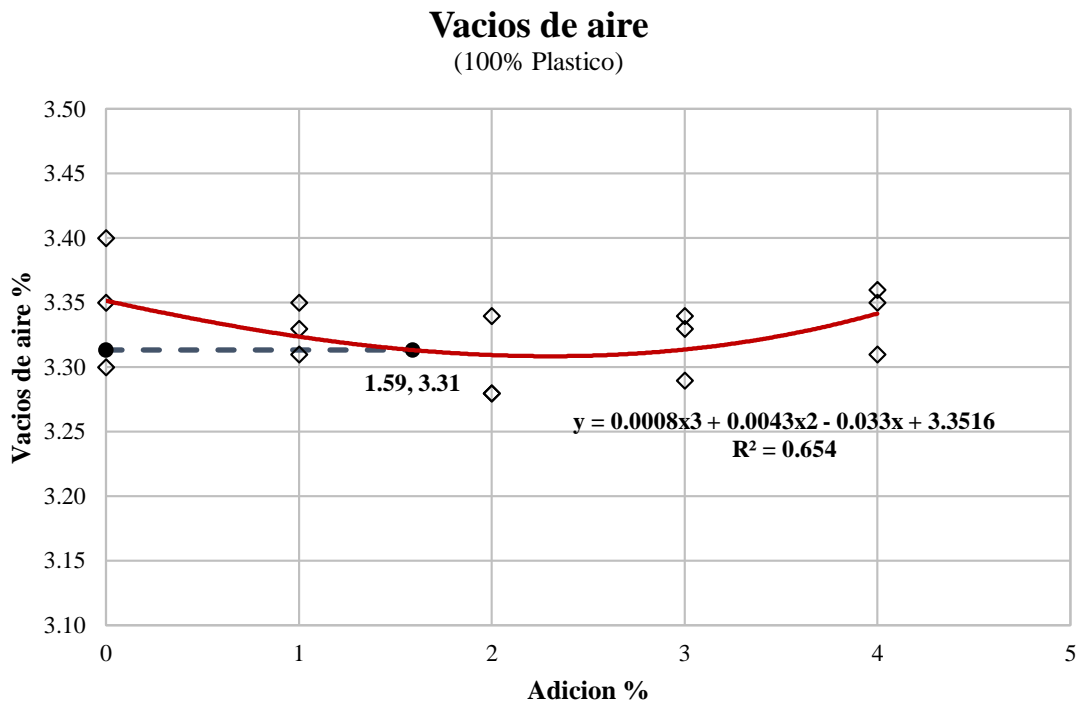


Figura 30:
Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de plástico reciclado

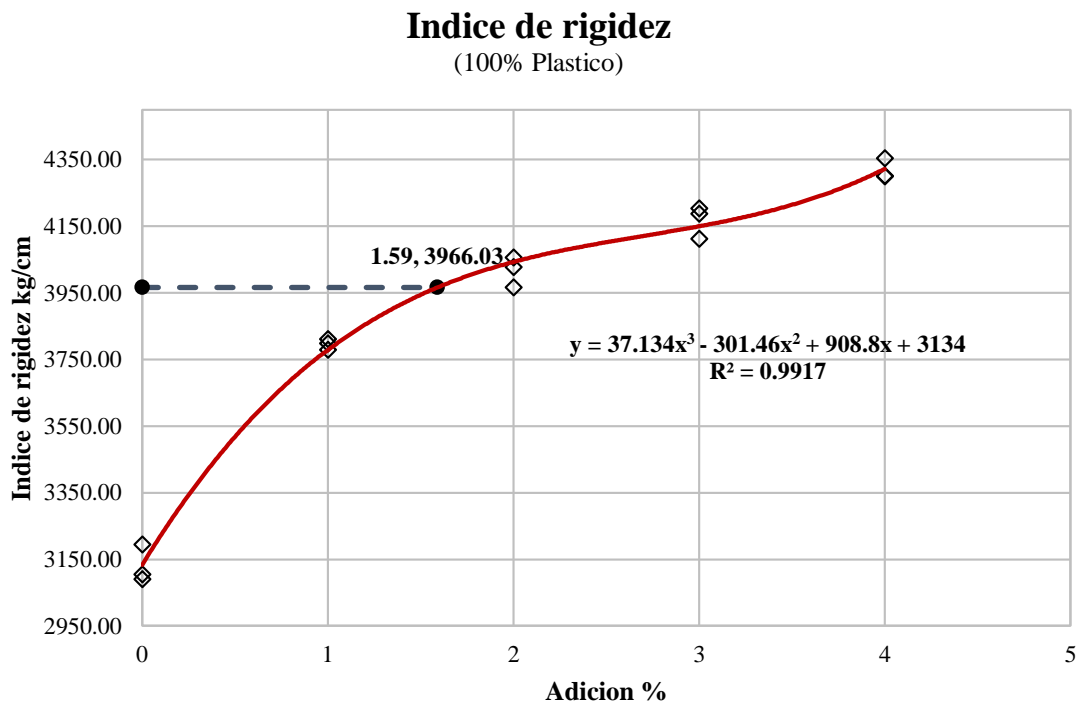


Figura 31:
Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de plástico reciclado

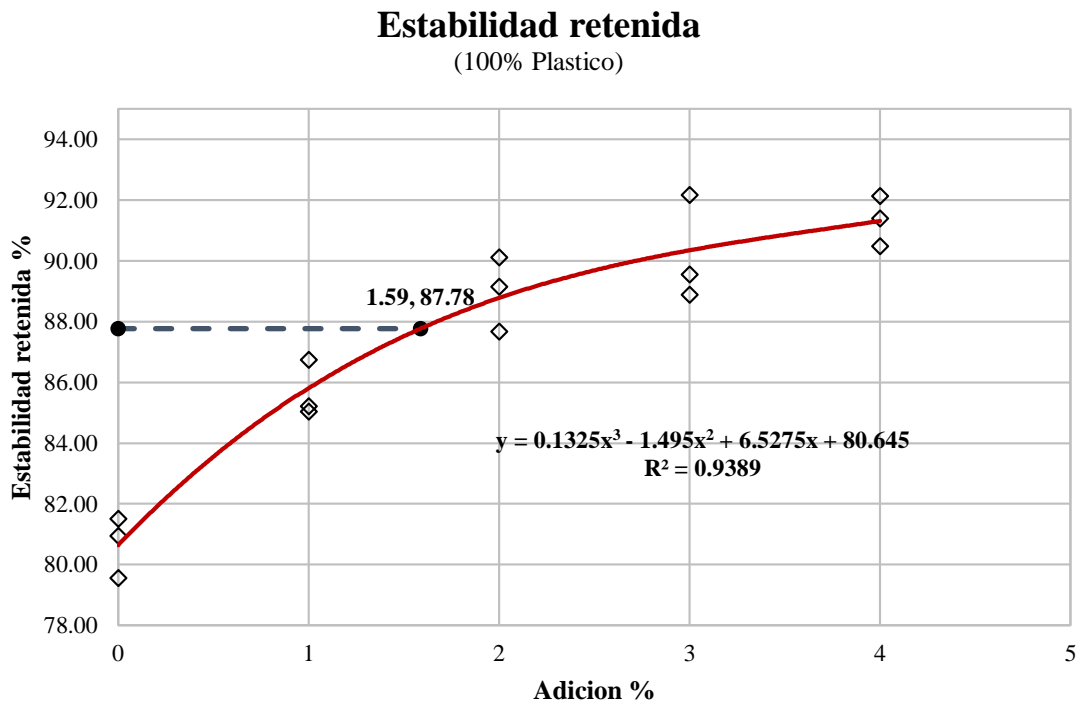
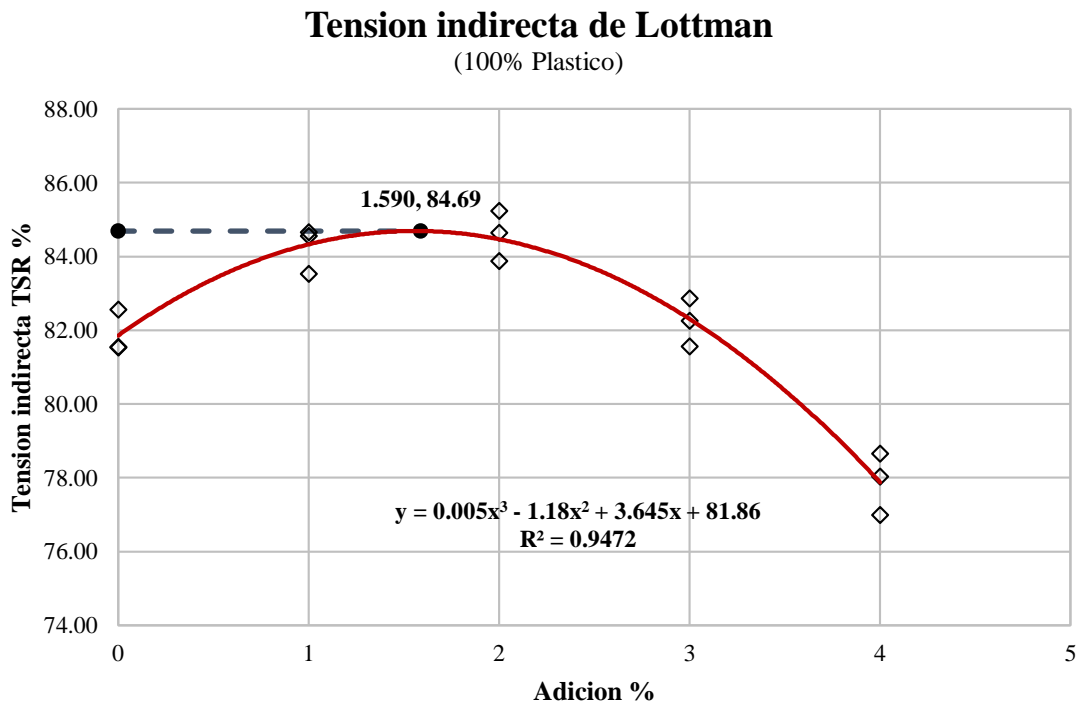


Figura 32:
Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de plástico reciclado



Teniendo en cuenta las gráficas anteriores, se determina que la óptima adición de 100% de plástico reciclado es de 1.59% como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 37:

Óptimo de adición de 100% de plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

PROPIEDAD	% OT ADICION
<i>Estabilidad Marshall máxima</i>	1.62
<i>Tensión Indirecta de Lottman máxima</i>	1.56
Promedio	1.59

Tabla 38:

Resumen óptimo de adición de 100% de plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

DESCRIPCION	100% Plástico	ET
% Bitumen	5.96	
% Adición opt.	1.59	
Estabilidad (kgf)	1282.77	815 min
Flujo (mm)	3.22	2-4 mm
% Vacíos de Aire	3.31	3 - 5 %
Índice de Rigidez (kg/cm)	3966.03	1700 - 4000
Estabilidad Retenida (%)	87.78	80% min
TSR	84.69	80% min

5.1.1.2. Grupo 002 – 20% Caucho + 80% plástico reciclado

Para la condición del grupo control 002, se realizó la mezcla bituminosa con adición al 20% de caucho de neumático + 80% plástico reciclado, obteniendo distintas condiciones granulométricas como se observa en la tabla 39 la combinación granulométrica con 1% de adición y en la figura 33 su representación gráfica.

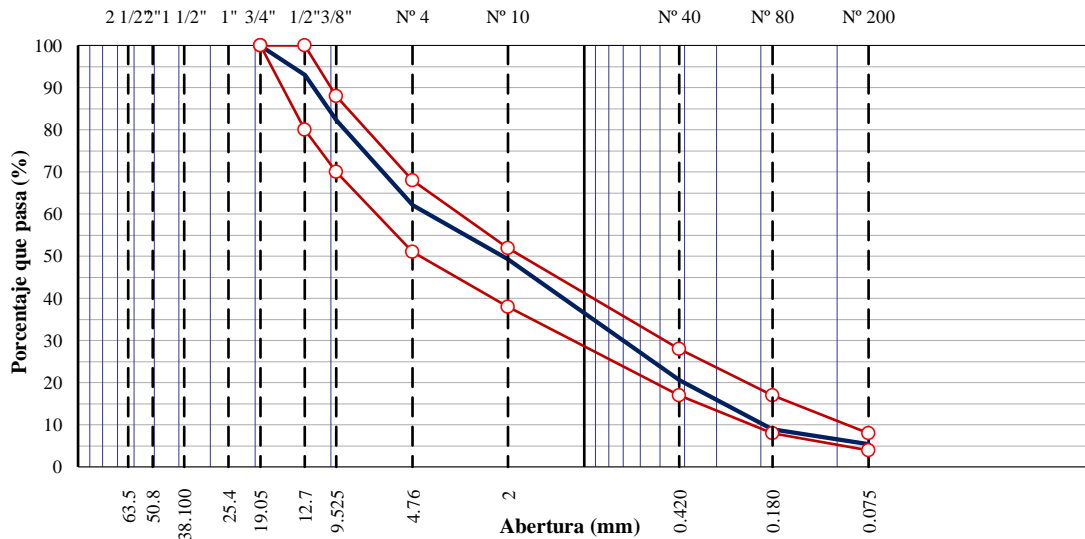
Tabla 39:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_002	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	34.0%	1.0%				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.2	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	99.3	62.1	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	83.2	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	51.3	20.6	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	26.8	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	10.0	5.4	4	8	ok

Figura 33:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002



Se ha verificado de la misma manera la condición granulométrica a un 2% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 40 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 34.

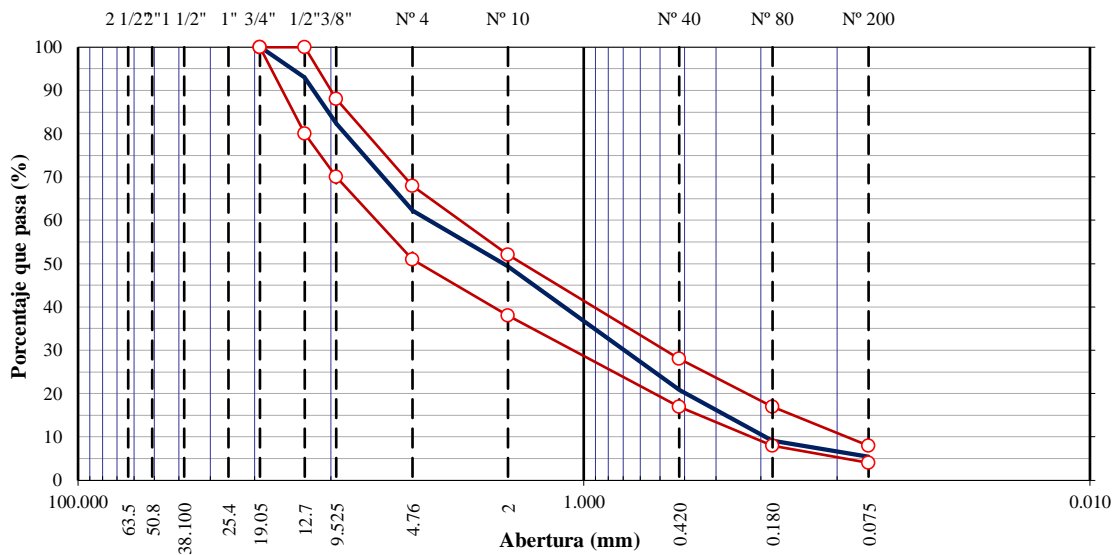
Tabla 40:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_002	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	33.0%	2.0%				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	99.3	62.2	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	83.2	49.4	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	51.3	20.8	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	26.8	9.1	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	10.0	5.4	4	8	ok

Figura 34:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002



De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 3% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) en la

granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 41 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 35.

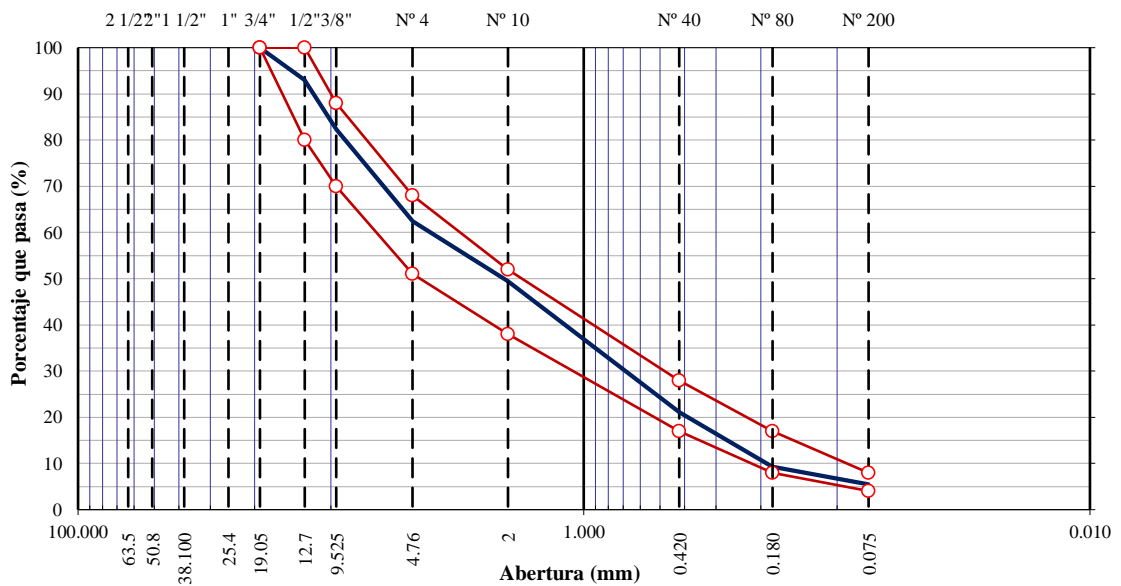
Tabla 41:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_002	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	32.0%	3.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	99.3	62.4	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	83.2	49.5	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	51.3	21.0	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	26.8	9.3	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	10.0	5.5	4	8	ok

Figura 35:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002



De la misma forma se ha verificado la condición granulométrica a un 4% de plástico de reciclado en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 42 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 36.

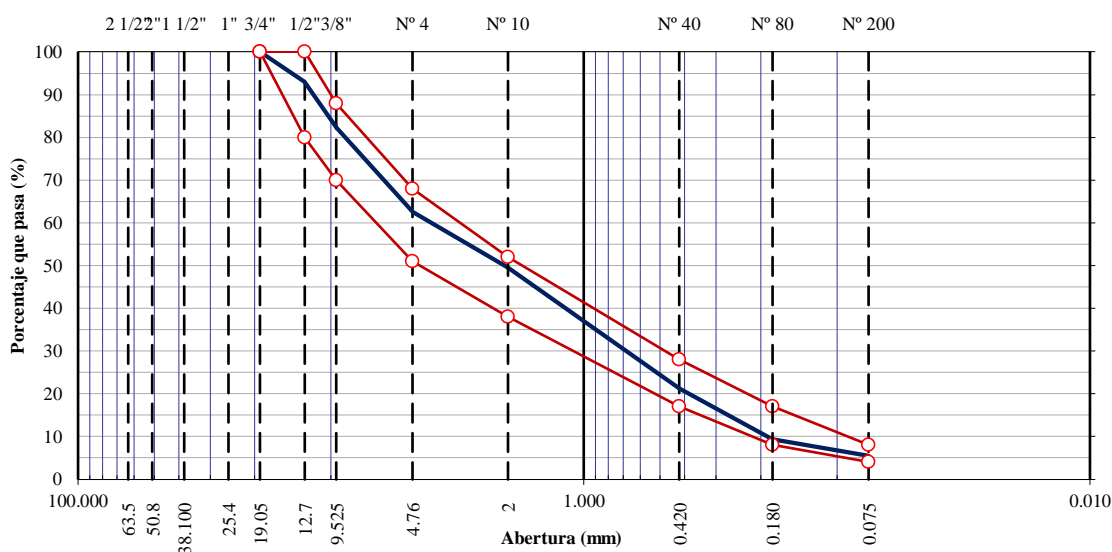
Tabla 42:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_002	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
	37.0%	28.0%	32.0%	4.0%	MAC-02				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	99.3	62.5	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	83.2	49.5	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	51.3	21.2	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	26.8	9.4	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	10.0	5.5	4	8	ok

Figura 36:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (20% caucho neumático + 80% plástico reciclado) – GR002



Teniendo en cuenta las condiciones ya mencionadas, estas fueron evaluadas mediante el ensayo Marshall, ensayo de tracción indirecta por el método Lottman, ensayo de Estabilidad Retenida y ensayo de Cántabro. En la tabla 43, se observa los datos resúmenes del grupo control 002 donde se añadió solo plástico reciclado en distintas dosificaciones, se puede observar en las figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44.

Tabla 43:

Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.

DESCRIPCION	GR_002	20% caucho de neumáticos + 80% plástico reciclado				
	BASE	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	ET
OT DE BITUMEN	6.10	5.90	5.90	5.85	5.84	
ESTABILIDAD	1178.60	1249.80	1249.80	1258.60	1238.60	815 min
FLUJO	3.77	3.32	3.32	3.24	3.11	2-4 mm
VACÍOS DE AIRE	3.35	3.27	3.27	3.28	3.26	3 - 5 %
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3129.60	3764.46	3764.46	3884.57	3982.64	1700 - 4000
ESTABILIDAD RETENIDA	80.68	87.56	87.56	88.96	90.05	80% min
TSR	81.88	84.70	84.70	84.57	82.04	80% min

Figura 37:

Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.

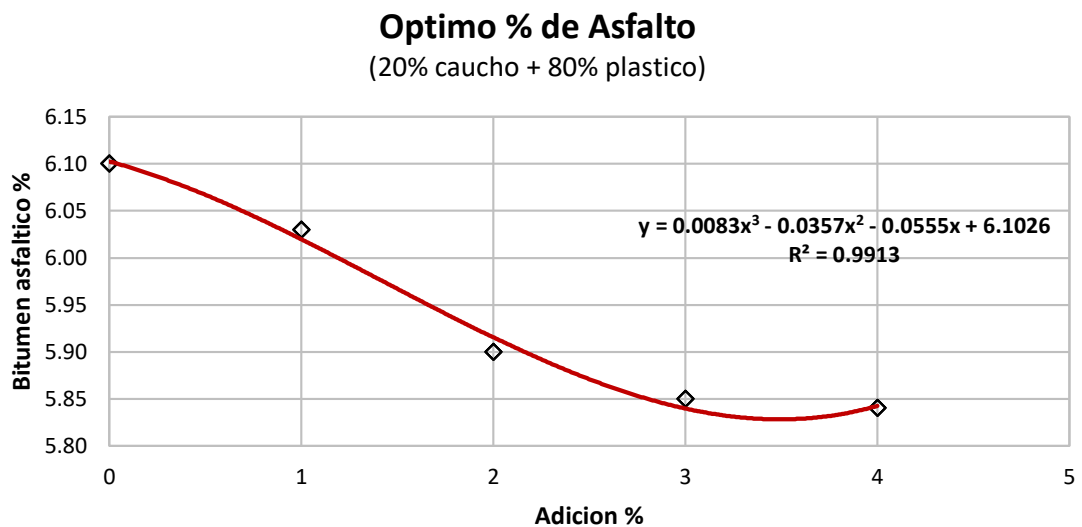


Figura 38:

Curva entre Estabilidad vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado.

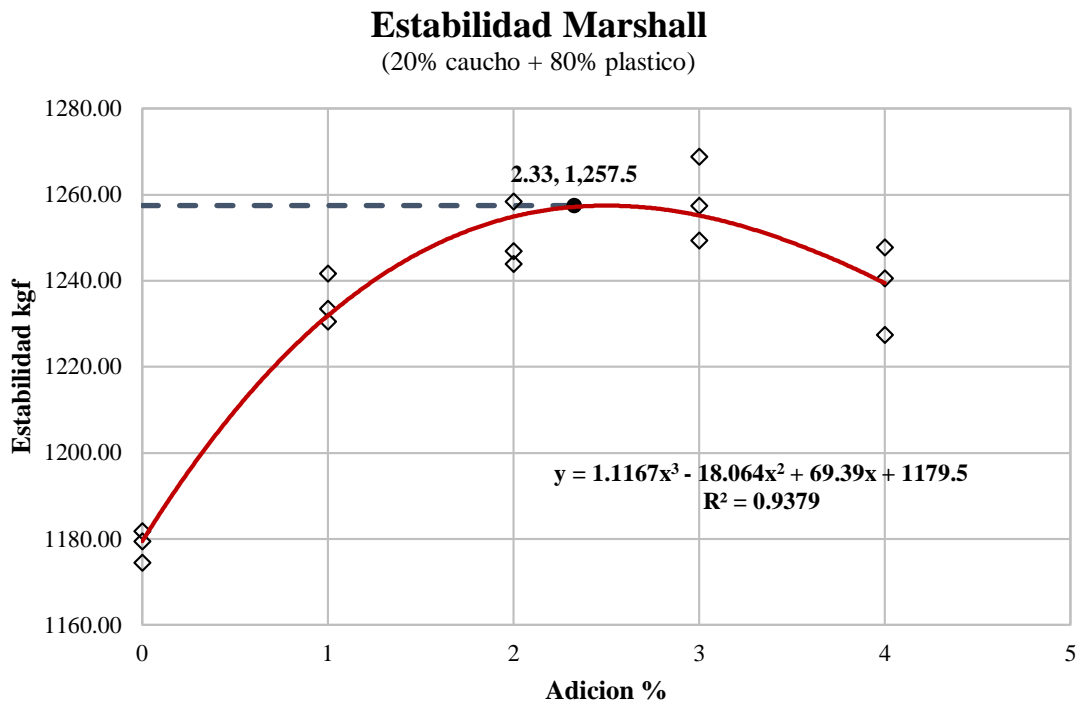


Figura 39:

Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado

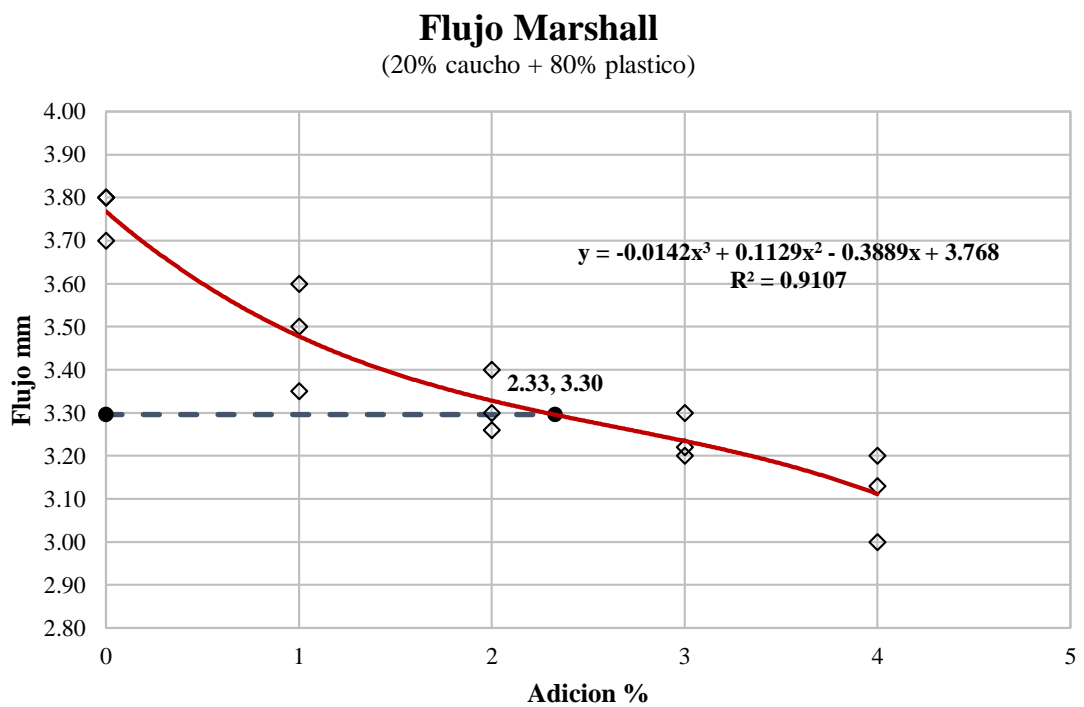


Figura 40:
Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado

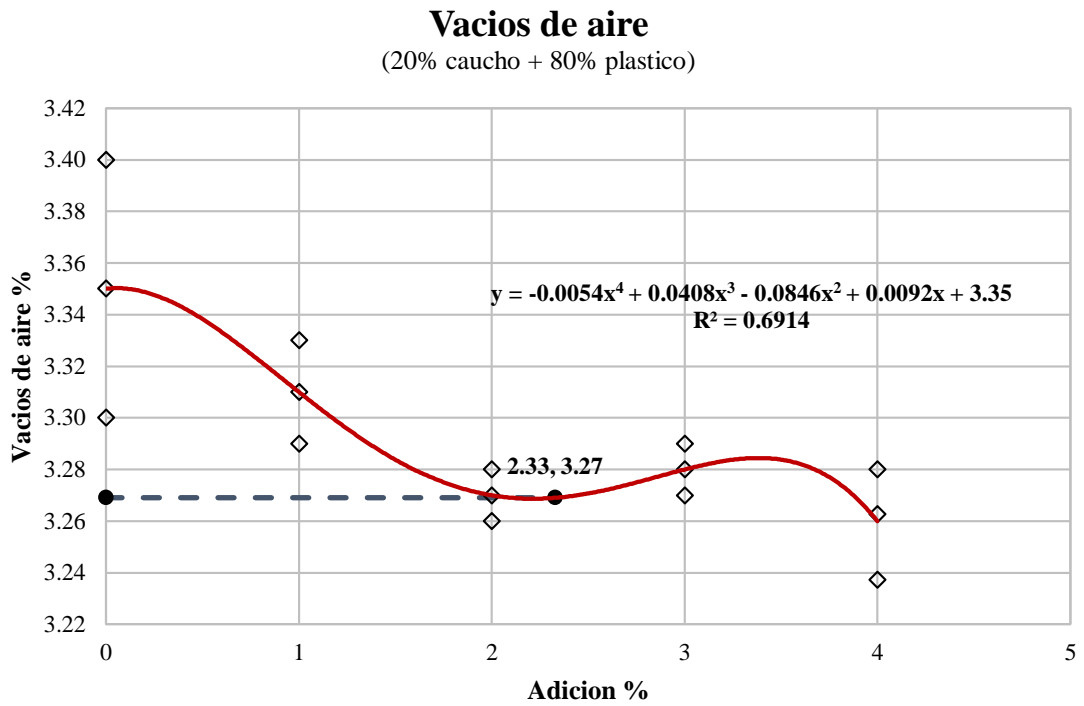


Figura 41:
Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado

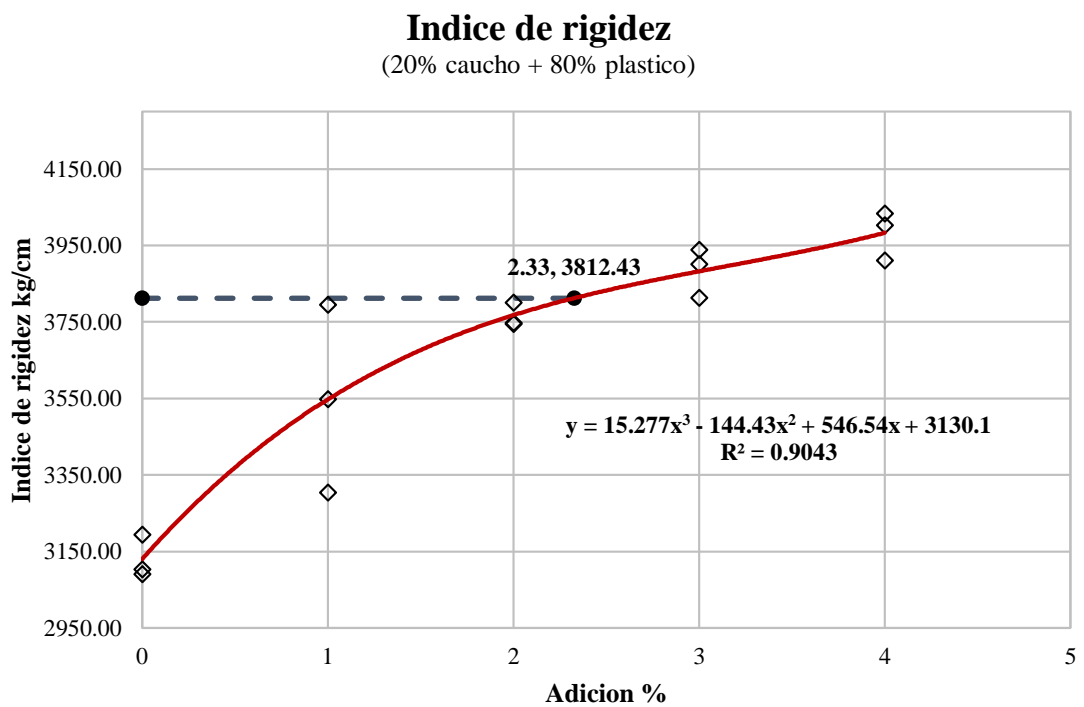


Figura 42:

Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado

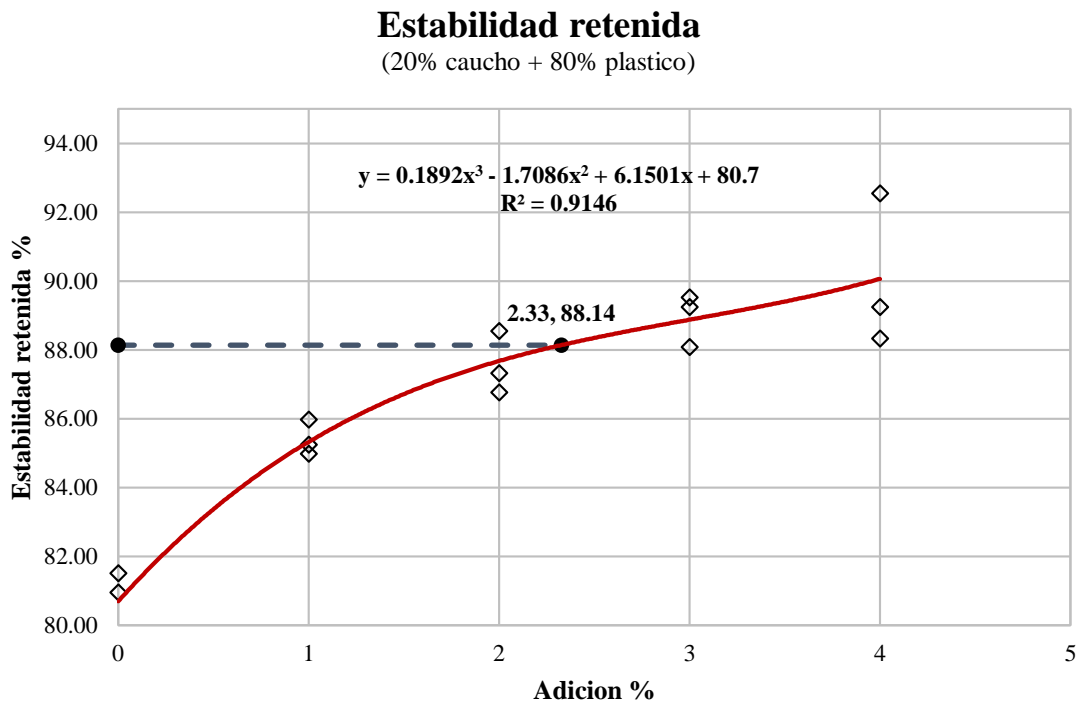


Figura 43:

Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado

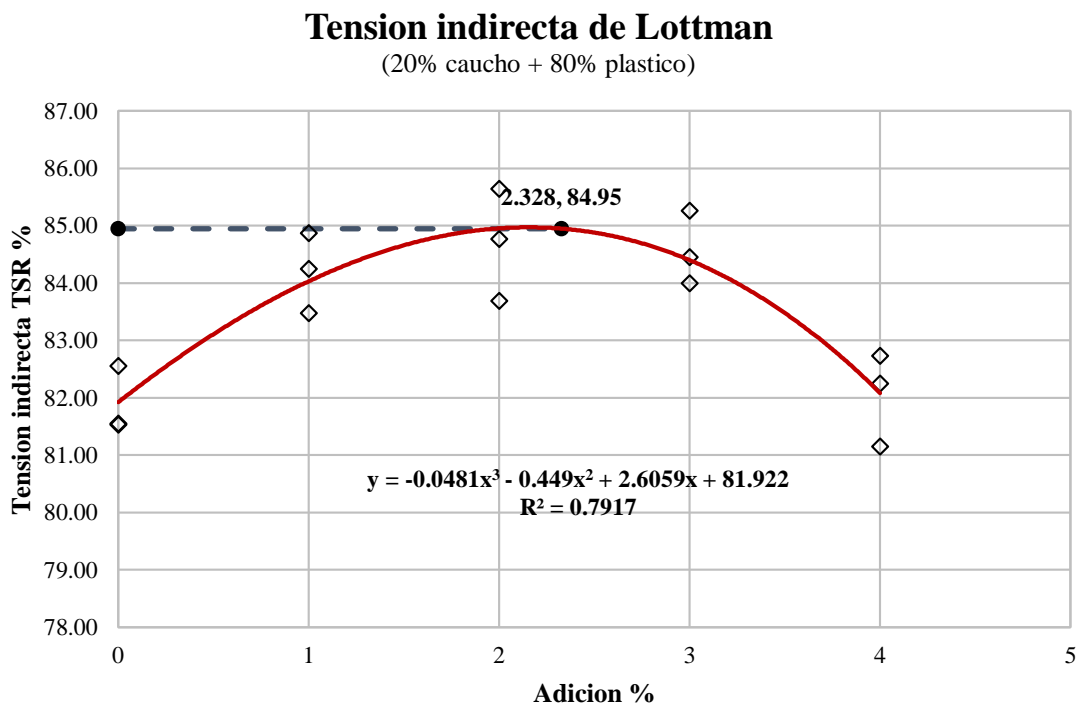
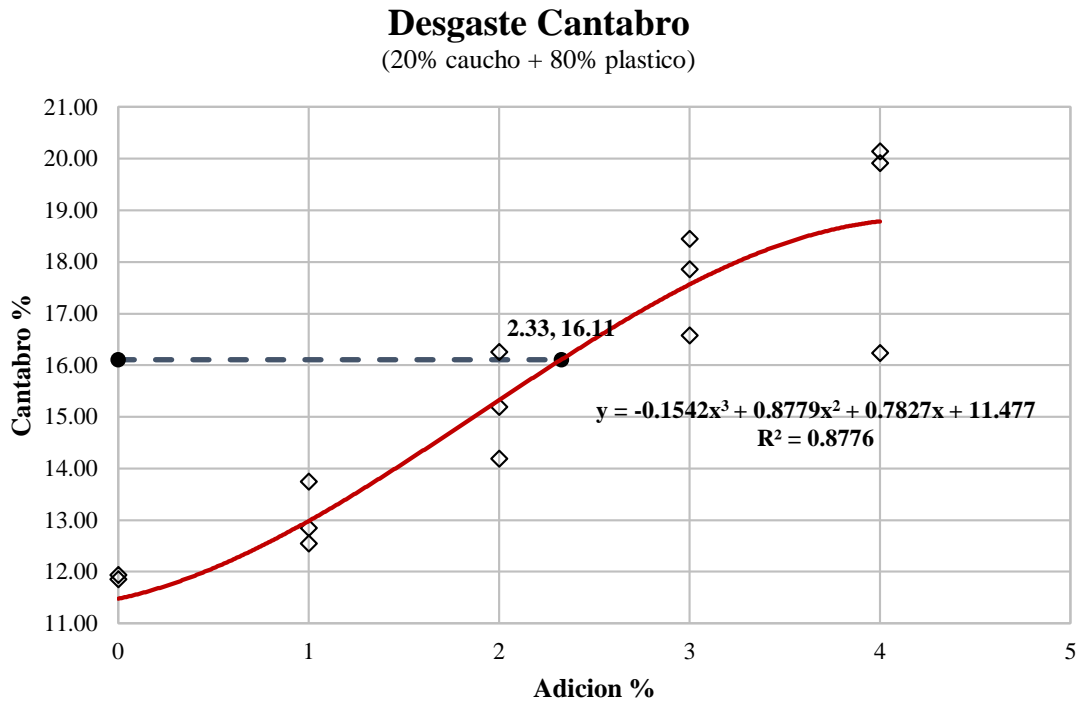


Figura 44:

Curva entre desgaste por Cántabro vs % de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado



Teniendo en cuenta las gráficas anteriores, se determina que la óptima adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado es de 2.33% como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 44:

Óptimo de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

PROPIEDAD	% OT ADICIÓN
<i>Estabilidad Marshall máxima</i>	2.50
<i>Tensión Indirecta de Lottman máxima</i>	2.16
Promedio	2.33

Tabla 45:

Resumen óptimo de adición de 20% caucho neumático + 80% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

DESCRIPCIÓN	20% CN + 80% PL	ET
% Bitumen	5.88	
% Adición opt.	2.33	

DESCRIPCIÓN	20% CN + 80% PL	ET
Estabilidad (kgf)	1257.52	815 min
Flujo (mm)	3.30	2-4 mm
% Vacíos de Aire	3.27	3 - 5 %
Índice de Rigidez (kg/cm)	3812.43	1700 - 4000
Estabilidad Retenida (%)	88.14	80% min
TSR	84.95	80% min

5.1.1.3. Grupo 003 – 40% Caucho + 60% plástico reciclado

Para la condición del grupo control 003, se realizó la mezcla bituminosa con adición al 40% de caucho de neumático + 60% plástico reciclado, obteniendo distintas condiciones granulométricas como se observa en la tabla 46 la combinación granulométrica con 1% de adición y en la figura 45 su representación gráfica.

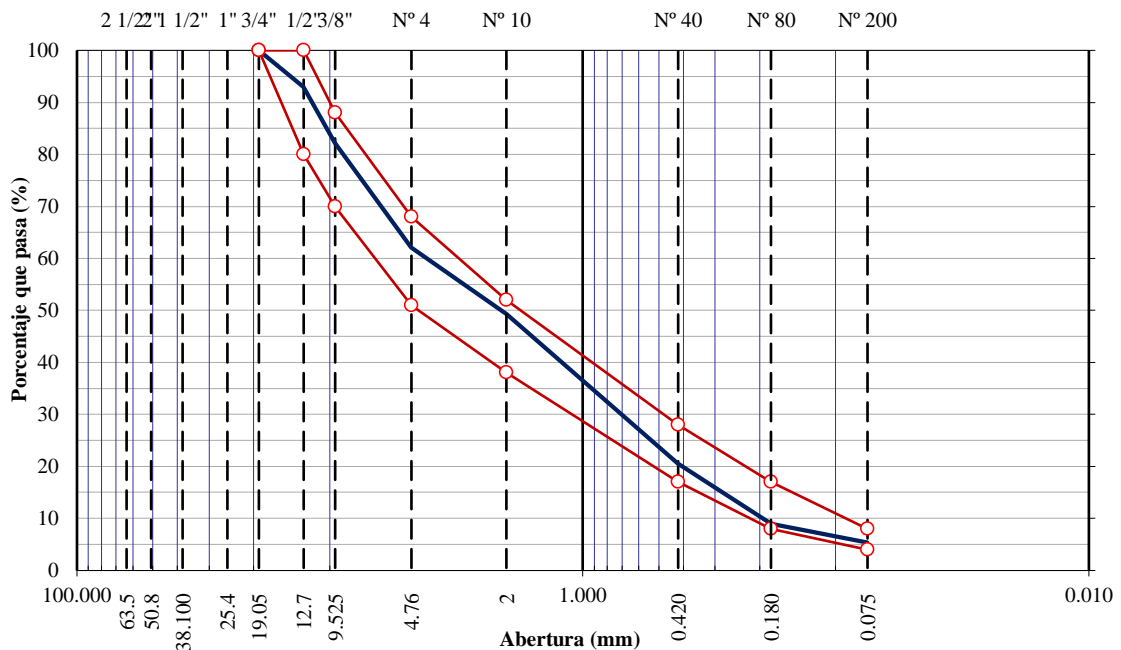
Tabla 46:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_003	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
	37.0%	28.0%	34.0%	1.0%	MAC-02				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.2	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	98.6	62.1	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	81.2	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	47.3	20.6	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	23.4	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	7.5	5.4	4	8	ok

Figura 45:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003



Se ha verificado de la misma manera la condición granulométrica a un 2% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 47 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 46.

Tabla 47:

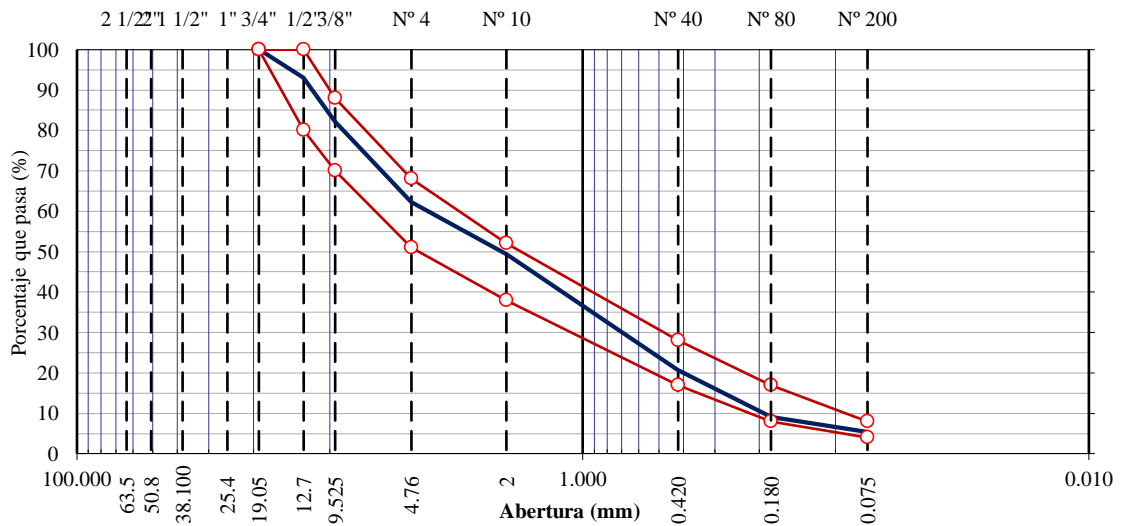
Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR				GR_003	Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"			COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
	37.0%	28.0%	33.0%	2.0%					
1" 25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4" 19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2" 12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8" 9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	100.0	82.3	70	88	ok
# 4 4.760	12.4	98.7	84.9	98.6	98.6	62.2	51	68	ok
# 10 2.000	5.2	74.5	75.6	81.2	81.2	49.4	38	52	ok
# 40 0.420	0.0	35.2	30.1	47.3	47.3	20.7	17	28	ok

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_003	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	33.0%	2.0%				
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	23.4	9.0	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	7.5	5.4	4	8	ok

Figura 46:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003



De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 3% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 48 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 47.

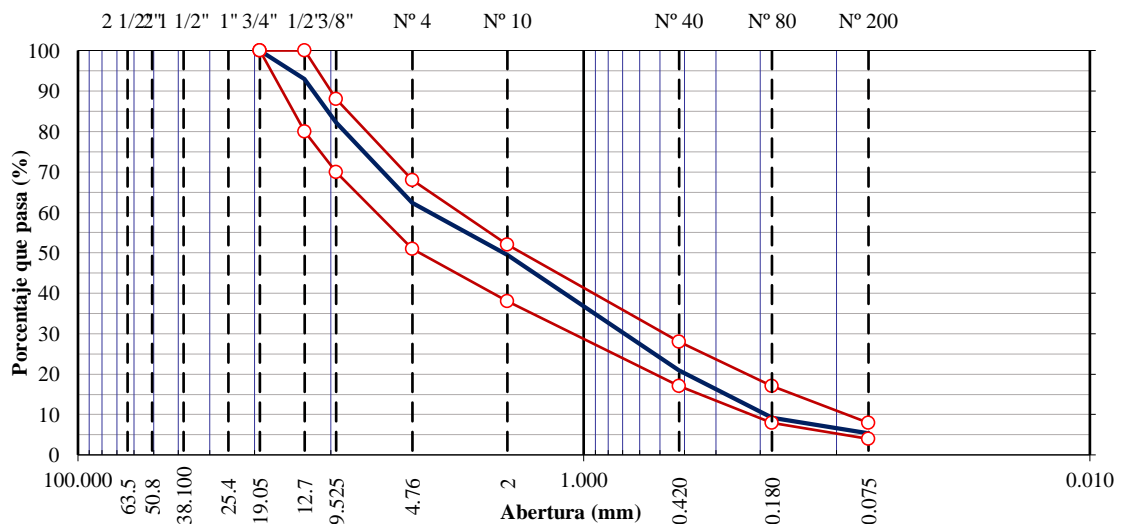
Tabla 48:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_003	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	32.0%	3.0%				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	98.6	62.4	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	81.2	49.4	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	47.3	20.9	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	23.4	9.2	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	7.5	5.4	4	8	ok

Figura 47:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003



De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 4% de plástico de reciclado en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 49 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 48.

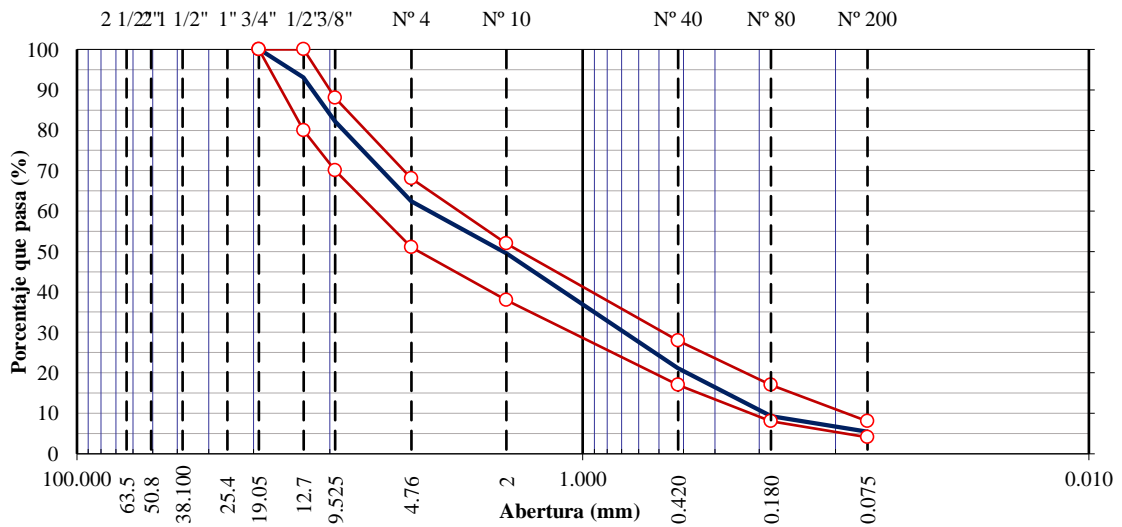
Tabla 49:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_003	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	32.0%	4.0%				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	98.6	62.5	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	81.2	49.5	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	47.3	21.1	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	23.4	9.3	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	7.5	5.4	4	8	ok

Figura 48:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (40% caucho neumático + 60% plástico reciclado) – GR003



Teniendo en cuenta las condiciones ya mencionadas, estas fueron evaluadas mediante el ensayo Marshall, ensayo de tracción indirecta por el método Lottman, ensayo de Estabilidad Retenida y ensayo de Cántabro. En la tabla 50, se observa los datos

resúmenes del grupo control 003 donde se añadió sólo plástico reciclado en distintas dosificaciones, se puede observar en las figuras 49, 50, 51, 52, 53, 54 y 55.

Tabla 50:

Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.

DESCRIPCIÓN	GR_003	40% caucho de neumáticos + 60% plástico reciclado				
	BASE	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	ET
OT DE BITUMEN	6.10	5.95	5.88	5.75	5.60	
ESTABILIDAD	1178.60	1185.60	1203.50	1211.80	1215.60	815 min
FLUJO	3.77	3.70	3.75	3.85	3.65	2-4 mm
VACÍOS DE AIRE	3.35	3.25	3.20	3.17	3.08	3 - 5 %
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3139.44	3204.32	3209.33	3147.53	3330.41	1700 - 4000
ESTABILIDAD RETENIDA	80.68	84.78	85.25	87.64	86.11	80% min
TSR	81.88	84.20	86.70	87.57	87.71	80% min

Figura 49:

Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.

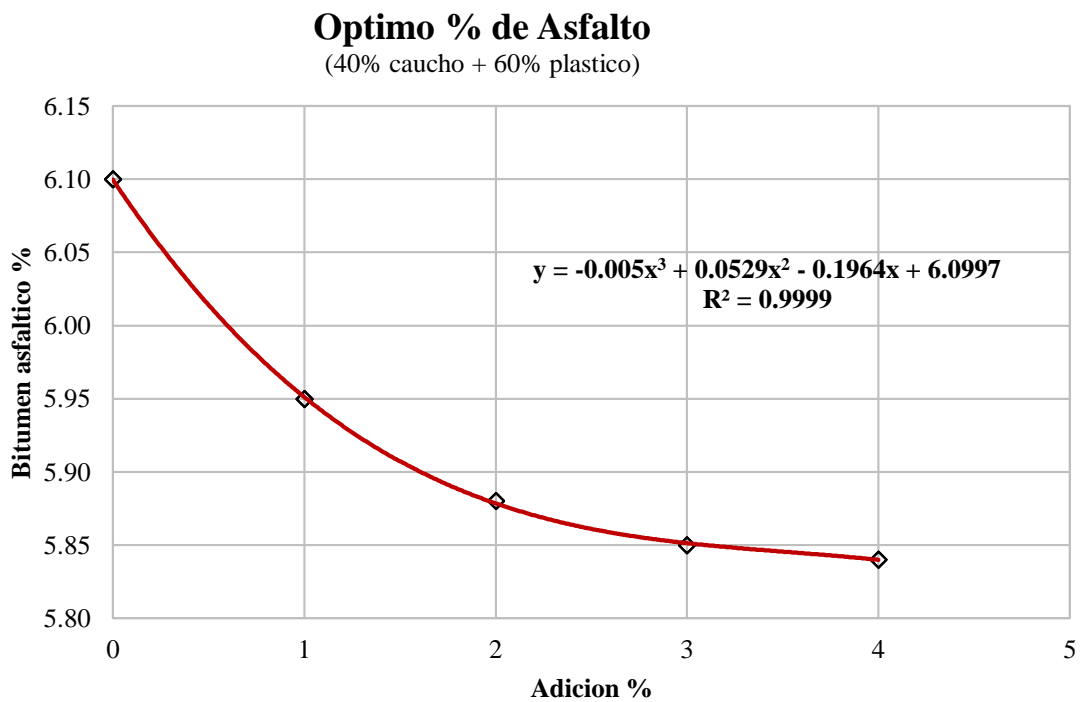


Figura 50:

Curva entre Estabilidad vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado.

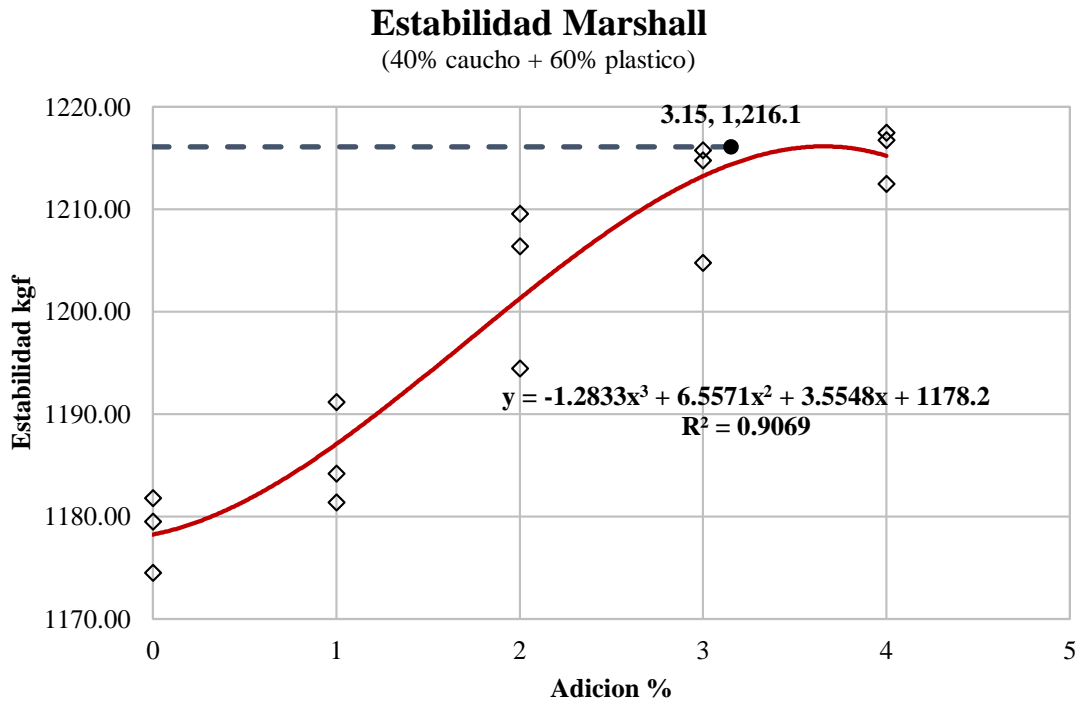


Figura 51:

Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado

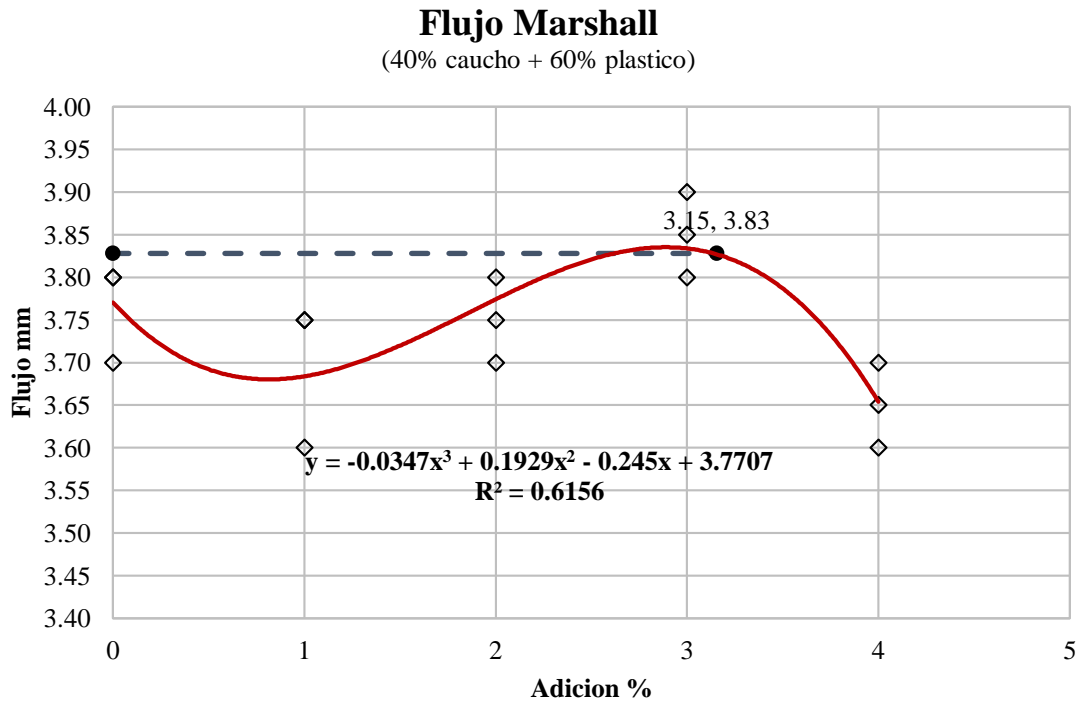


Figura 52:

Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado

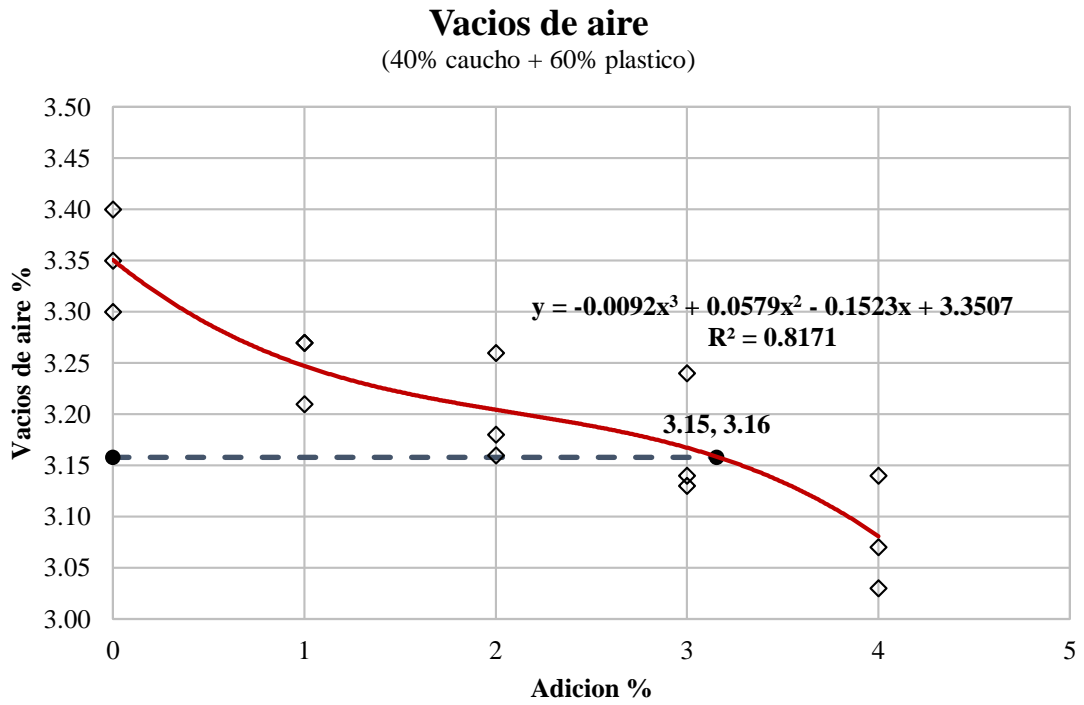


Figura 53:

Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado

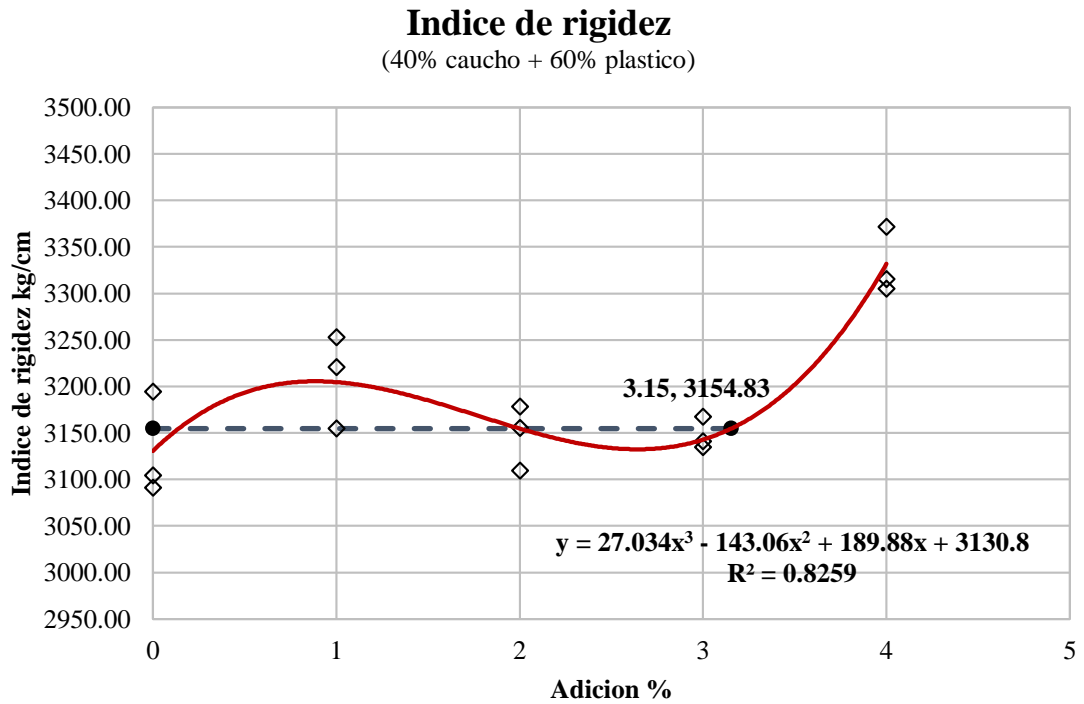


Figura 54:

Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado

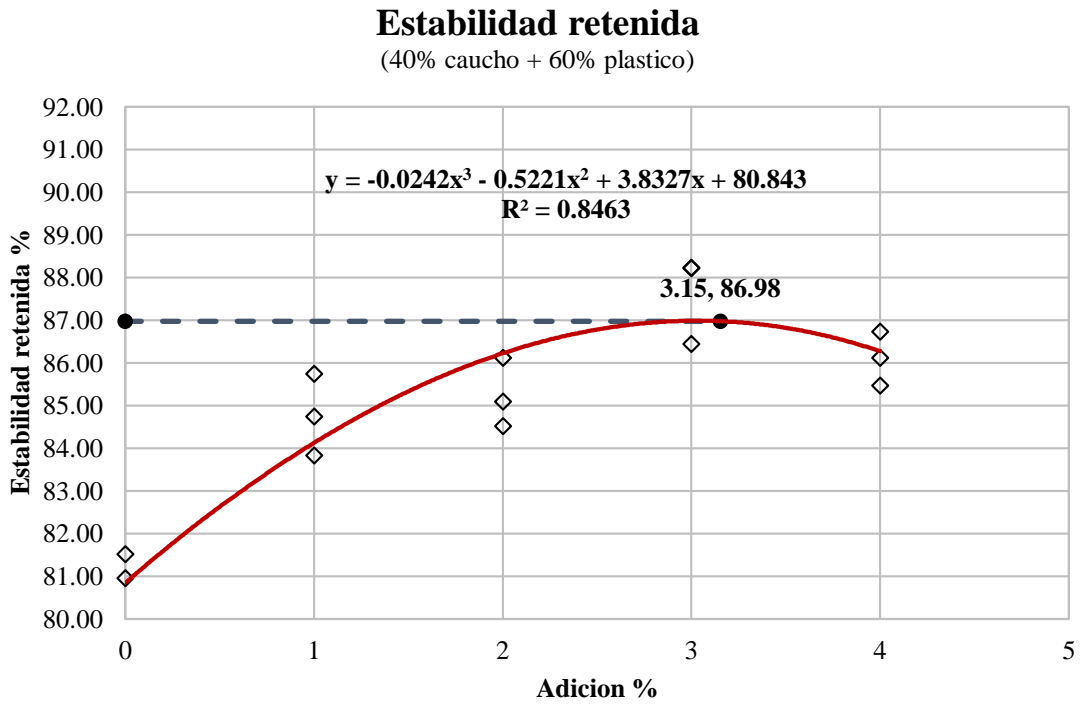
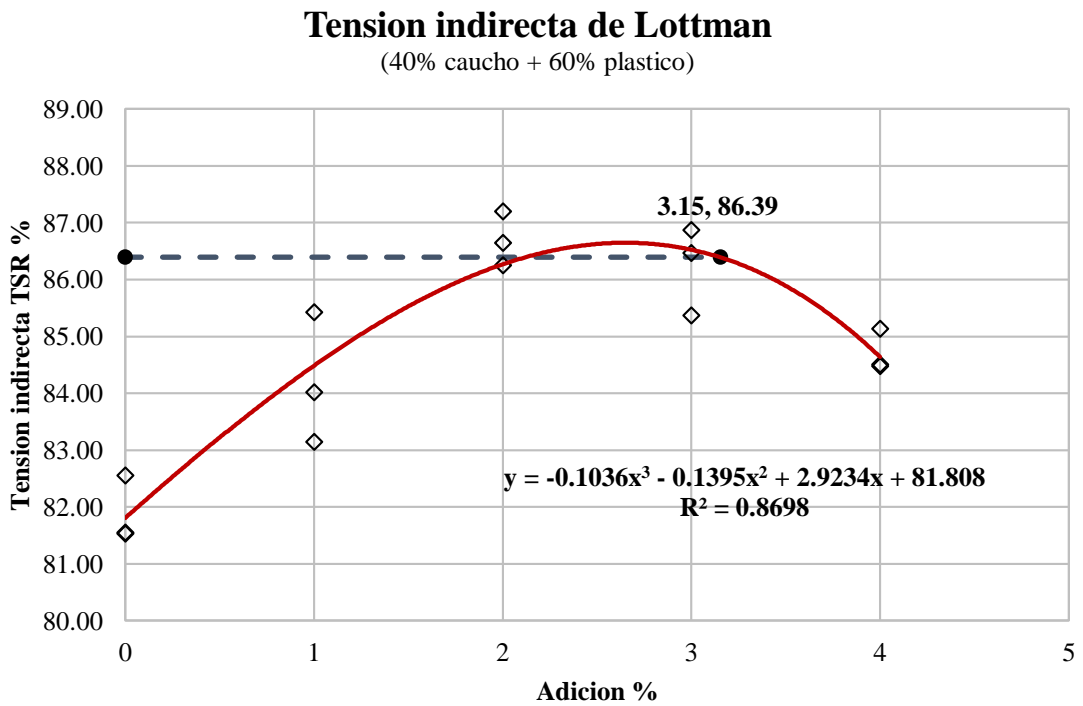


Figura 55:

Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado



Teniendo en cuenta las gráficas anteriores, se determina que la óptima adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado es de 3.15% como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 51:

Óptimo de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

PROPIEDAD	% OT ADICION
<i>Estabilidad Marshall máxima</i>	3.66
<i>Tensión Indirecta de Lottman máxima</i>	2.65
Promedio	3.15

Tabla 52:

Resumen óptimo de adición de 40% caucho neumático + 60% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

DESCRIPCIÓN	40% CN + 60% PL	ET
% Bitumen	5.85	
% Adición opt.	3.15	
Estabilidad (kgf)	1216.13	815 min
Flujo (mm)	3.83	2-4 mm
% Vacíos de Aire	3.16	3 - 5 %
Índice de Rigidez (kg/cm)	3154.83	1700 - 4000
Estabilidad Retenida (%)	86.98	80% min
TSR	86.39	80% min

5.1.1.4. Grupo 004 – 60% Caucho + 40% plástico reciclado

Para la condición del grupo control 004, se realizó la mezcla bituminosa con adición al 60% de caucho de neumático + 40% plástico reciclado, obteniendo distintas condiciones granulométricas como se observa en la tabla 53 la combinación granulométrica con 1% de adición y en la figura 56 su representación gráfica.

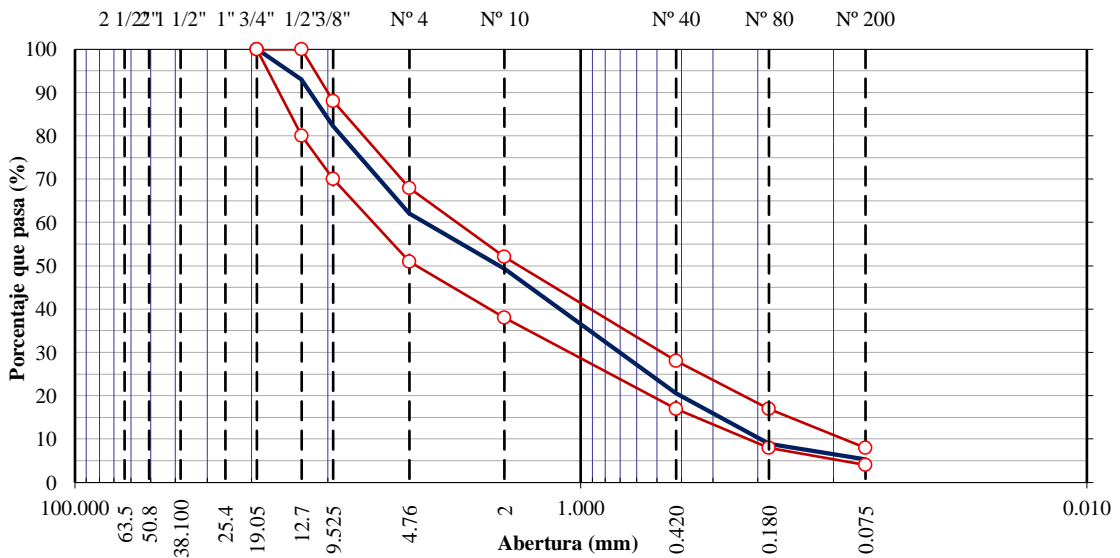
Tabla 53:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_004	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	34.0%	1.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.2	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	97.9	62.1	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	79.3	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	43.2	20.5	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	20.0	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.0	5.3	4	8	ok

Figura 56:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004



Se ha verificado de la misma manera la condición granulométrica a un 2% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) en la

granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 54 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 57.

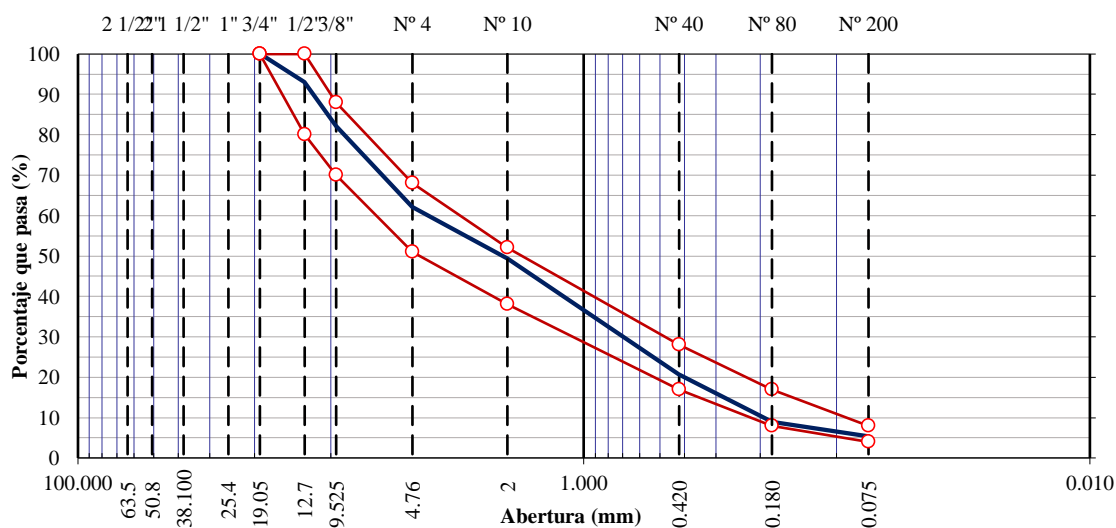
Tabla 54:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_004	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	33.0%	2.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	97.9	62.2	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	79.3	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	43.2	20.7	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	20.0	9.0	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.0	5.3	4	8	ok

Figura 57:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004



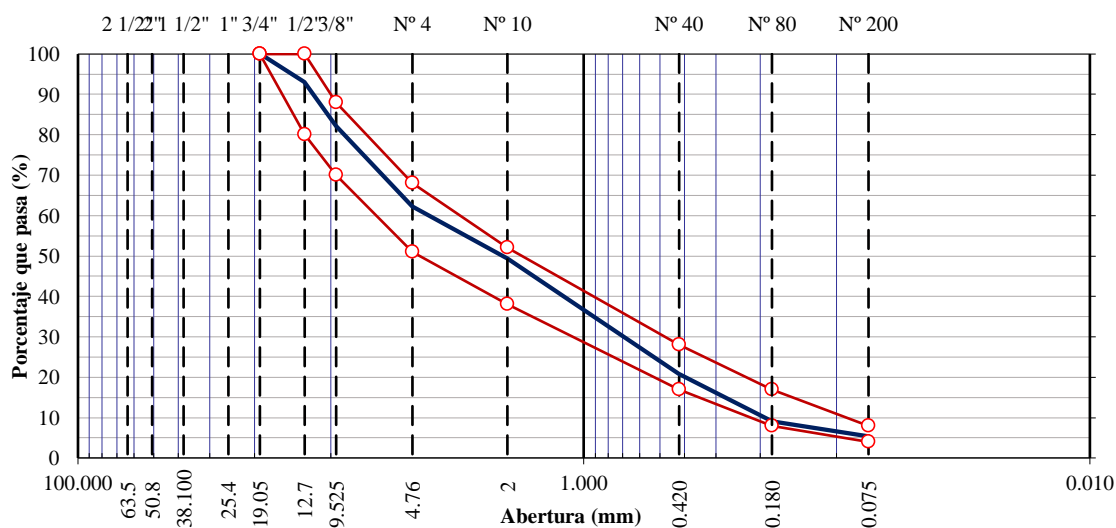
De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 3% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) en la

granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 49 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 58.

Tabla 55:
Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_004	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	32.0%	3.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	97.9	62.3	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	79.3	49.4	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	43.2	20.8	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	20.0	9.1	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.0	5.3	4	8	ok

Figura 58:
Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004



De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 4% de plástico de reciclado en la granulometría de la mezcla

bituminosa, esta condición se observa en la tabla 50 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 59.

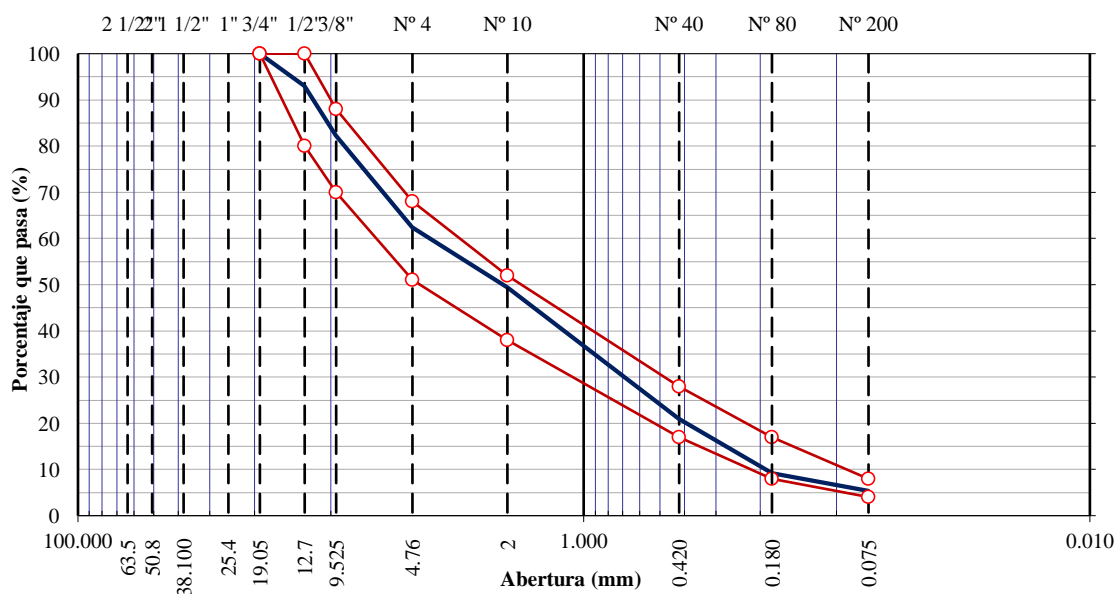
Tabla 56:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_004	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	32.0%	4.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	97.9	62.5	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	79.3	49.4	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	43.2	20.9	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	20.0	9.2	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.0	5.3	4	8	ok

Figura 59:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (60% caucho neumático + 40% plástico reciclado) – GR004



Teniendo en cuenta las condiciones ya mencionadas, estas fueron evaluadas mediante el ensayo Marshall, ensayo de tracción indirecta por el método Lottman, ensayo de Estabilidad Retenida y ensayo de Cántabro. En la tabla 51, se observan los datos resúmenes del grupo control 004 donde se añadió solo plástico reciclado en distintas dosificaciones, se puede observar en las figuras 60, 61, 62, 63, 64, 65 y 66.

Tabla 57:

Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.

DESCRIPCIÓN	GR_004 60% caucho de neumáticos + 40% plástico reciclado					
	BASE	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	ET
OT DE BITUMEN	6.10	5.85	5.85	5.77	5.75	
ESTABILIDAD	1178.60	1200.50	1200.50	1208.60	1208.60	815 min
FLUJO	3.77	3.80	3.80	3.95	3.92	2-4 mm
VACÍOS DE AIRE	3.35	3.25	3.25	3.20	3.17	3 - 5 %
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3129.60	3159.21	3159.21	3059.75	3076.28	1700 - 4000
ESTABILIDAD RETENIDA	80.68	83.33	83.33	84.05	84.55	80% min
TSR	81.88	82.59	82.59	82.60	81.88	80% min

Figura 60:

Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.

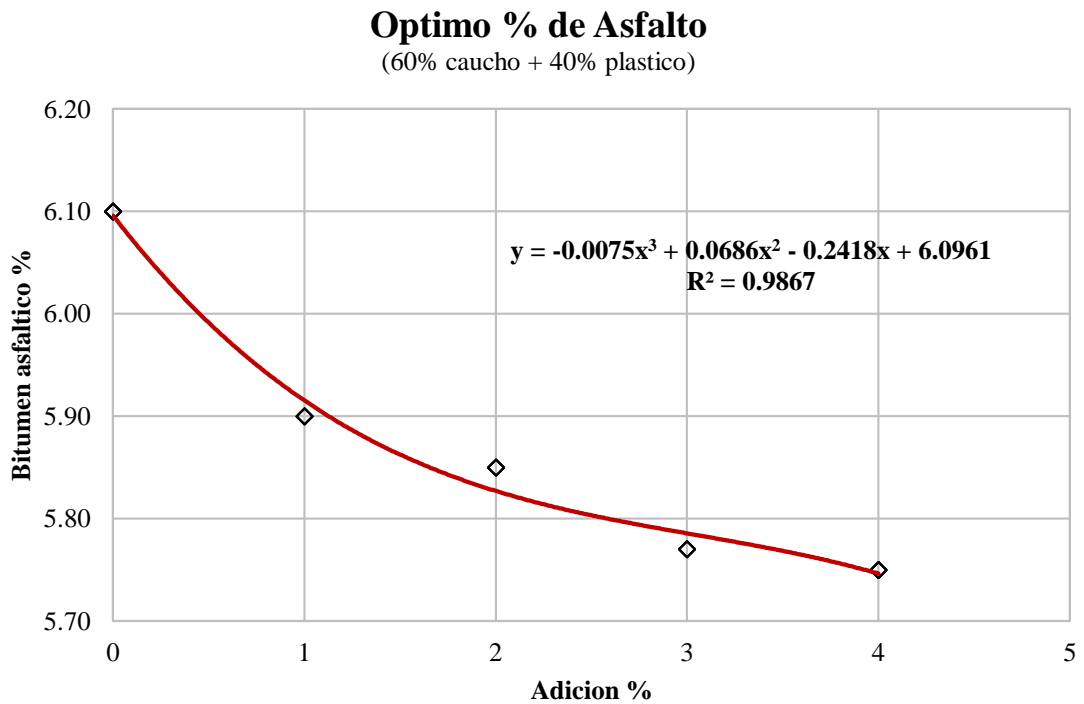


Figura 61:

Curva entre Estabilidad vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado.

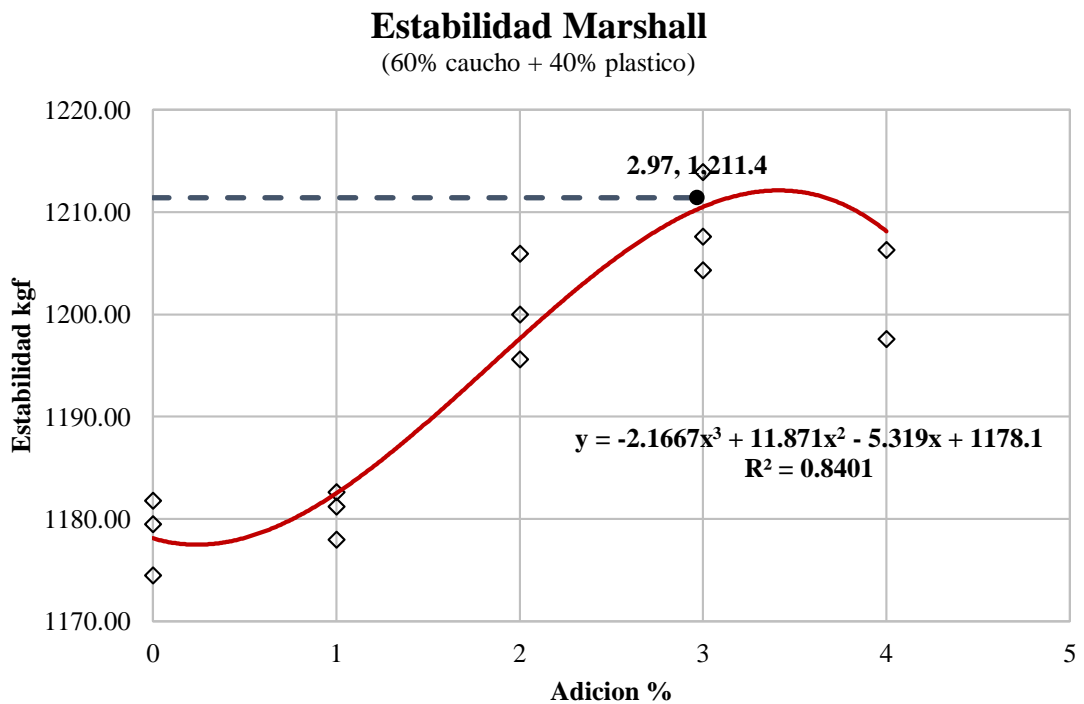


Figura 62:
Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado

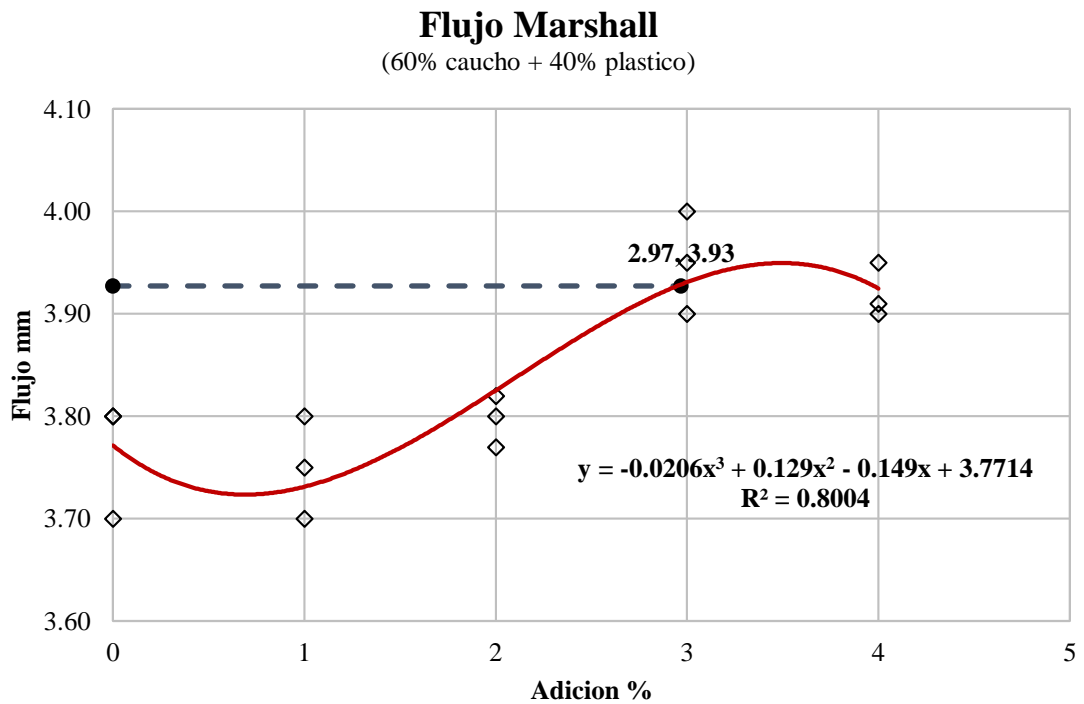


Figura 63:
Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado

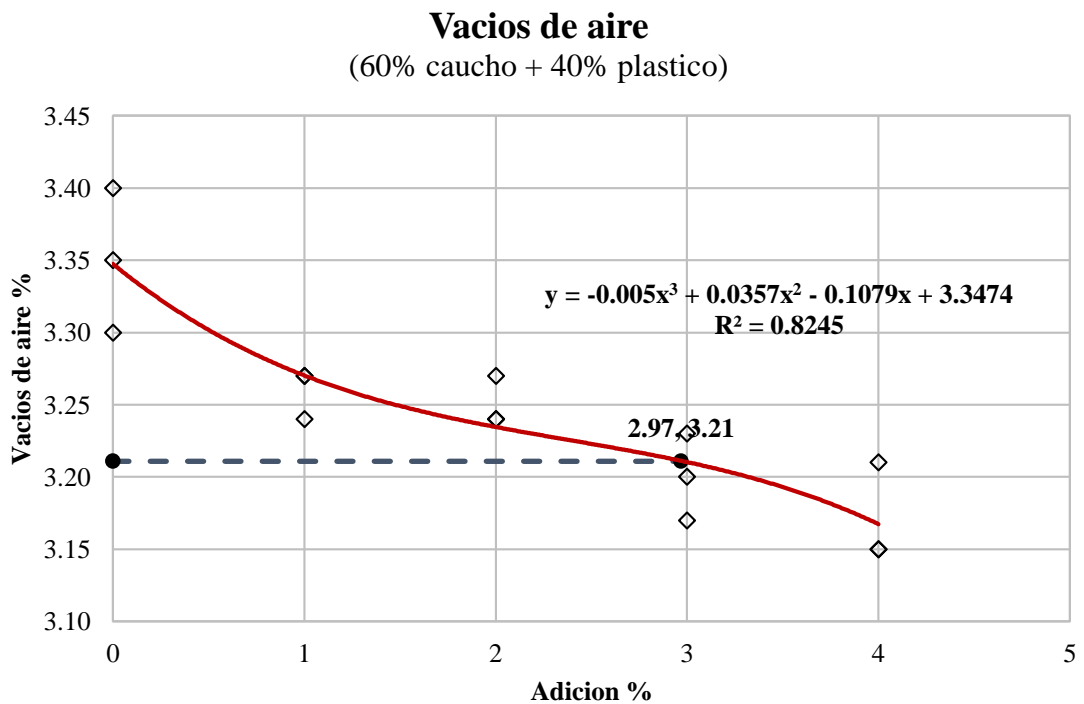


Figura 64:

Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado

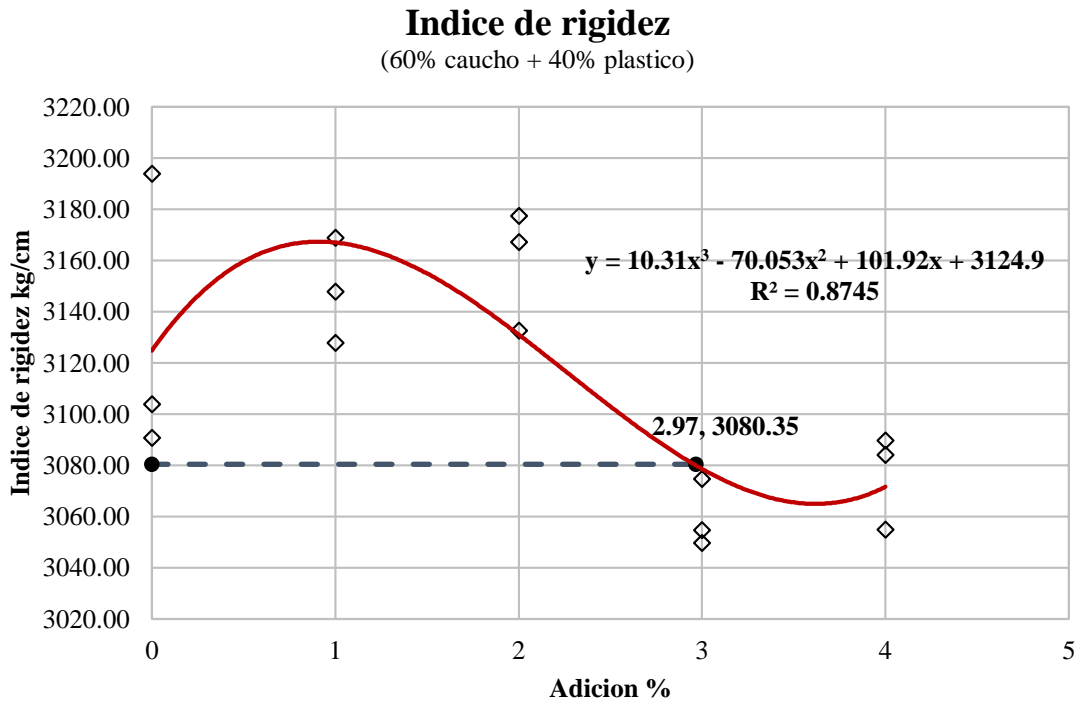


Figura 65:

Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado

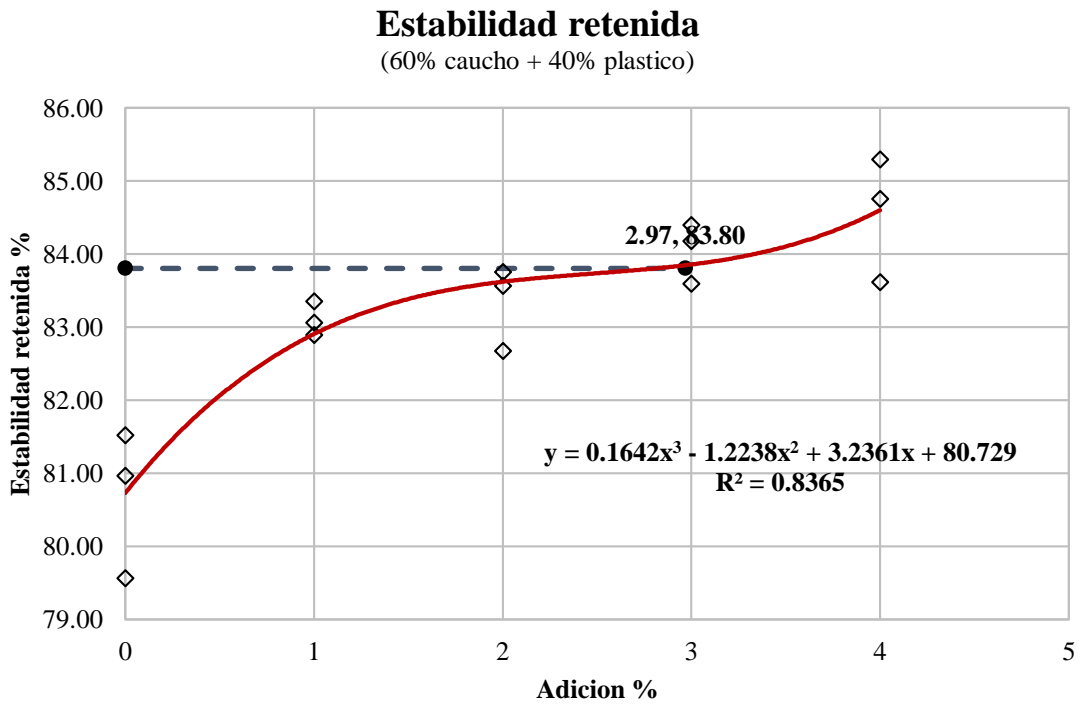
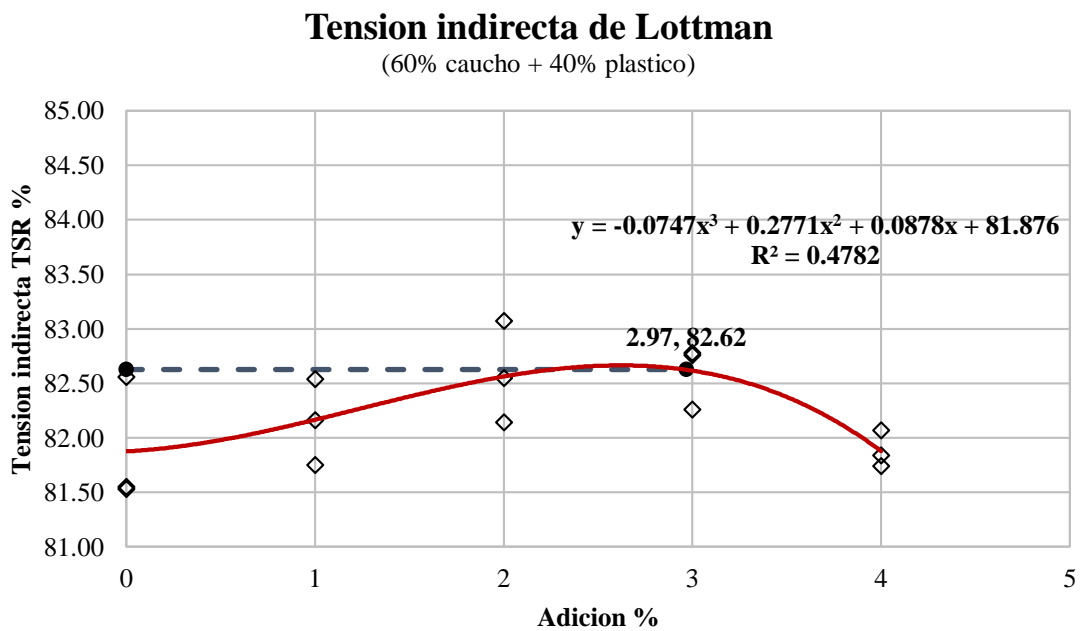


Figura 66:

Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado



Teniendo en cuenta las gráficas anteriores, se determina que la óptima adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado es de 3.32% como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 58:

Óptimo de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

PROPIEDAD	% OT ADICIÓN
<i>Estabilidad Marshall máxima</i>	3.32
<i>Tensión Indirecta de Lottman máxima</i>	2.62
Promedio	2.97

Tabla 59:

Resumen óptimo de adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

DESCRIPCIÓN	60% CN + 40% PL	ET
% Bitumen	5.78	
% Adición opt.	3.32	
Estabilidad (kgf)	1211.41	815 min

DESCRIPCIÓN	60% CN + 40% PL	ET
Flujo (mm)	3.94	2-4 mm
% Vacíos de Aire	3.20	3 - 5 %
Índice de Rigidez (kg/cm)	3069.32	1700 - 4000
Estabilidad Retenida (%)	83.97	80% min
TSR	83.62	80% min

5.1.1.5. Grupo 005 – 80% Caucho + 20% plástico reciclado

Para la condición del grupo control 005, se realizó la mezcla bituminosa con adición al 80% de caucho de neumático + 20% plástico reciclado, obteniendo distintas condiciones granulométricas como se observa en la tabla 60 la combinación granulométrica con 1% de adición y en la figura 67 su representación gráfica.

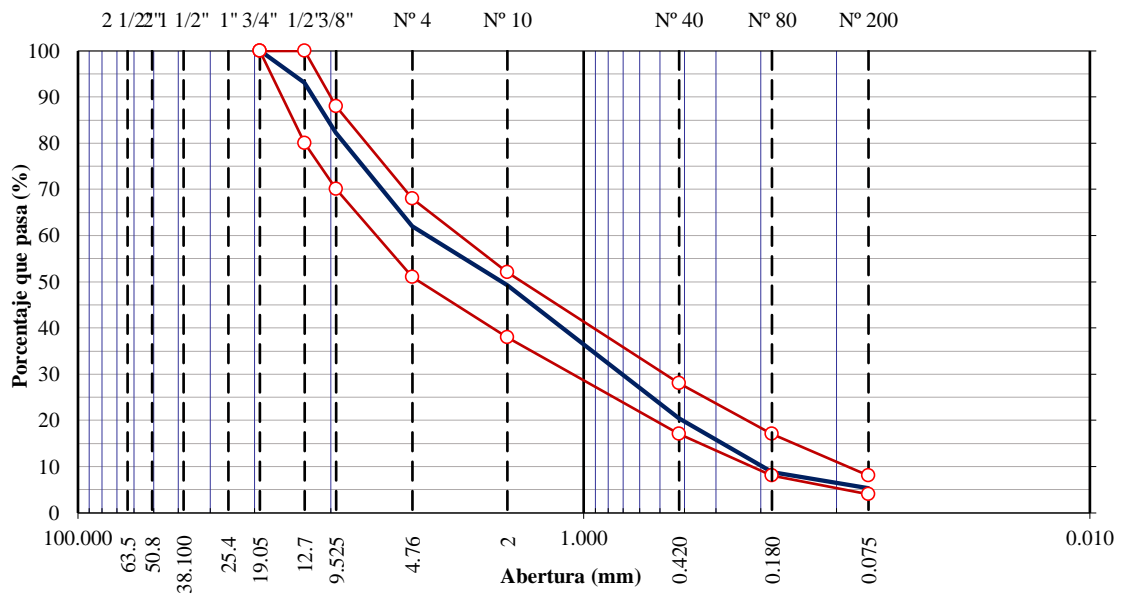
Tabla 60:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_005	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
	37.0%	28.0%	34.0%			1.0%	MAC-02		
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.2	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	97.9	62.1	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	79.3	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	43.2	20.5	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	20.0	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	5.0	5.3	4	8	ok

Figura 67:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005



Se ha verificado de la misma manera la condición granulométrica a un 2% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 61 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 68.

Tabla 61:

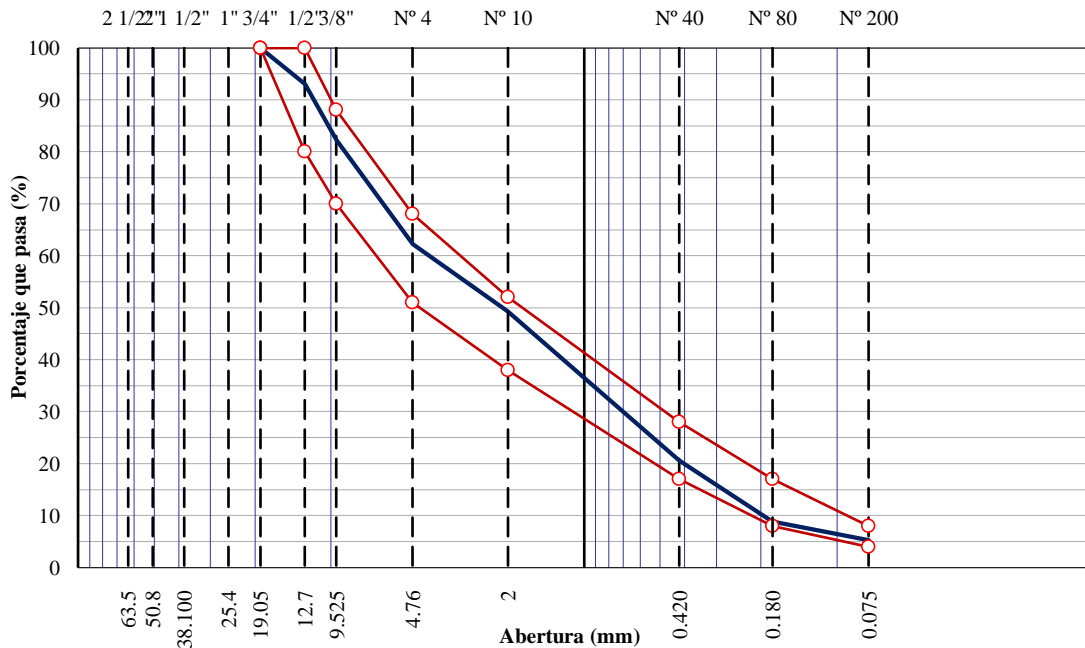
Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_004	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
1"	37.0%	28.0%	33.0%	2.0%	100.0	100	100	ok
3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	12.4	98.7	84.9	97.2	62.2	51	68	ok

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_004	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	33.0%	2.0%				
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	77.3	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	39.2	20.6	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	16.6	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	2.5	5.3	4	8	ok

Figura 68:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005



De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 3% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 62 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 69.

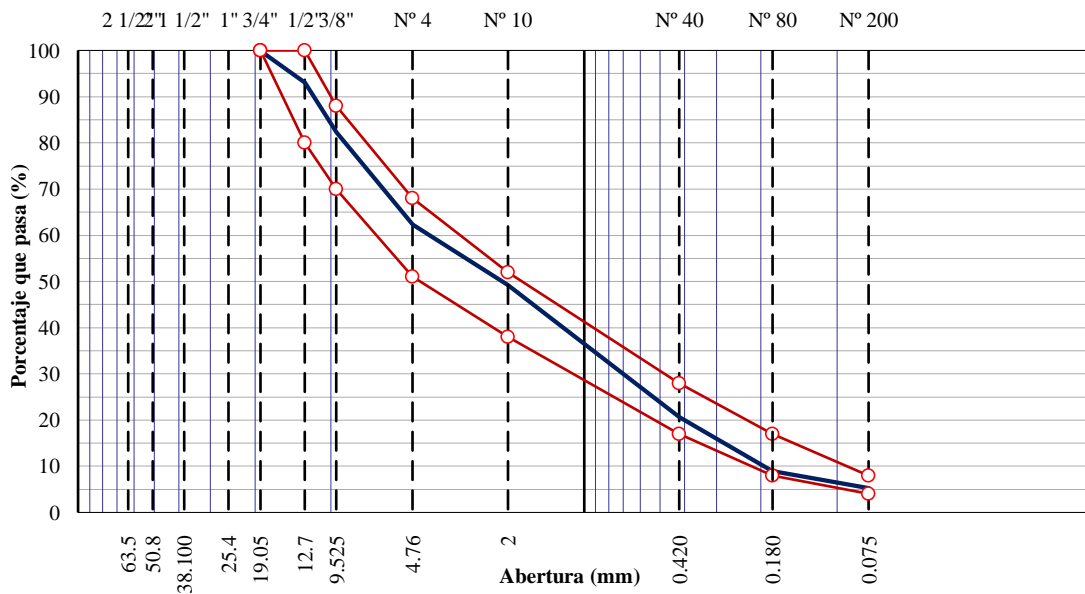
Tabla 62:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_005	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	32.0%	3.0%				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	97.2	62.3	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	77.3	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	39.2	20.7	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	16.6	9.0	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	2.5	5.3	4	8	ok

Figura 69:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005



De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 4% de plástico de reciclado en la granulometría de la mezcla

bituminosa, esta condición se observa en la tabla 63 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 70.

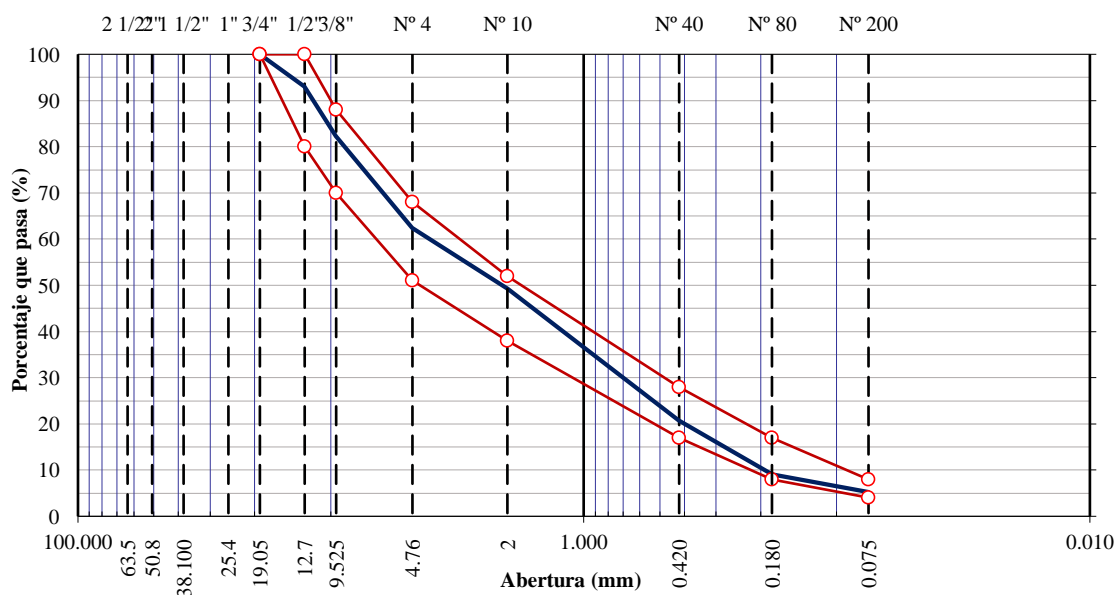
Tabla 63:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICION
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_005	COMB. TEORICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	32.0%	4.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	97.2	62.4	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	77.3	49.3	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	39.2	20.8	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	16.6	9.0	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	2.5	5.2	4	8	ok

Figura 70:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (80% caucho neumático + 20% plástico reciclado) – GR005



Teniendo en cuenta las condiciones ya mencionadas, estas fueron evaluadas mediante el ensayo Marshall, ensayo de tracción indirecta por el método Lottman, ensayo de Estabilidad Retenida y ensayo de Cántabro. En la tabla, 64 se observa los datos resúmenes del grupo control 005 donde se añadió solo plástico reciclado en distintas dosificaciones, se puede observar en las gráficas 71, 72, 73, 74, 75, 76 y 77.

Tabla 64:

Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.

DESCRIPCIÓN	GR_005	80% caucho de neumáticos + 20% plástico reciclado				
	BASE	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	ET
OT DE BITUMEN	6.10	5.96	5.88	5.84	5.80	
ESTABILIDAD	1178.60	1172.50	1165.80	1142.50	1135.90	815 min
FLUJO	3.77	3.80	3.95	4.05	4.12	2-4 mm
VACÍOS DE AIRE	3.35	3.25	3.20	3.18	3.15	3 - 5 %
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3139.44	3085.53	2951.39	2820.99	2757.04	1700 - 4000
ESTABILIDAD RETENIDA	80.68	82.01	82.22	83.14	83.20	80% min
TSR	81.88	82.10	82.20	82.70	83.10	80% min

Figura 71:

Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.

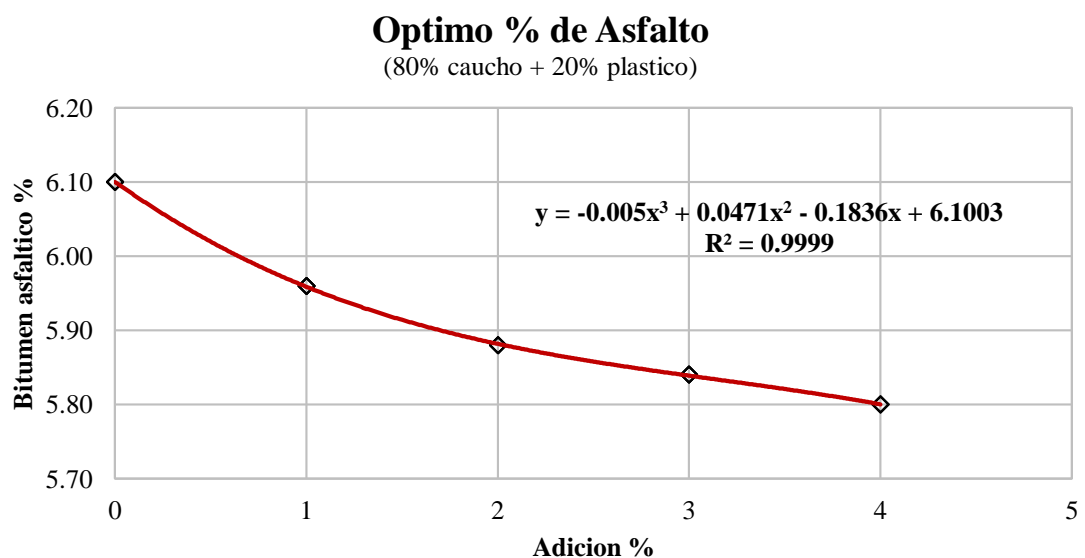


Figura 72:

Curva entre Estabilidad vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado.

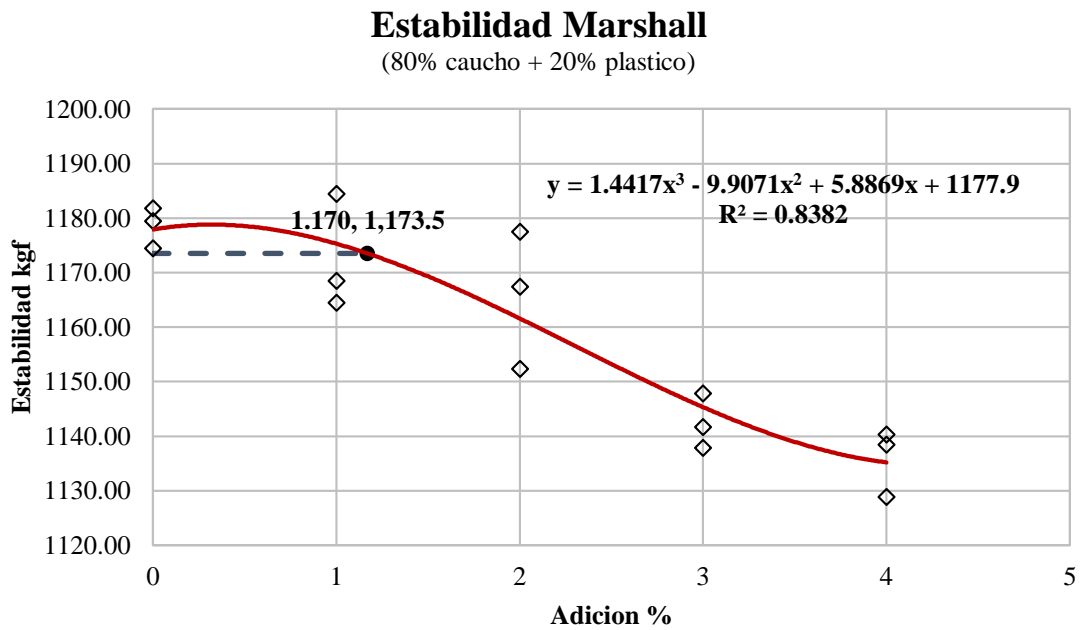


Figura 73:

Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado

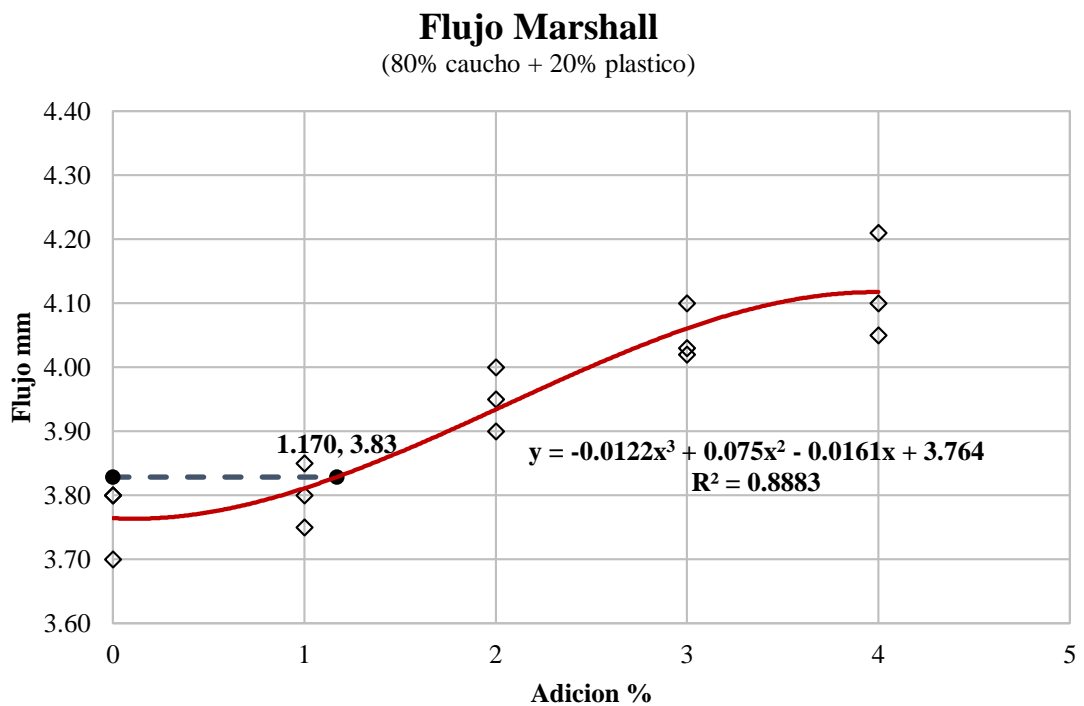


Figura 74:

Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado

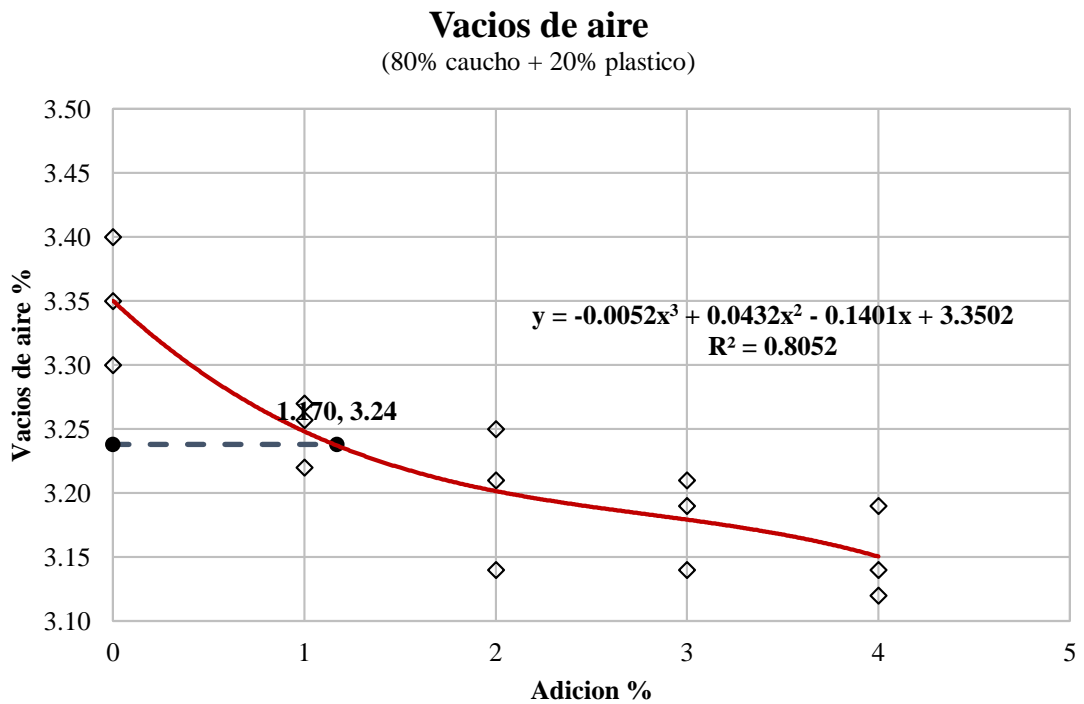


Figura 75:

Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado

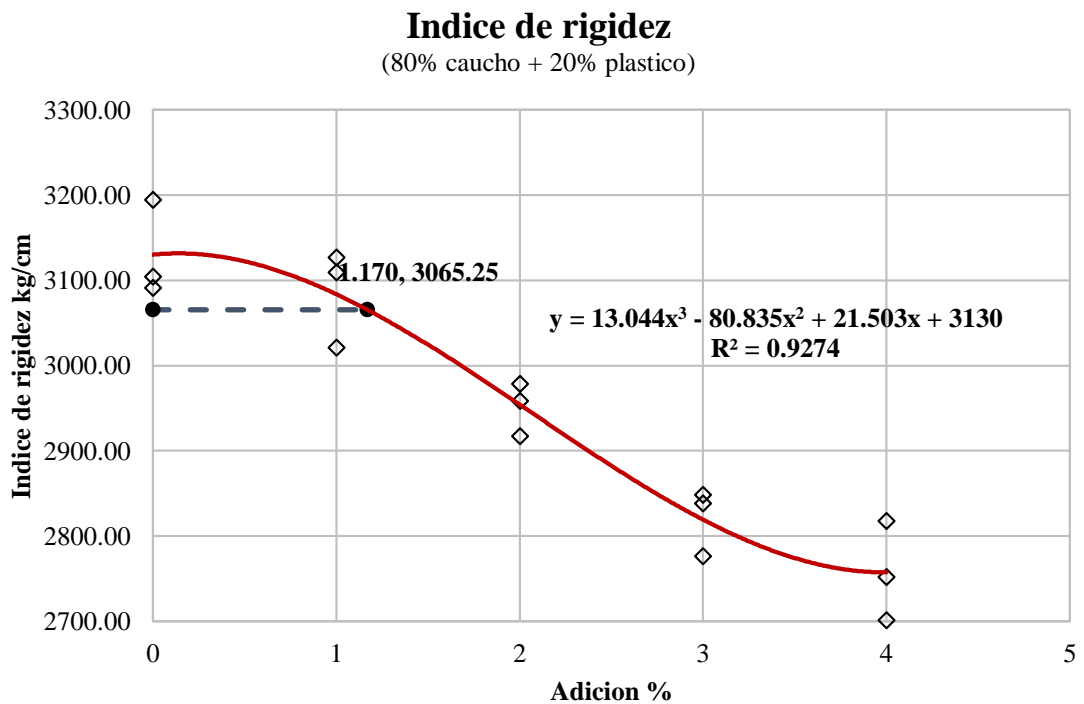


Figura 76:

Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado

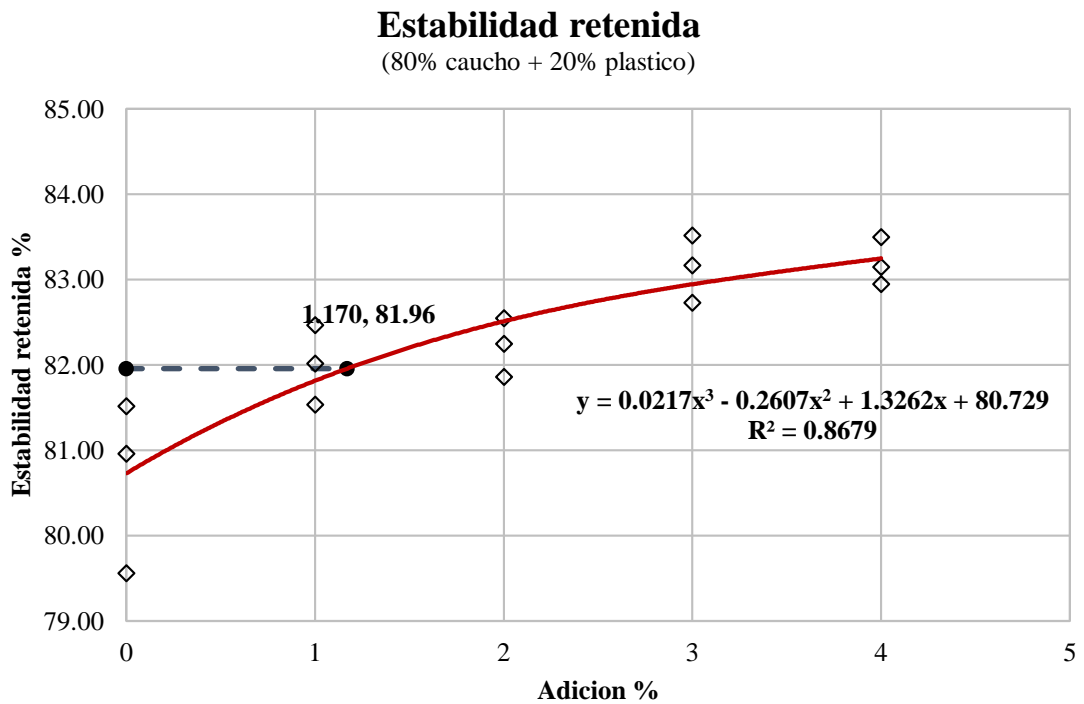
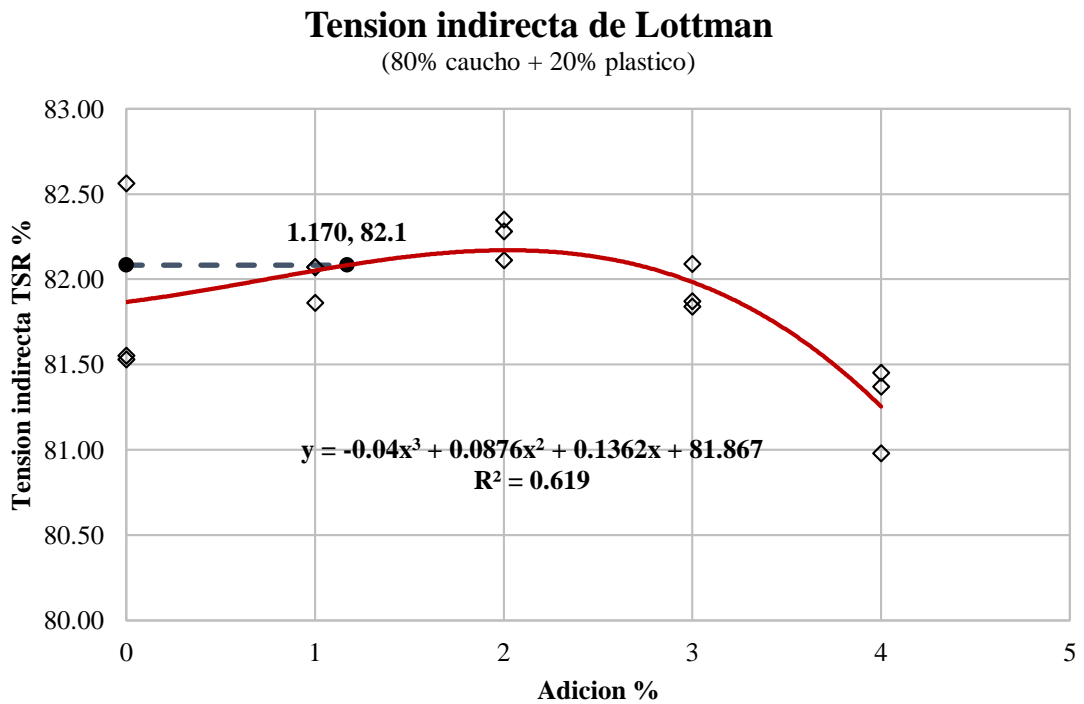


Figura 77:

Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado



Teniendo en cuenta las gráficas anteriores, se determina que la óptima adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado es de 3.32% como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 65:

Óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

PROPIEDAD	% OT ADICIÓN
<i>Estabilidad Marshall máxima</i>	0.32
<i>Tensión Indirecta de Lottman máxima</i>	2.02
Promedio	1.17

Tabla 66:

Resumen óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

DESCRIPCIÓN	80% CN + 20% PL	ET
% Bitumen	5.94	
% Adición opt.	1.17	
Estabilidad (kgf)	1173.53	815 min
Flujo (mm)	3.83	2-4 mm
% Vacíos de Aire	3.24	3 - 5 %
Índice de Rigidez (kg/cm)	3065.25	1700 - 4000
Estabilidad Retenida (%)	81.96	80% min
TSR	82.08	80% min

5.1.1.6. Grupo 006 – 100% Caucho neumático

Para la condición del grupo control 006, se realizó la mezcla bituminosa con adición al 100% de caucho de neumático, obteniendo distintas condiciones granulométricas como se observa en la tabla 67 la combinación granulométrica con 1% de adición y en la figura 78 su representación gráfica.

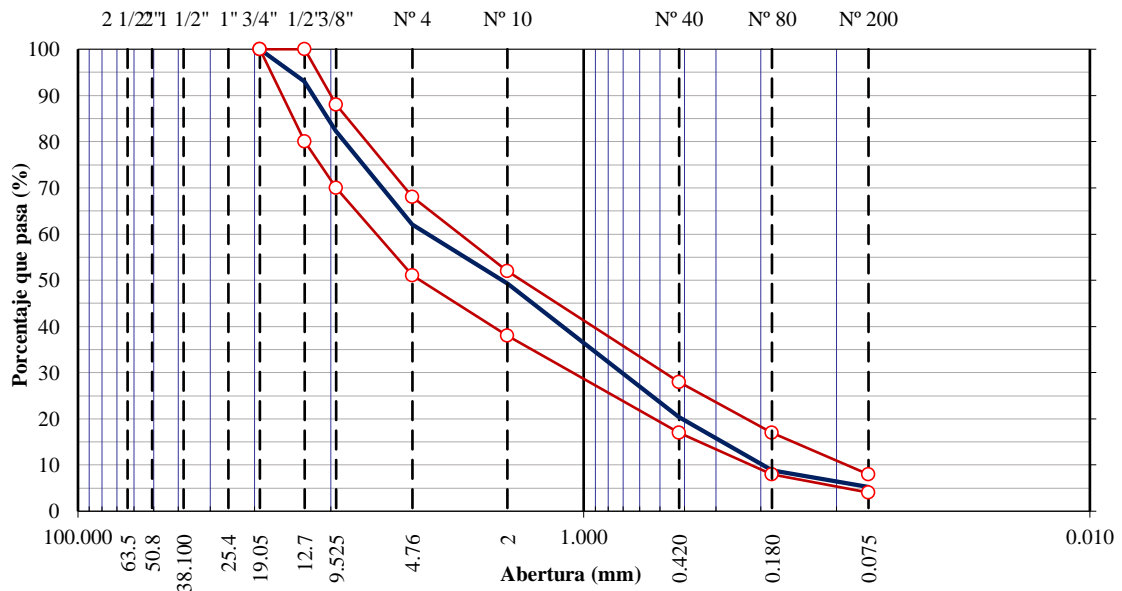
Tabla 67:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 1% (100% caucho neumático) – GR006

		AGREGADOS A INTERVENIR				Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
Tamices y aberturas (mm)		GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_006	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI. MAC-02		
		37.0%	28.0%	34.0%	1.0%				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.2	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	96.5	62.1	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	75.3	49.2	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	35.1	20.4	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	13.2	8.8	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	0.0	5.3	4	8	ok

Figura 78:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 1% (100% caucho neumático) – GR006



Se ha verificado de la misma manera la condición granulométrica a un 2% (100% caucho neumático) en la granulometría de la mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 68 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 79.

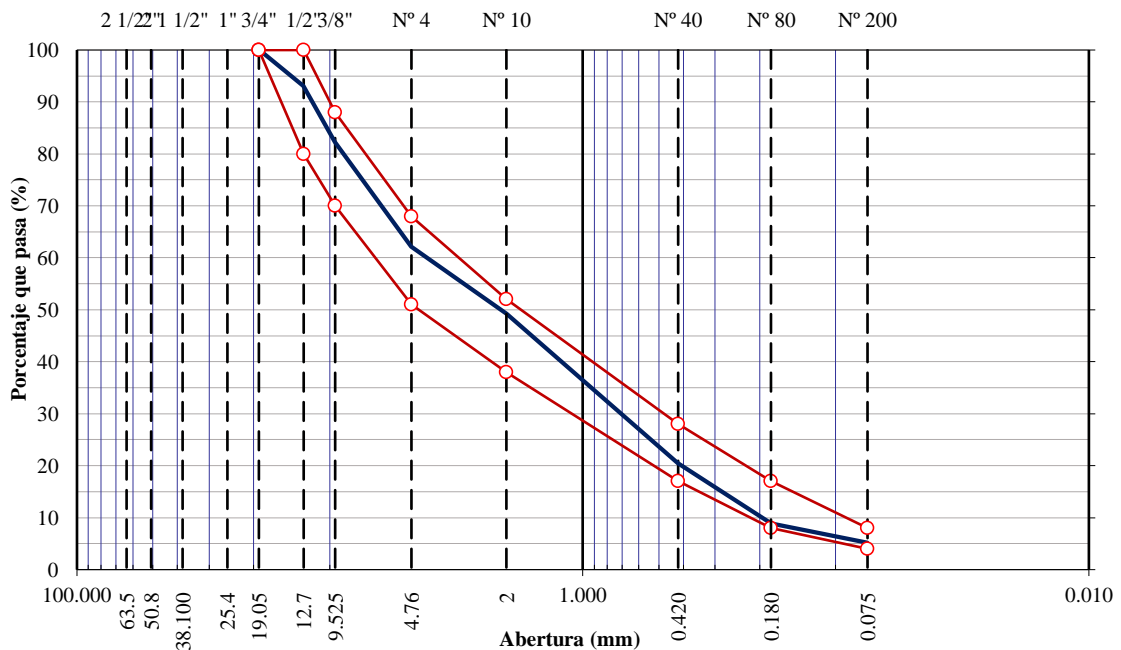
Tabla 68:

Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 2% (100% caucho neumático) – GR006

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICIÓN
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_006	COMB. TEÓRICA	ESPECIFI.			
	37.0%	28.0%	33.0%	2.0%	MAC-02				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	96.5	62.2	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	75.3	49.2	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	35.1	20.5	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	13.2	8.8	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	0.0	5.2	4	8	ok

Figura 79:

Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 2% (100% caucho neumático) – GR006



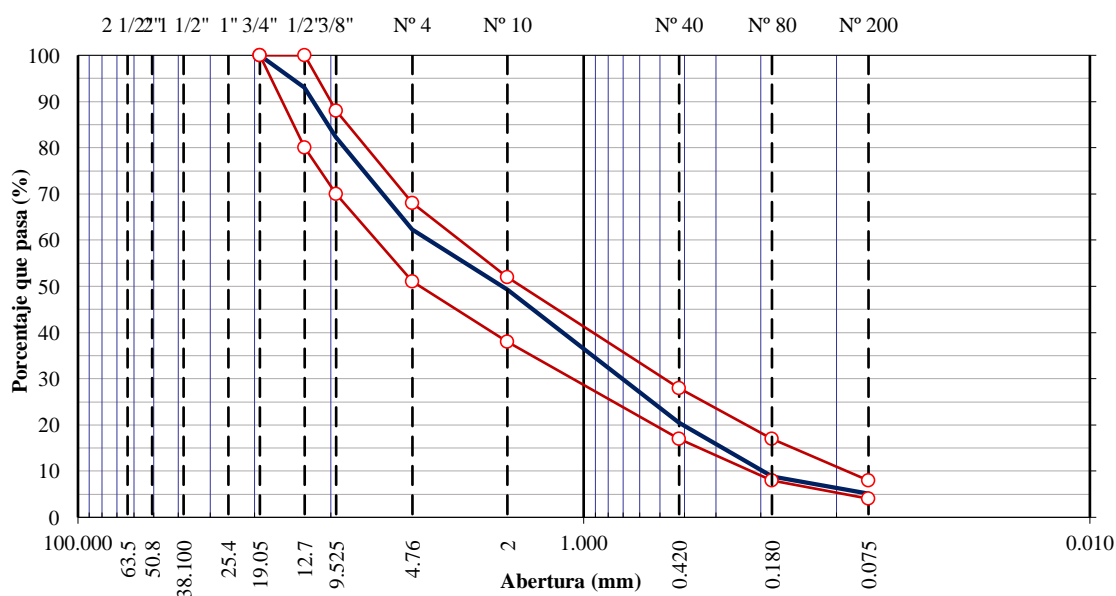
De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 3% (100% caucho neumático) en la granulometría de la

mezcla bituminosa, esta condición se observa en la tabla 69 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 80.

Tabla 69:
Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 3% (100% caucho neumático) – GR006

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICION
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_006	COMB. TEORICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	32.0%	3.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	96.5	62.3	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	75.3	49.2	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	35.1	20.5	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	13.2	8.9	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	0.0	5.2	4	8	ok

Figura 80:
Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 3% (100% caucho neumático) – GR006



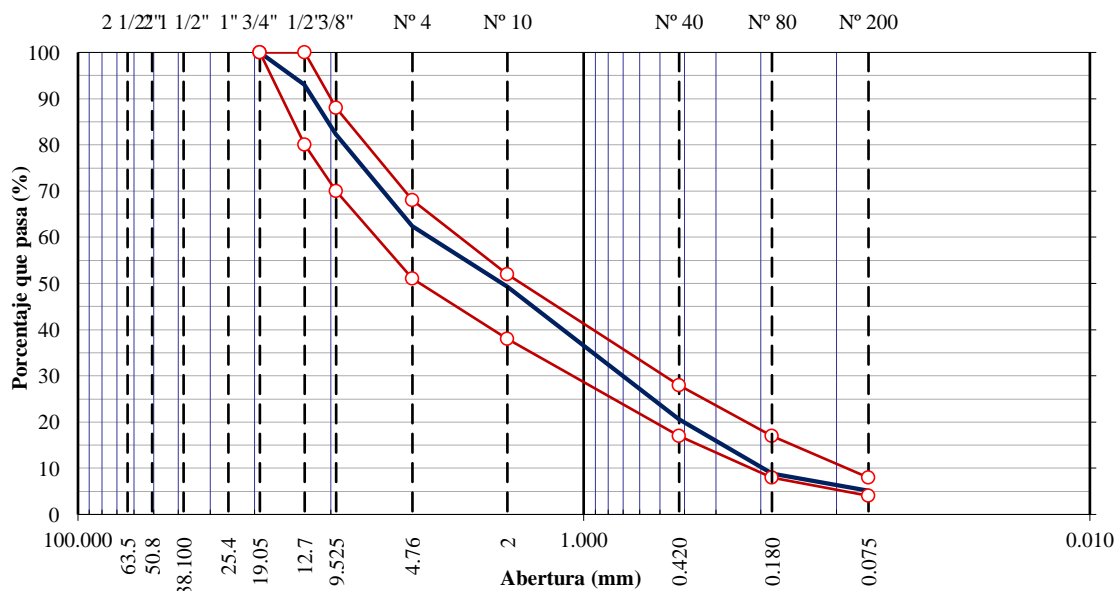
De la misma forma, se ha verificado la condición granulométrica a un 4% de plástico de reciclado en la granulometría de la mezcla

bituminosa, esta condición se observa en la tabla 70 y la gráfica del porcentaje pasante en la figura 81.

Tabla 70:
Combinación granulométrica para mezcla bituminosa con 4% (100% caucho neumático) – GR006

Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICION
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	GR_006	COMB. TEORICA	ESPECIFI. MAC-02			
	37.0%	28.0%	32.0%	4.0%					
1" 25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0				
3/4" 19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok	
1/2" 12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok	
3/8" 9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	82.3	70	88	ok	
# 4 4.760	12.4	98.7	84.9	96.5	62.4	51	68	ok	
# 10 2.000	5.2	74.5	75.6	75.3	49.2	38	52	ok	
# 40 0.420	0.0	35.2	30.1	35.1	20.6	17	28	ok	
# 80 0.180	0.0	18.1	10.6	13.2	8.9	8	17	ok	
# 200 0.075	0.0	12.8	5.0	0.0	5.1	4	8	ok	

Figura 81:
Curva granulométrica del agregado para mezcla bituminosa con 4% (100% caucho neumático) – GR006



Teniendo en cuenta las condiciones ya mencionadas, estas fueron evaluadas mediante el ensayo Marshall, ensayo de tracción

indirecta por el método Lottman, ensayo de Estabilidad Retenida y ensayo de Cántabro. En la tabla 71, se observa los datos resúmenes del grupo control 006 donde se añadió solo plástico reciclado en distintas dosificaciones, se puede observar en las gráficas 82, 83, 84, 85, 86, 87 y 88.

Tabla 71:
Cuadro resumen de propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa con adición de 100% caucho neumático.

DESCRIPCIÓN	GR_006		100% caucho de neumáticos				ET
	BASE		1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	
OT DE BITUMEN	6.10		6.05	6.00	5.98	5.95	
ESTABILIDAD	1178.60		1142.20	1135.50	1102.30	1095.90	815 min
FLUJO	3.77		3.85	4.08	4.18	4.32	2-4 mm
VACÍOS DE AIRE	3.35		3.22	3.18	3.14	3.11	3 - 5 %
ÍNDICE DE RIGIDEZ	3139.44		2966.75	2783.09	2637.08	2536.81	1700 - 4000
ESTABILIDAD RETENIDA	80.68		81.56	82.00	82.15	82.80	80% min
TSR	81.88		82.10	82.20	82.70	83.10	80% min

Figura 82:
Curva entre bitumen asfáltico vs % de adición de 100% caucho neumático

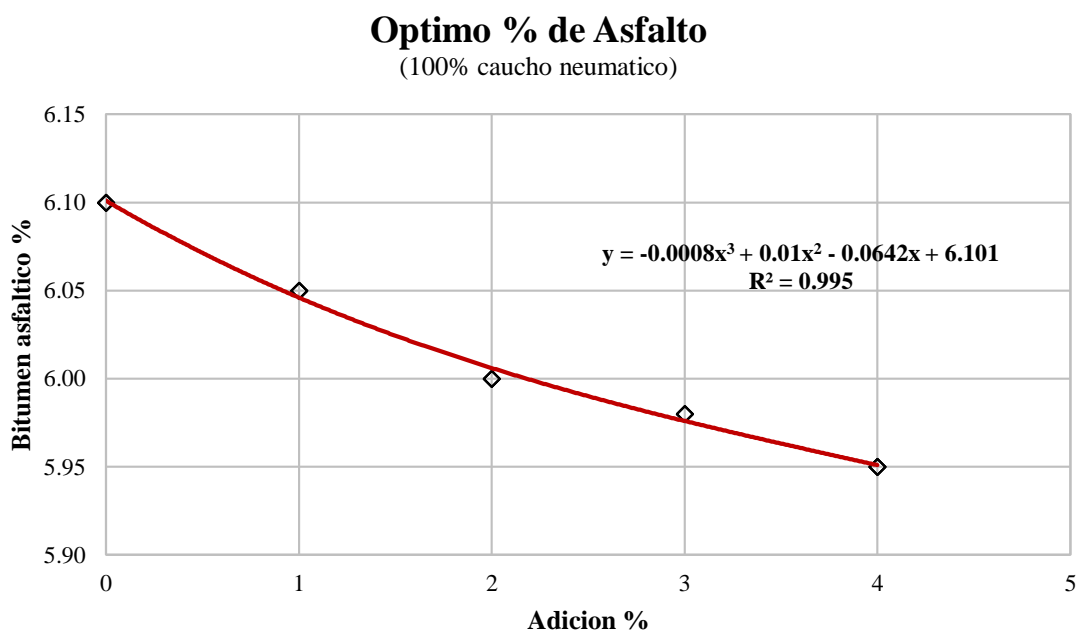


Figura 83:

Curva entre Estabilidad vs % de adición de 100% caucho neumático

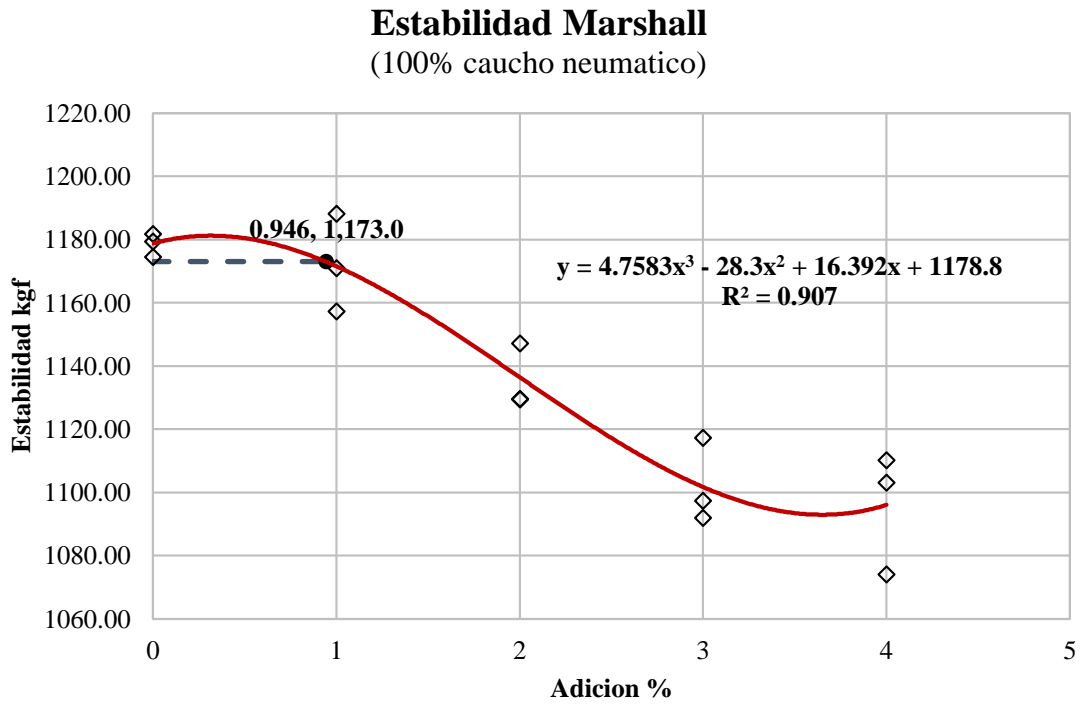


Figura 84:

Curva entre Flujo Marshall vs % de adición de 100% caucho neumático

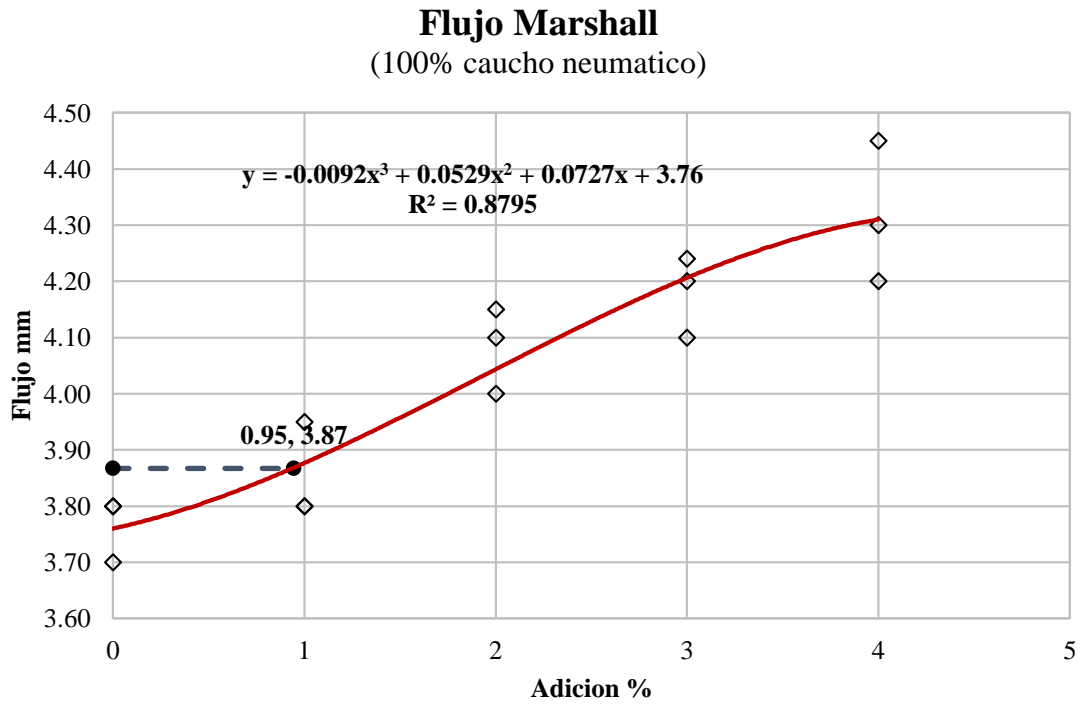


Figura 85:

Curva entre Vacíos de aire vs % de adición de 100% caucho neumático

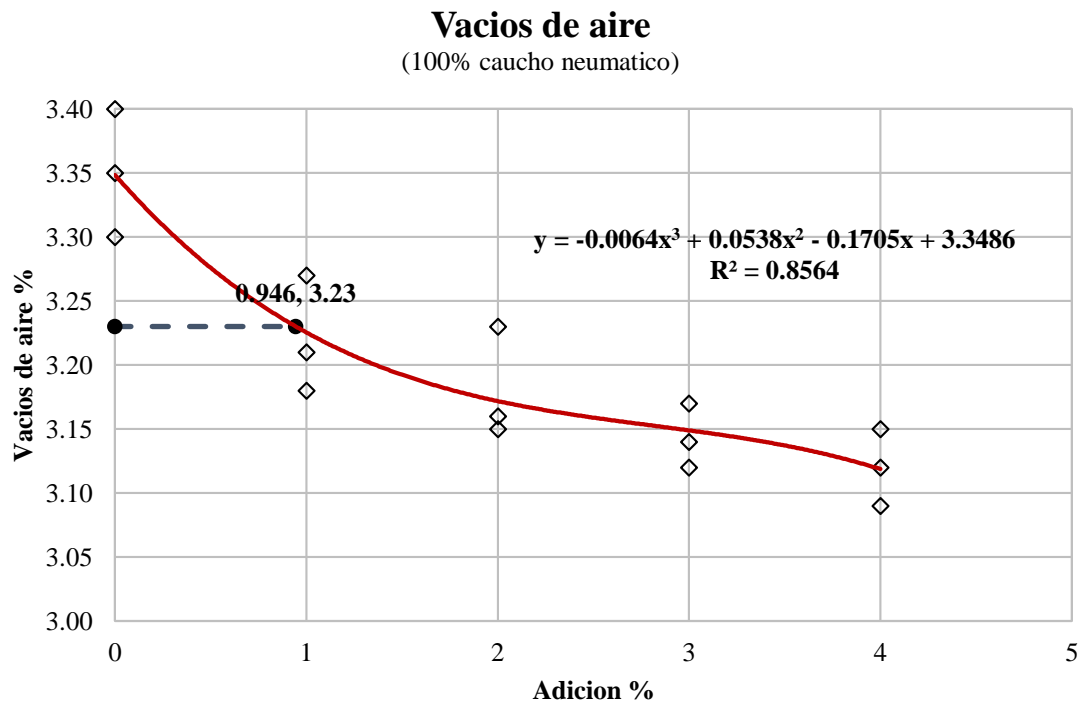


Figura 86:

Curva entre Índice de rigidez vs % de adición de 100% caucho neumático

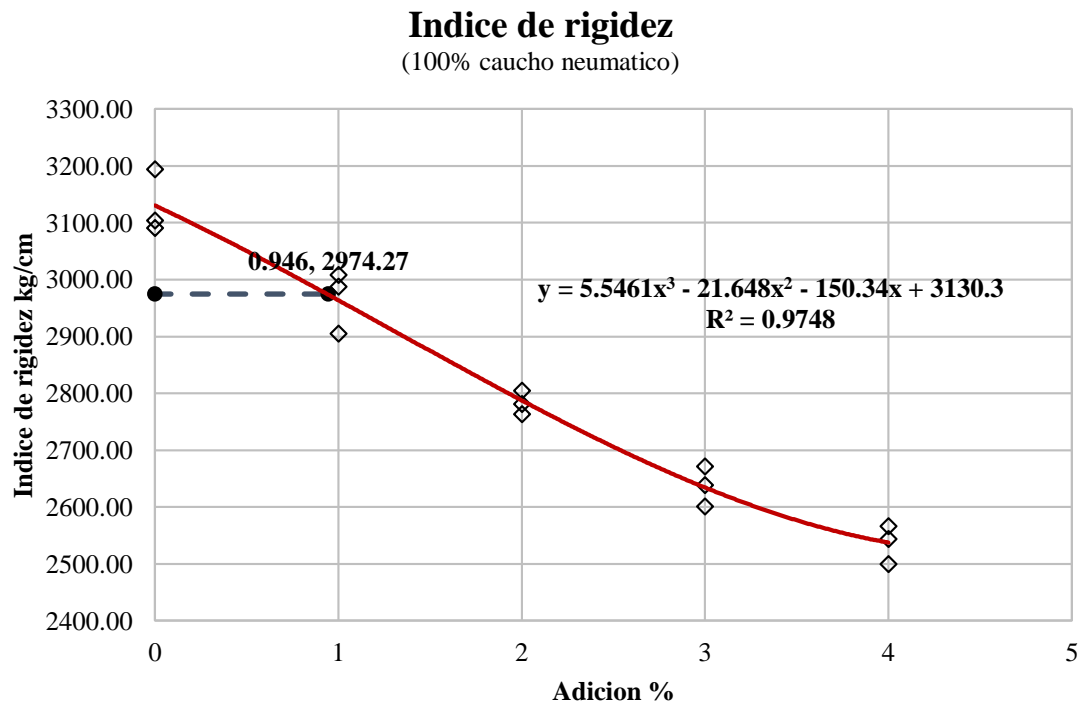


Figura 87:
Curva entre Estabilidad retenida vs % de adición de 100% caucho neumático

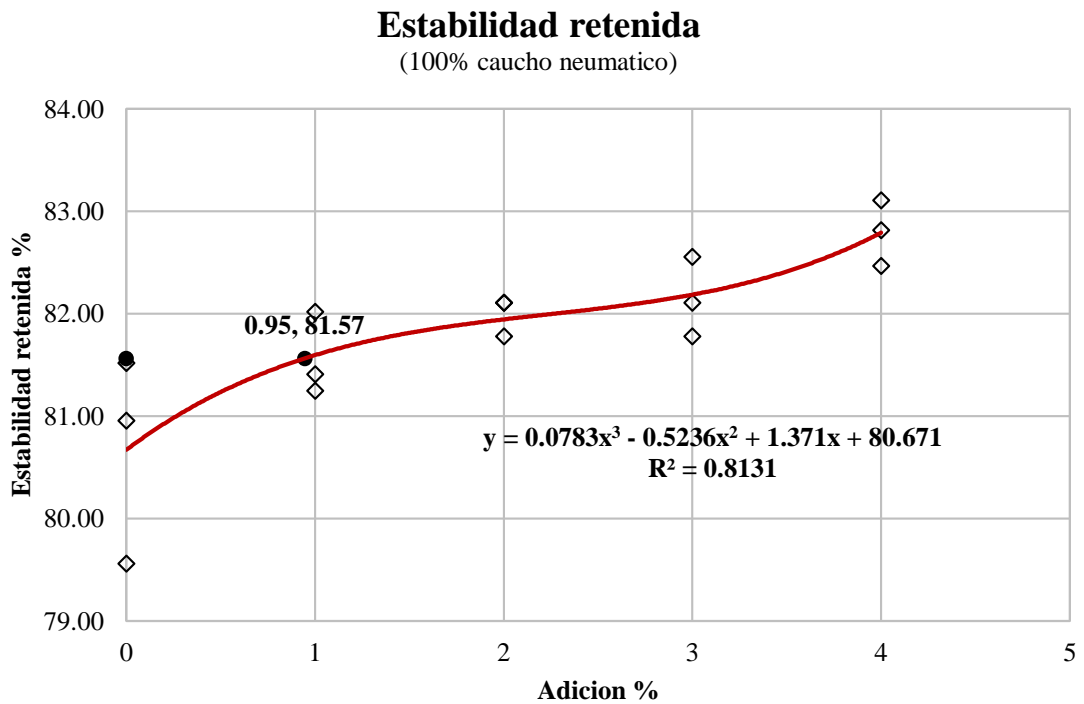
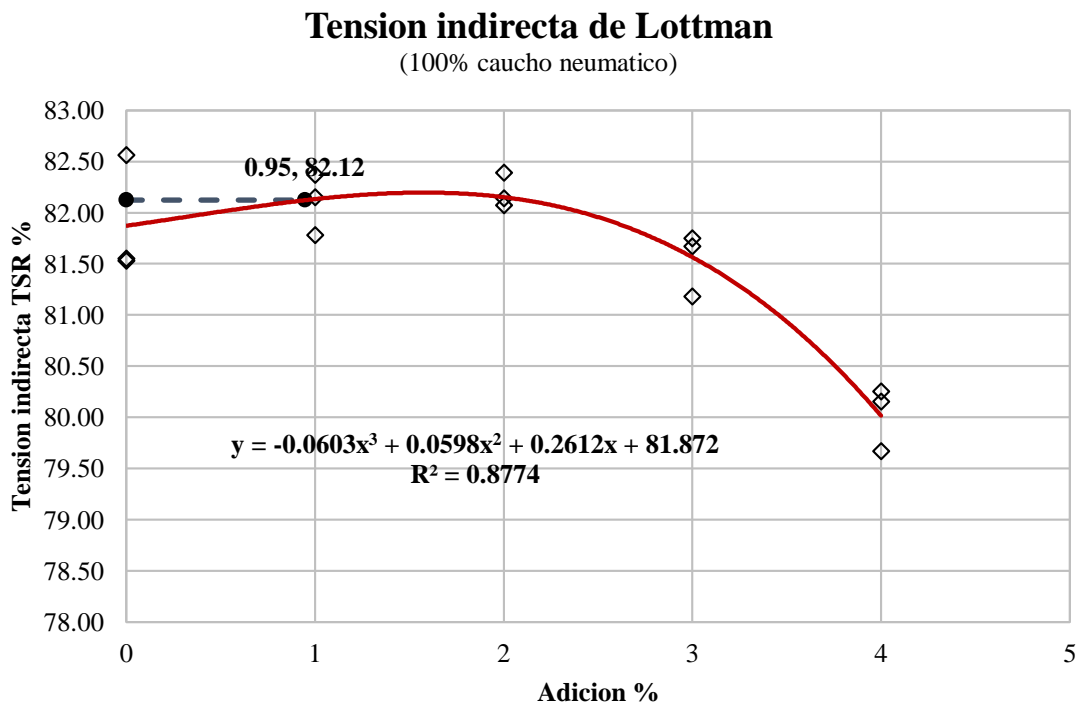


Figura 88:
Curva entre Tensión indirecta de Lottman TSR vs % de adición de 100% caucho neumático



Teniendo en cuenta las gráficas anteriores, se determina que la óptima adición de 60% caucho neumático + 40% plástico reciclado es de 3.32% como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 72:

Óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

PROPIEDAD	% OT ADICIÓN
<i>Estabilidad Marshall máxima</i>	0.32
<i>Tensión Indirecta de Lottman máxima</i>	2.02
Promedio	1.17

Tabla 73:

Resumen óptimo de adición de 80% caucho neumático + 20% plástico reciclado en la mezcla bituminosa en caliente.

DESCRIPCIÓN	80% CN + 20% PL	ET
% Bitumen	5.94	
% Adición opt.	1.17	
Estabilidad (kgf)	1173.53	815 min
Flujo (mm)	3.83	2-4 mm
% Vacíos de Aire	3.24	3 - 5 %
Índice de Rigidez (kg/cm)	3065.25	1700 - 4000
Estabilidad Retenida (%)	81.96	80% min
TSR	82.08	80% min

5.1.2. Estadístico de la investigación

5.1.2.1. Análisis del grupo 001 – 100% plástico

Para la condición estadística del grupo control 001 donde la adición fue 100% de plástico se obtuvo un análisis de normalidad de datos por el método de Shapiro- Wilk, que se presenta en la tabla 74.

El método de Shapiro - Wilk busca determinar si existe una distribución normal de los datos obtenidos en el proyecto, de esta manera plantea dos hipótesis:

- H_0 : Los datos del grupo 001 (100% plástico reciclado) siguen una distribución normal.
- H_1 : Los datos del grupo 001 (100% plástico reciclado) no siguen una distribución normal.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio

- $p < 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_1)
- $p \geq 0.05$ rechazamos la H_0 y confirmamos la H_1)

Tabla 74:
Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 001

Descripción de variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	,814	15	,066
Flujo	,922	15	,208
% Vacíos de aire	,950	15	,522
Índice de rigidez	,845	15	,075
Estabilidad retenida	,908	15	,127
Relación de resistencia a la tracción	,951	15	,536
Desgaste por Cántabro	,882	15	,052

Decisión estadística: De acuerdo a la tabla 74 se evidencia que se rechaza la H_0 y se confirma la H_1 , concluyendo que los datos no cumplen una distribución normal, es decir son datos No paramétricos.

Para la evaluación No paramétrica, se realizó por el método de Friedman, observándose en la tabla 75 el estadístico de prueba, se debe de tener en cuenta dos hipótesis:

- H_0 : Los datos son iguales por cada % de adición de plástico reciclado.
- H_1 : Los datos son diferentes por cada % de adición de plástico reciclado.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio.

- $\rho < 0.05$ rechazamos la H_0 y confirmamos la H_1 .
- $\rho \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_1 .

Tabla 75:
Estadístico de prueba Friedman Grupo 001

Estadísticos de prueba Friedman			
<i>Prop. de la mezcla bituminosa</i>	<i>Sig. asintótica</i>	<i>ρ-valor < 0.05</i>	<i>Conclusión</i>
Estabilidad	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
Flujo	,071	No	Se acepta la Hipótesis nula (H_0)
Vacíos de aire	,020	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
Índice de rigidez	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
Estabilidad retenida	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
Relación de resistencia a la tracción	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
Desgaste por Cántabro	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)

Conclusión: De acuerdo al test de Friedman se acepta la H_0 para la variable flujo determinando que los datos son similares y la se acepta la H_1 para las demás variables indicando que determinando que los datos obtenidos son distintas al cambiar la adición de plástico dentro de la mezcla bituminosa en caliente.

5.1.2.2. Análisis del grupo 002 – 20% Caucho + 80% plástico reciclado

Para la condición estadística del grupo control 002 donde la adición fue de 20% Caucho + 80% plástico reciclado se obtuvo un análisis de normalidad de datos por el método de Shapiro Wilk, que se presenta en la tabla 76.

El método de Shapiro - Wilk busca determinar si existe una distribución normal de los datos obtenidos en el proyecto, de esta manera plantea dos hipótesis:

- Ho: Los datos del grupo 002 (20% Caucho + 80% plástico reciclado) siguen una distribución normal.
- Hi: Los datos del grupo 001 (20% Caucho + 80% plástico reciclado) no siguen una distribución normal.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio

- $\rho < 0.05$ aceptamos la H0 y rechazamos la Hi)
- $\rho \geq 0.05$ rechazamos la H0 y confirmamos la Hi)

Tabla 76:

Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 002

Descripción de variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	,828	15	,059
Flujo	,930	15	,274
% Vacíos de aire	,884	15	,055
Índice de rigidez	,852	15	,078
Estabilidad retenida	,936	15	,334
Relación de resistencia a la tracción	,919	15	,185
Desgaste por Cántabro	,956	15	,617

Decisión estadística: De acuerdo a la tabla 76 se evidencia que se rechaza la H_0 y se confirma la H_1 , concluyendo que los datos no cumplen una distribución normal, es decir son datos No paramétricos.

Para la evaluación No paramétrica se realizó por el método de Friedman, observándose en la tabla 77 el estadístico de prueba, se debe de tener en cuenta dos hipótesis:

- H_0 : Los datos son iguales por cada % de adición de plástico reciclado.
- H_1 : Los datos son diferentes por cada % de adición de plástico reciclado.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio.

- $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y confirmamos la H_1 .
- $p \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_1 .

Tabla 77:
Estadístico de prueba Friedman del Grupo 002

<i>Prop. de la mezcla bituminosa</i>	Estadísticos de prueba Friedman		<i>Conclusión</i>
	<i>Sig. asintótica</i>	<i>p-valor < 0.05</i>	
<i>Estabilidad</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
<i>Flujo</i>	,020	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
<i>Vacíos de aire</i>	,020	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
<i>Índice de rigidez</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
<i>Estabilidad retenida</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
<i>Relación de resistencia a la tracción</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
<i>Desgaste por Cántabro</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)

a. Prueba de Friedman

Conclusión: De acuerdo al test de Friedman, se acepta la H_1 , determinando que los datos obtenidos son distintas al cambiar la adición de 20% Caucho + 80% plástico reciclado dentro de la mezcla bituminosa en caliente.

5.1.2.3. Análisis del grupo 003 – 40% Caucho + 60% plástico reciclado

Para la condición estadística del grupo control 003 donde la adición fue de 40% Caucho + 60% plástico reciclado se obtuvo un análisis de normalidad de datos por el método de Shapiro Wilk, que se presenta en la tabla 78.

El método de Shapiro - Wilk busca determinar si existe una distribución normal de los datos obtenidos en el proyecto, de esta manera plantea dos hipótesis:

- H_0 : Los datos del grupo 003 (40% Caucho + 60% plástico reciclado) siguen una distribución normal.
- H_1 : Los datos del grupo 003 (40% Caucho + 60% plástico reciclado) no siguen una distribución normal.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio

- $p < 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_1
- $p \geq 0.05$ rechazamos la H_0 y confirmamos la H_1

Tabla 78:
Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 003

Descripción de variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	,881	15	,050
Flujo	,955	15	,613

Descripción de variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
% Vacíos de aire	,984	15	,989
Índice de rigidez	,914	15	,154
Estabilidad retenida	,918	15	,178
Relación de resistencia a la tracción	,898	15	,090
Desgaste por Cántabro	,944	15	,435

Decisión estadística: De acuerdo a la tabla 78 se evidencia que se rechaza la H_0 y se confirma la H_1 , concluyendo que los datos no cumplen una distribución normal, es decir son datos No paramétricos.

Para la evaluación No paramétrica se realizó por el método de Friedman, observándose en la tabla 79 el estadístico de prueba, se debe de tener en cuenta dos hipótesis:

- H_0 : Los datos son iguales por cada % de adición de plástico reciclado.
- H_1 : Los datos son diferentes por cada % de adición de plástico reciclado.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio.

- $\rho < 0.05$ rechazamos la H_0 y confirmamos la H_1 .
- $\rho \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_1 .

Tabla 79:
Estadístico de prueba Friedman del Grupo 003

Prop. de la mezcla bituminosa	Estadísticos de prueba Friedman			Conclusión
	Sig. asintótica	ρ -valor < 0.05		
Estabilidad	,000	Si		Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
Flujo	,020	Si		Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)
Vacíos de aire	,020	Si		Se acepta la Hipótesis alterna (H_1)

<i>Prop. de la mezcla bituminosa</i>	Estadísticos de prueba Friedman		<i>Conclusión</i>
	<i>Sig. asintótica</i>	<i>ρ-valor < 0.05</i>	
<i>Índice de rigidez</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Estabilidad retenida</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Relación de resistencia a la tracción</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Desgaste por Cántabro</i>	,000	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)

Conclusión: De acuerdo al test de Friedman, se acepta la Hi, determinando que los datos obtenidos son distintas al cambiar la adición de 40% Caucho + 60% plástico reciclado dentro de la mezcla bituminosa en caliente.

5.1.2.4. *Análisis del grupo 004 – 60% Caucho + 40% plástico reciclado*

Para la condición estadística del grupo control 004 donde la adición fue de 60% Caucho + 40% plástico reciclado se obtuvo un análisis de normalidad de datos por el método de Shapiro-Wilk, que se presenta en la tabla 80.

El método de Shapiro - Wilk busca determinar si existe una distribución normal de los datos obtenidos en el proyecto, de esta manera plantea dos hipótesis:

- Ho: Los datos del grupo 004 (60% Caucho + 40% plástico reciclado) siguen una distribución normal.
- Hi: Los datos del grupo 004 (60% Caucho + 40% plástico reciclado) no siguen una distribución normal.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio

- $\rho < 0.05$ aceptamos la H0 y rechazamos la Hi)

- $\rho \geq 0.05$ rechazamos la H0 y confirmamos la Hi)

Tabla 80:

Estadístico de normalidad – método Shapiro- Wilk para el grupo 004

Descripción de variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	,928	15	,252
Flujo	,938	15	,362
% Vacíos de aire	,992	15	,051
Índice de rigidez	,932	15	,289
Estabilidad retenida	,932	15	,296
Relación de resistencia a la tracción	,939	15	,369
Desgaste por Cántabro	,953	15	,578

Decisión estadística: De acuerdo a la tabla 80, se evidencia que se rechaza la Ho y se confirma la Hi, concluyendo que los datos no cumplen una distribución normal, es decir son datos No paramétricos.

Para la evaluación No paramétrica se realizó por el método de Friedman, observándose en la tabla 81 el estadístico de prueba, se debe de tener en cuenta dos hipótesis:

- Ho: Los datos son iguales por cada % de adición de plástico reciclado.
- Hi: Los datos son diferentes por cada % de adición de plástico reciclado.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio.

- $\rho < 0.05$ rechazamos la H0 y confirmamos la Hi.
- $\rho \geq 0.05$ aceptamos la H0 y rechazamos la Hi.

Tabla 81:
Estadístico de prueba Friedman del Grupo 004

<i>Prop. de la mezcla bituminosa</i>	Estadísticos de prueba Friedman		<i>Conclusión</i>
	<i>Sig. asintótica</i>	<i>ρ-valor < 0.05</i>	
<i>Estabilidad</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Flujo</i>	,002	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Vacíos de aire</i>	,004	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Índice de rigidez</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Estabilidad retenida</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Relación de resistencia a la tracción</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Desgaste por Cántabro</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)

Conclusión: De acuerdo al test de Friedman, se acepta la Hi, determinando que los datos obtenidos son distintas al cambiar la adición de 60% Caucho + 40% plástico reciclado dentro de la mezcla bituminosa en caliente.

5.1.2.5. *Análisis del grupo 005 – 80% Caucho + 20% plástico reciclado*

Para la condición estadística del grupo control 004 donde la adición fue de 80% Caucho + 20% plástico reciclado se obtuvo un análisis de normalidad de datos por el método de Shapiro Wilk, que se presenta en la tabla 82.

El método de Shapiro - Wilk busca determinar si existe una distribución normal de los datos obtenidos en el proyecto, de esta manera plantea dos hipótesis:

- Ho: Los datos del grupo 005 (80% Caucho + 20% plástico reciclado) siguen una distribución normal.
- Hi: Los datos del grupo 005 (80% Caucho + 20% plástico reciclado) no siguen una distribución normal.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio

- $\rho < 0.05$ aceptamos la H0 y rechazamos la Hi)
- $\rho \geq 0.05$ rechazamos la H0 y confirmamos la Hi)

Tabla 82:

Estadístico de normalidad – método Shapiro Wilk para el grupo 005

Descripción de variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	,914	15	,155
Flujo	,958	15	,656
% Vacíos de aire	,941	15	,390
Índice de rigidez	,949	15	,508
Estabilidad retenida	,920	15	,192
Relación de resistencia a la tracción	,972	15	,890
Desgaste por Cántabro	,929	15	,260

Decisión estadística: De acuerdo a la tabla 82, se evidencia que se rechaza la Ho y se confirma la Hi, concluyendo que los datos no cumplen una distribución normal, es decir son datos No paramétricos.

Para la evaluación No paramétrica se realizó por el método de Friedman, observándose en la tabla 83 el estadístico de prueba, se debe de tener en cuenta dos hipótesis:

- Ho: Los datos son iguales por cada % de adición de plástico reciclado.
- Hi: Los datos son diferentes por cada % de adición de plástico reciclado.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio.

- $\rho < 0.05$ rechazamos la H0 y confirmamos la Hi.
- $\rho \geq 0.05$ aceptamos la H0 y rechazamos la Hi.

Tabla 83:

Estadístico de prueba Friedman del Grupo 005

<i>Prop. de la mezcla bituminosa</i>	Estadísticos de prueba Friedman		<i>Conclusión</i>
	<i>Sig. asintótica</i>	<i>ρ-valor < 0.05</i>	
<i>Estabilidad</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Flujo</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Vacíos de aire</i>	,011	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Índice de rigidez</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Estabilidad retenida</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Relación de resistencia a la tracción</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Desgaste por Cántabro</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)

Conclusión: De acuerdo al test de Friedman, se acepta la Hi, determinando que los datos obtenidos son distintas al cambiar la adición de 80% Caucho + 20% plástico reciclado dentro de la mezcla bituminosa en caliente.

5.1.2.6. Análisis del grupo 006 – 100% Caucho neumático

Para la condición estadística del grupo control 004 donde la adición fue de 100% Caucho neumático se obtuvo un análisis de normalidad de datos por el método de Shapiro Wilk, que se presenta en la tabla 84.

El método de Shapiro - Wilk busca determinar si existe una distribución normal de los datos obtenidos en el proyecto, de esta manera plantea dos hipótesis:

- Ho: Los datos del grupo 005 (80% Caucho + 20% plástico reciclado) siguen una distribución normal.

- H_i : Los datos del grupo 005 (80% Caucho + 20% plástico reciclado) no siguen una distribución normal.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio

- $\rho < 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_i)
- $\rho \geq 0.05$ rechazamos la H_0 y confirmamos la H_i)

Tabla 84:

Estadístico de normalidad – método Shapiro- Wilk para el grupo 006

Descripción de variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	,964	15	,761
Flujo	,941	15	,391
% Vacíos de aire	,904	15	,109
Índice de rigidez	,941	15	,389
Estabilidad retenida	,923	15	,217
Relación de resistencia a la tracción	,950	15	,529
Desgaste por Cántabro	,969	15	,841

Decisión estadística: De acuerdo a la tabla 84 se evidencia que se rechaza la H_0 y se confirma la H_i , concluyendo que los datos no cumplen una distribución normal, es decir son datos No paramétricos.

Para la evaluación No paramétrica se realizó por el método de Friedman, observándose en la tabla 85 el estadístico de prueba, se debe de tener en cuenta dos hipótesis:

- H_0 : Los datos son iguales por cada % de adición de plástico reciclado.
- H_i : Los datos son diferentes por cada % de adición de plástico reciclado.

Además, se debe tener en cuenta una regla de decisión del método en estudio.

- $\rho < 0.05$ rechazamos la H0 y confirmamos la Hi.
- $\rho \geq 0.05$ aceptamos la H0 y rechazamos la Hi.

Tabla 85:
Estadístico de prueba Friedman del Grupo 005

<i>Prop. de la mezcla bituminosa</i>	Estadísticos de prueba Friedman		<i>Conclusión</i>
	<i>Sig. asintótica</i>	<i>ρ-valor < 0.05</i>	
<i>Estabilidad</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis nula (Ho)
<i>Flujo</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis nula (Ho)
<i>Vacíos de aire</i>	,011	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Índice de rigidez</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis nula (Ho)
<i>Estabilidad retenida</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Relación de resistencia a la tracción</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)
<i>Desgaste por Cántabro</i>	,001	Si	Se acepta la Hipótesis alterna (Hi)

Conclusión: De acuerdo al test de Friedman se acepta la Hi para determinando que los datos obtenidos son distintas al cambiar la adición de caucho de neumático dentro de la mezcla bituminosa en caliente.

5.1.3. Generalización de datos

Obtenido los datos del presente proyecto se realiza gráficos y cuadros resúmenes de qué manera cada grupo control influyeron en las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa.

En la tabla 86, se observa la influencia que existe el incremento de caucho de neumático como parte de adición en la mezcla bituminosa, observándose un mejoramiento leve de las propiedades mecánicas, pero si considerable de

la susceptibilidad al daño por humedad que es medida por la relación de resistencia a la tracción.

Tabla 86:
Resumen de resultados de la investigación

DESCRIPCIÓN	BASE	100% Plástico	20%CN + 80%PL	40%CN + 60%PL	60%CN + 40%PL	80%CN + 20%PL	100% Caucho Neumático	ET
% Bitumen	6.10	5.96	5.88	5.85	5.79	5.94	6.05	
% Adición opt.	0.00	1.59	2.33	3.15	2.97	1.17	0.95	
Estabilidad (kgf)	1178.60	1282.77	1257.52	1216.13	1211.41	1173.53	1173.02	815 min
Flujo (mm)	3.77	3.22	3.30	3.83	3.93	3.83	3.87	2-4 mm
% Vacíos de Aire	3.35	3.31	3.27	3.16	3.21	3.24	3.23	3 - 5 %
Índice de Rigidez (kg/cm)	3139.44	3966.03	3812.43	3154.83	3080.35	3065.25	2974.27	1700 - 4000
Estabilidad Retenida (%)	80.68	87.78	88.14	86.98	83.80	81.96	81.57	80% min
TSR	81.88	84.69	84.95	86.39	82.62	82.08	82.12	80% min

De acuerdo al resumen datos se determinó unas graficas por cada propiedad que se evaluó determinándose que al añadir caucho con adición de plástico propiedades presentaron condiciones eficientes y deficientes, pero si más resistentes al daño por humedad que se presenta en la figura 96.

Figura 89:
Grafico resumen de optimo porcentaje de bitumen por cada adición en la mezcla bituminosa

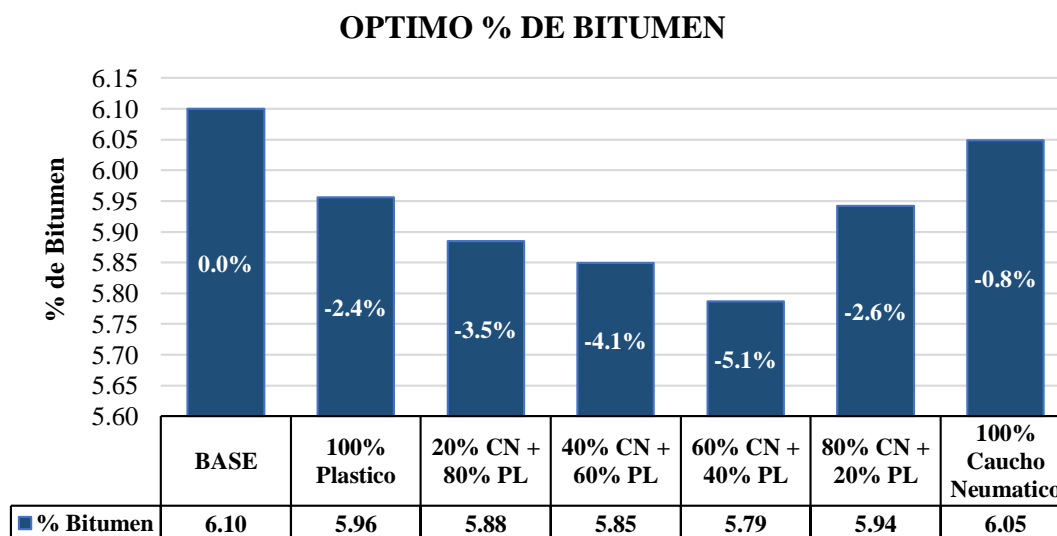


Figura 90:

Grafico resumen de optimo porcentaje de adición por cada grupo control

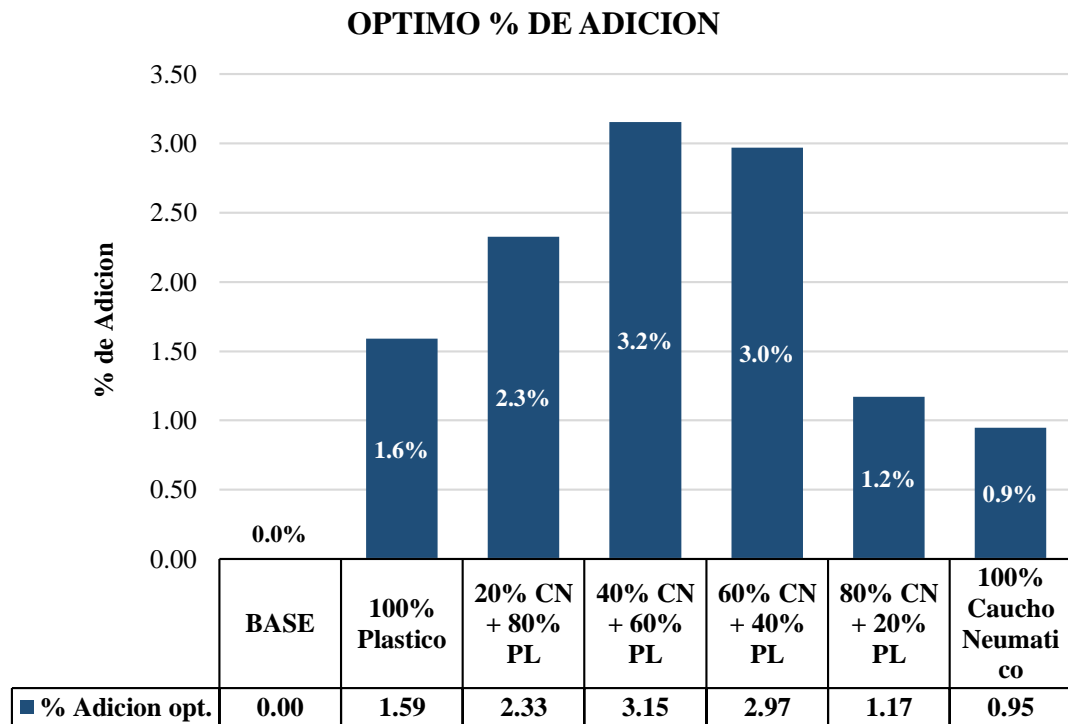


Figura 91:

Grafico resumen de Estabilidades por cada adición en la mezcla bituminosa

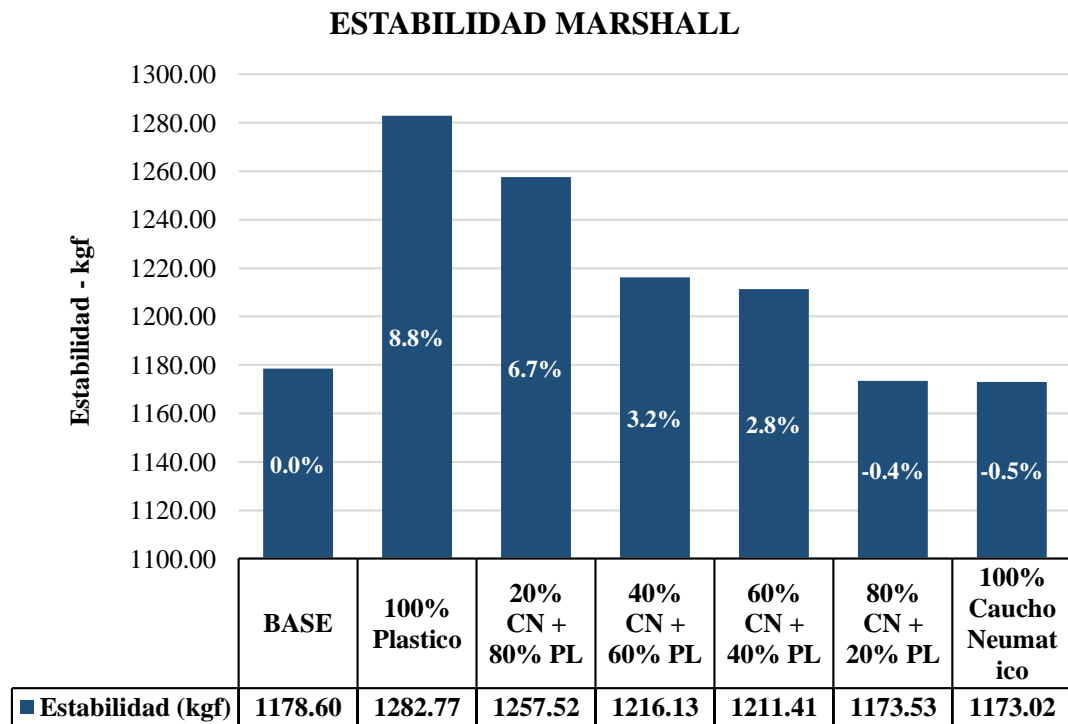


Figura 92:

Grafico resumen de Flujo por cada adición en la mezcla bituminosa

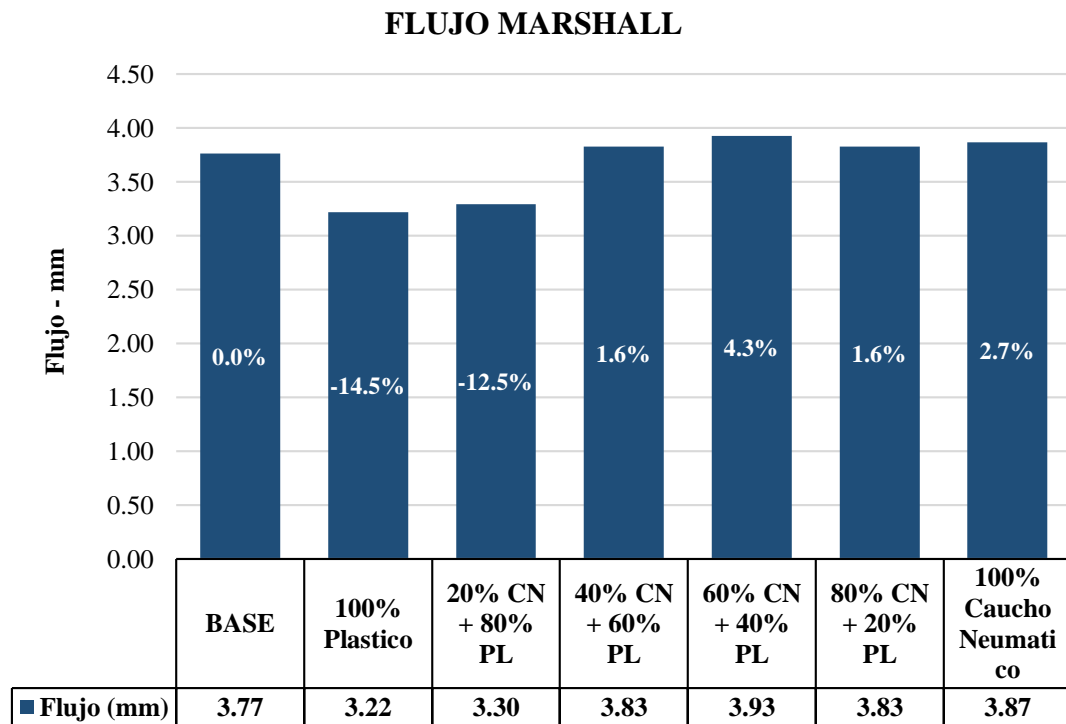


Figura 93:

Grafico resumen de porcentaje de vacíos de aire por cada adición en la mezcla bituminosa

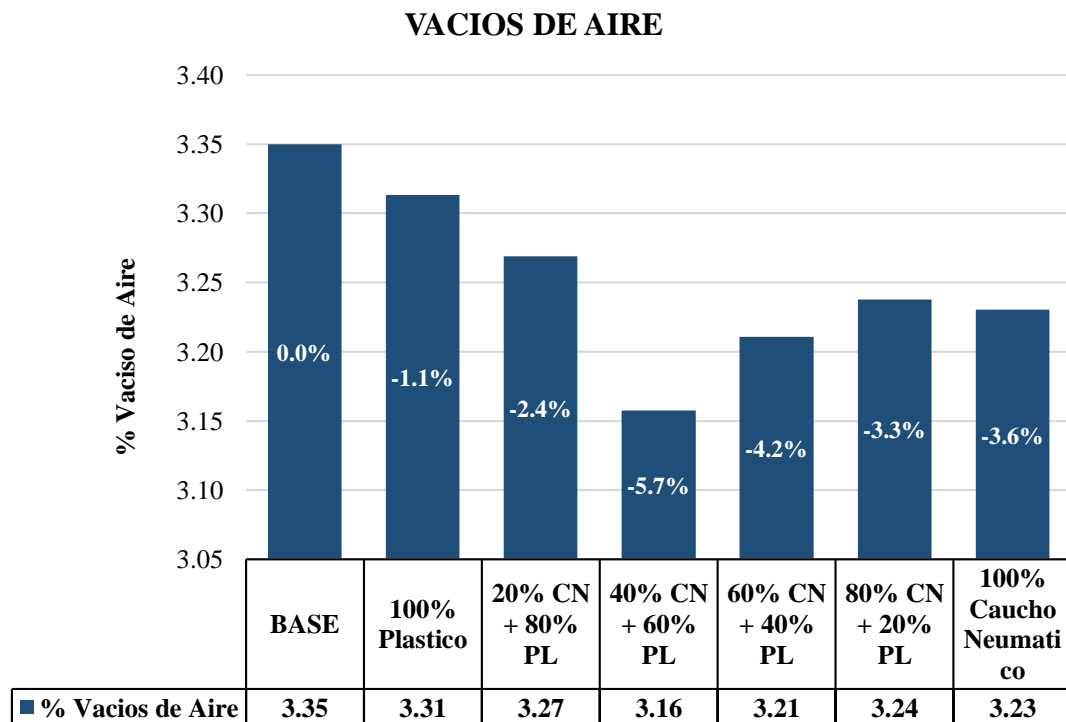


Figura 94:

Grafico resumen de Índice de rigidez por cada adición en la mezcla bituminosa

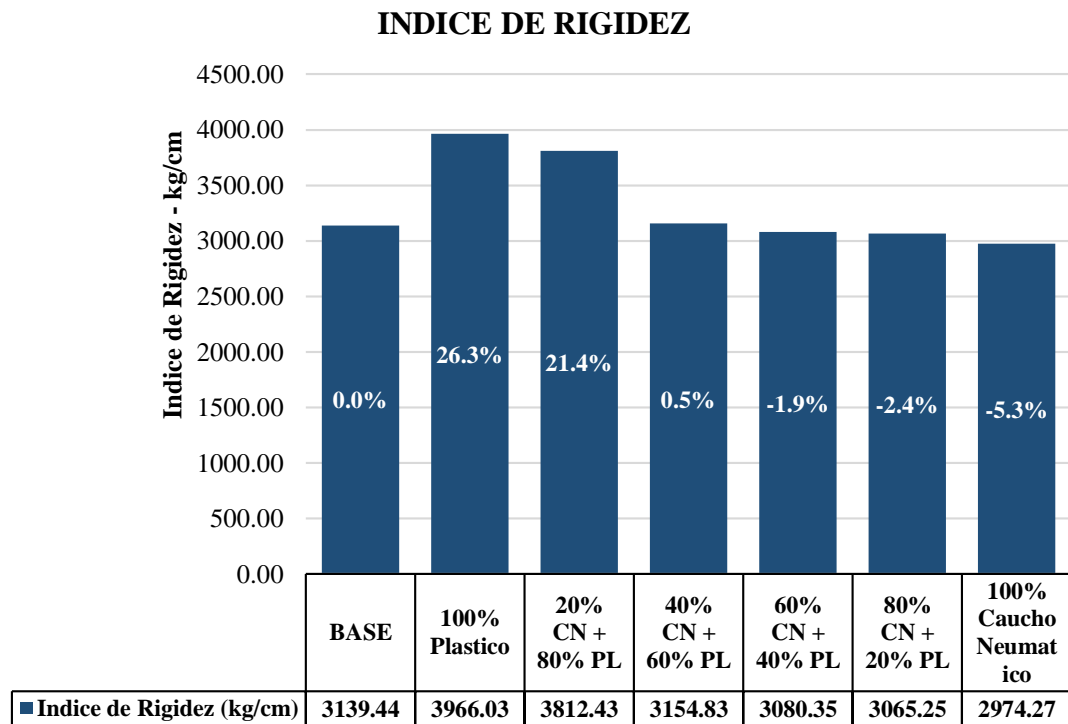


Figura 95:

Grafico resumen de Estabilidades retenidas por cada adición en la mezcla bituminosa

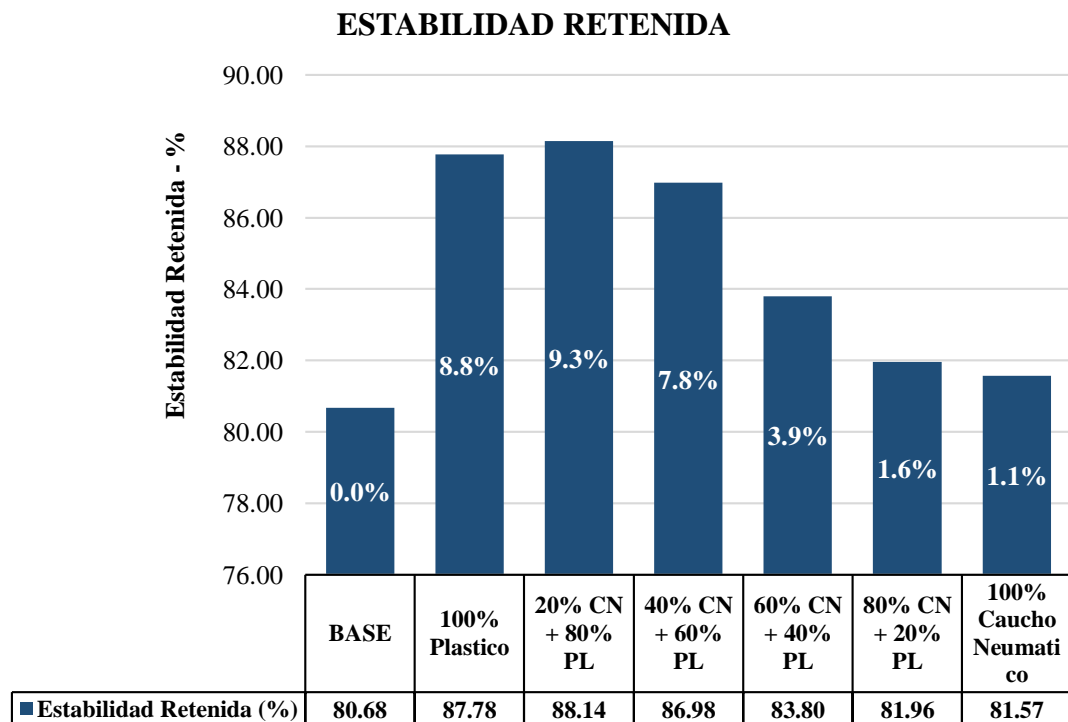
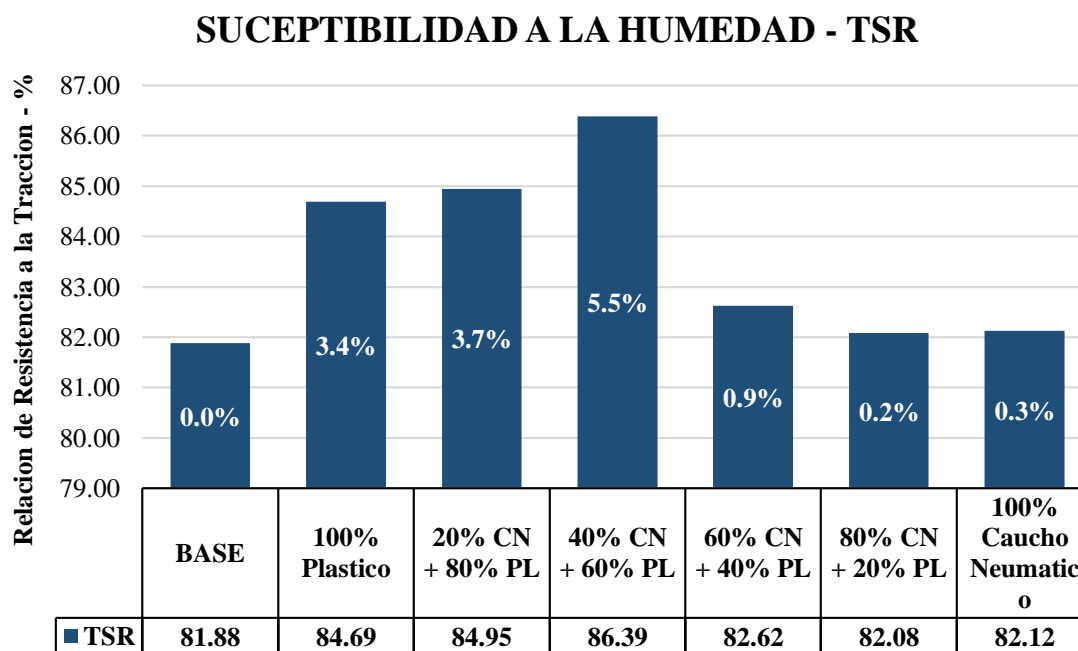


Figura 96:

Grafico resumen de Susceptibilidad al daño por humedad por cada adición en la mezcla bituminosa



En función a las figuras anteriores se puede destacar que existe un mejoramiento en ciertas propiedades de la mezcla asfáltica, esto se puede detallar en la tabla 87.

Tabla 87:

Resumen de crecimiento porcentual en las propiedades de la mezcla bituminosa respecto al diseño base

CRECIMIENTO PORCENTUAL						
DESCRIPCIÓN	100% Plástico	20% CN + 80% PL	40% CN + 60% PL	60% CN + 40% PL	80% CN + 20% PL	100% Caucho Neumático
% Bitumen	-2.36%	-3.53%	-4.10%	-5.14%	-2.59%	-0.84%
% Adición opt.	+1.59%	+2.33%	+3.15%	+2.97%	+1.17%	+0.95%
Estabilidad (kgf)	+8.84%	+6.70%	+3.18%	+2.78%	-0.43%	-0.47%
Flujo (mm)	-14.50%	-12.51%	+1.63%	+4.26%	+1.64%	+2.68%
% Vacíos de Aire	-1.10%	-2.41%	-5.74%	-4.15%	-3.35%	-3.57%
Índice de Rigidez (kg/cm)	+26.33%	+21.44%	+0.49%	-1.88%	-2.36%	-5.26%
Estabilidad Retenida (%)	+8.80%	+9.26%	+7.81%	+3.87%	+1.59%	+1.10%
TSR	+3.43%	+3.74%	+5.50%	+0.91%	+0.24%	+0.29%

(+) → incremento

(-) → reducción

5.1.4. Análisis de económico

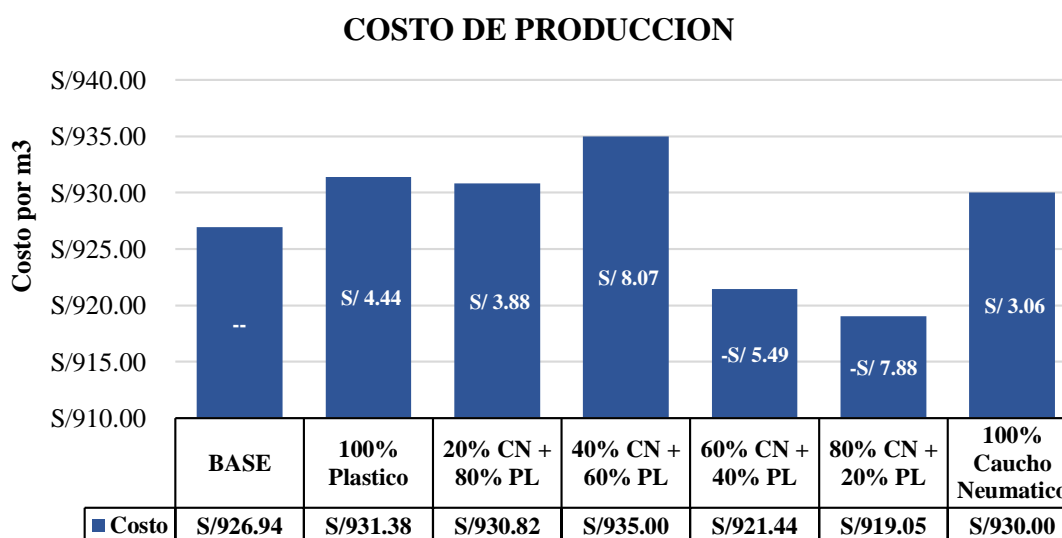
Teniendo en cuenta las adiciones optimas por cada grupo control realizado en el presente proyecto, se evaluó el costo de producción en planta de asfalto de la mezcla bituminosa en caliente, esto se puede observar en la tabla 88.

Observándose que el grupo 004 (60% Caucho neumáticos + 40% Plástico reciclado) y el grupo 005 (80% Caucho neumáticos + 20% Plástico reciclado) tienen un ahorro de S/. 5.49 y S/. 7.88 soles por metro cubico de asfalto respectivamente.

Tabla 88:
Comparación de costos por 1m³ producido en planta

Grupo control	Costo x m ³	Diferencia x m ³
BASE	S/ 926.94	--
100% Plástico	S/ 931.38	S/ 4.44
20% CN + 80% PL	S/ 930.82	S/ 3.88
40% CN + 60% PL	S/ 935.00	S/ 8.07
60% CN + 40% PL	S/ 921.44	S/ -5.49
80% CN + 20% PL	S/ 919.05	S/ -7.88
100% Caucho Neumático	S/ 930.00	S/ 3.06

Figura 97:
Costo de producción de todos los grupos control



Teniendo el costo de producción por metro cubico se realiza el análisis del costo en 4 condiciones para evidenciar la variación de costo, en todos los casos se tiene en cuenta un ancho de carril de 6 metros, la tabla 89 se evalúa una vía de una longitud de 1km con un espesor de 2pulg, en la tabla 90 se evalúa una vía de una longitud de 1km con un espesor de 4pulg, en la tabla 91 se evalúa una vía de una longitud de 10km con un espesor de 2pulg y en la tabla 92 se evalúa una vía de una longitud de 10km con un espesor de 4pulg.

Tabla 89:

Comparación de costos por 1km, ancho de carril 6m y espesor 2pulg producido en planta

Grupo control	Costo x 1km e=2pulg	Diferencia
BASE	S/ 180,752.44	--
100% Plástico	S/ 181,618.33	S/ 865.89
20% CN + 80% PL	S/ 181,509.99	S/ 757.55
40% CN + 60% PL	S/ 182,325.79	S/ 1,573.36
60% CN + 40% PL	S/ 179,681.13	-S/ 1,071.30
80% CN + 20% PL	S/ 179,215.51	-S/ 1,536.92
100% Caucho Neumático	S/ 181,349.65	S/ 597.21

Tabla 90:

Comparación de costos por 1km, ancho de carril 6m y espesor 4pulg producido en planta

Grupo control	Costo x 1km e=4pulg	Diferencia
BASE	S/ 361,504.87	--
100% Plástico	S/ 363,236.66	S/ 1,731.79
20% CN + 80% PL	S/ 363,019.98	S/ 1,515.11
40% CN + 60% PL	S/ 364,651.58	S/ 3,146.71
60% CN + 40% PL	S/ 359,362.26	-S/ 2,142.61
80% CN + 20% PL	S/ 358,431.02	-S/ 3,073.85
100% Caucho Neumático	S/ 362,699.29	S/ 1,194.42

Tabla 91:

Comparación de costos por 10km, ancho de carril 5m y espesor 2pulg producido en planta

Grupo control	Costo x 10km e=2pulg	Diferencia
BASE	S/ 1,807,524.35	--
100% Plástico	S/ 1,816,183.29	S/ 8,658.94
20% CN + 80% PL	S/ 1,815,099.89	S/ 7,575.54
40% CN + 60% PL	S/ 1,823,257.92	S/ 15,733.56
60% CN + 40% PL	S/ 1,796,811.31	-S/ 10,713.04
80% CN + 20% PL	S/ 1,792,155.11	-S/ 15,369.25
100% Caucho Neumático	S/ 1,813,496.47	S/ 5,972.11

Tabla 92:

Comparación de costos por 10km, ancho de carril 5m y espesor 4pulg producido en planta

Grupo control	Costo x 10km e=4pulg	Diferencia
BASE	S/ 3,615,048.71	--
100% Plástico	S/ 3,632,366.59	S/ 17,317.88
20% CN + 80% PL	S/ 3,630,199.79	S/ 15,151.08
40% CN + 60% PL	S/ 3,646,515.83	S/ 31,467.12
60% CN + 40% PL	S/ 3,593,622.62	-S/ 21,426.08
80% CN + 20% PL	S/ 3,584,310.21	-S/ 30,738.50
100% Caucho Neumático	S/ 3,626,992.93	S/ 11,944.23

5.2. Discusión de resultados

El análisis técnico-económico de desechos plásticos y caucho de neumáticos en mezclas bituminosas en caliente es un tema importante en la ingeniería de pavimentos. En resumen, este análisis evalúa el impacto de la adición de materiales reciclados en la mezcla de asfalto en términos de su susceptibilidad a daños por humedad de precipitaciones y su rentabilidad económica.

5.2.1. Estabilidad Marshall

La propiedad de Estabilidad Marshall se ha evidenciado que existe una mejora, los grupos que presentaron mejora fueron:

- 100% plástico reciclado con 8.8% → 1282.8 kg

- 20% CN + 80% PL con 6.7% → 1257.5 kg
- 40% CN + 60% PL con 3.2% → 1216.1 kg
- 60% CN + 40% PL con 2.8% → 1211.4 kg

En la investigación de (Tueros Davila, 2017) obtuvo una estabilidad máxima de 1127.8 kg con una MAC con adición de 1% de caucho de neumáticos, en la investigación de (Soto Avalos, 2017) la estabilidad máxima alcanza fue de 1087 kg con 1% de adición de caucho de neumáticos y en la tesis colombiana (Forigua Orjuela, y otros, 2014) se ha evidenciado una estabilidad máxima de 1175.2 kg al añadir 0.4% de trozos de plástico reciclado. Teniendo en cuenta las investigaciones se puede resaltar que la presente tesis presenta mejoras en la propiedad de estabilidad superando los demás estudios.

5.2.2. Flujo Marshall

La condición de flujo no fue muy variable en todas las condiciones óptimas de adición combinada de caucho de neumático más plástico reciclado, siendo muy favorables todos los grupos control.

5.2.3. Índice de rigidez

Para poder observar la mejora en el índice de rigidez se tiene que tener en cuenta que la norma peruana indica un rango de 1700 kg/cm a 4000 kg/cm la condición optima es que sea de 3000 kg/cm, los grupos control cercanos y mejores a la mezcla base (3139 kg/cm) son las siguientes:

- Condición similar es el grupo 40% CN + 60% PL con incremento de 0.5% → 3155 kg/cm.

- 60% CN + 40% PL con -1.9% → 3080 kg/cm
- 80% CN + 20% PL con -2.8% → 3065 kg/cm
- 100% Caucho neumático con -5.3% → 2974 kg/cm

Observándose los datos se puede mencionar que el efecto combinado de PL más CN es positiva ya que presenta mejores condiciones que otras investigaciones como se observa en la tesis de (Tueros Davila, 2017) donde se obtuvo un índice de rigidez de 2513kg/cm.

5.2.4. Estabilidad retenida

Para la propiedad de la estabilidad retenida indica que tan resistente es el espécimen Marshall al ser inducida en agua a 60°C durante 24 horas, los siguientes grupos fueron óptimos respecto al diseño base de 81.9%:

- 100% plástico reciclado con 8.8% → 87.8%
- 20% CN + 80% PL con 9.3% → 88.1%
- 40% CN + 60% PL con 7.8% → 86.9%
- 60% CN + 40% PL con 3.9% → 83.8%

5.2.5. Susceptibilidad al daño por humedad - TSR

La combinación de plástico reciclado PL y caucho de neumático CN ha mejorado las propiedades de la mezcla bituminosa en caliente, la susceptibilidad al daño por humedad proveniente de precipitaciones ha sido favorecida por la combinación (PL + CN) obteniendo un incremento para los siguientes casos:

- 100% plástico reciclado con 3.4% → 84.7%
- 20% CN + 80% PL con 3.7% → 84.95%
- 40% CN + 60% PL con 5.5% → 86.4%

- 60% CN + 40% PL con 1% → 82.6%

La adición combinada es muy favorable para una mezcla bituminosa observándose hasta un 86.4% de susceptibilidad frente a condiciones de lluvia, en la tesis (Aranda Bohm, 2017) se evidencia que una mezcla con un aditivo asfáltico de caucho tiene 84.1% de susceptibilidad a la humedad con agua simple.

Teniendo en cuenta el análisis de las propiedades se puede decir que el plástico reciclado presenta mayor rigidez en la mezcla bituminosa y el caucho otorga flexibilidad, el caucho también otorga menos vacíos en el espécimen otorgando un efecto de impermeabilidad a la mezcla bituminosa.

5.2.6. Costo

El costo de producción de una mezcla bituminosa tiene que ver mucho de la influencia de los áridos, bitumen y adiciones. Para la presente investigación se analizó por metro cúbico producido en planta teniendo en cuenta el bitumen óptimo por cada grupo control, debido a que este material es quien encabeza en el costo de producción de la mezcla bituminosa.

Se obtuvo que los siguientes grupos control fueron más favorables al costo de la mezcla base de S/. 926.94 soles:

- 60% CN + 40% PL con un ahorro de S/ 5.49 → S/. 921.44
- 20% CN + 80% PL con un ahorro de S/ 7.88 → S/. 919.05

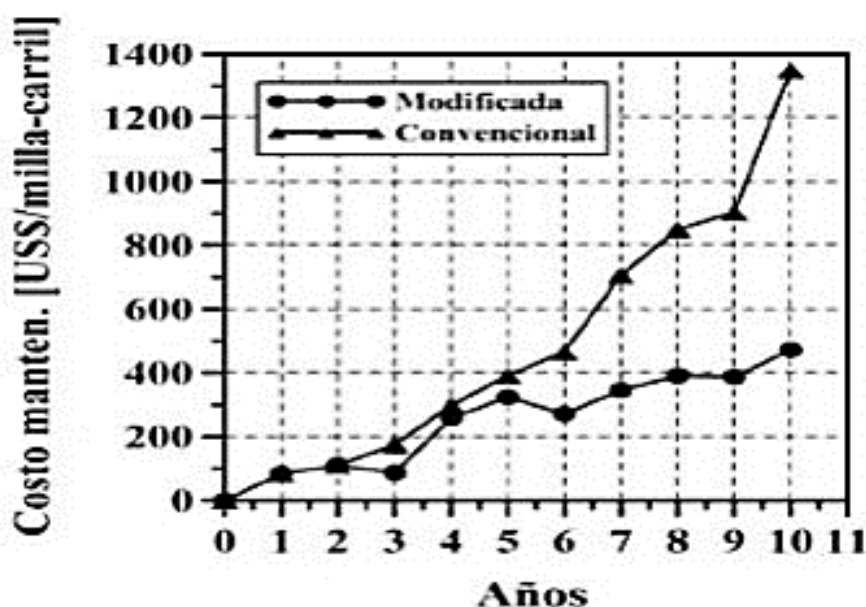
También se detalla el costo del grupo control las que presentaron condiciones óptimas en las propiedades mecánicas:

- 20% CN + 80% PL con un incremento de S/ 3.88 → S/. 930.82
- 40% CN + 60% PL con un incremento de S/ 8.07 → S/. 935.00

En la tesis (Soto Avalos, 2017) se evidencia que el costo por m² de la mezcla con 1% de caucho supero con 9.8% a la mezcla convencional y sigue siendo una opción fiable debido que las mezcla con caucho son más duraderas y necesitan menor costo de mantenimiento.

Se puede apreciar en la siguiente imagen y tabla un análisis del costo de mantenimiento de una vía con mezcla bituminosa convencional y una mezcla bituminosa con caucho, observándose un ahorro que al transcurrir de los años esta será favorable para la sociedad.

Figura 98:
Costo de mantenimiento con mezcla bituminosa convencional y mezcla bituminosa con adición de caucho.



Fuente: Way (1999)

Tabla 93:
Resultados de un análisis de costo de ciclo de vida usando caucho-asfalto

Escenario	Valor actualizado del costo (\$/m ²)					Ahorro con caucho asfalto (\$/m ²)
	Rehabilitación	Mantenimiento	Ahorro	Retraso	Total	
Preservación - Sello granular						
Convencional	19.45	1.71	1.15	2.73	22.74	4.91
Caucho - Asfalto	16.39	1.69	2.30	2.05	17.92	
Preservación - Cubierta delgada de Hot Mix Asphalt						
Convencional	22.02	1.75	0.75	2.87	25.89	6.2

Caucho - Asfalto	18.06	1.66	2.15	2.14	19.70	
Cubierta estructural						
Convencional	24.11	1.66	1.90	2.40	26.28	8.78
Caucho - Asfalto	14.2	1.78	0.60	2.13	17.50	

Fuente: (Life Cycle Costs for Asphalt-Rubber Paving Materials, 2000)

CONCLUSIONES

Se concluye que la combinación entre caucho de neumático y plástico reciclado influyen positivamente a la susceptibilidad por humedad y propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, obteniendo las dosificaciones optimas de 40% Caucho de neumático + 60% Plástico reciclado con un incremento de 5.5% TSR y 60% Caucho de neumático + 40% Plástico reciclado con un incremento de 1% TSR.

Las dosificaciones optimas presentan una reducción de uso de bitumen asfáltico, siendo las dos que usan menor cantidad de bitumen, según diseño optimo el grupo 40% Caucho de neumático + 60% Plástico reciclado usa 5.85% y el grupo 60% Caucho de neumático + 40% Plástico reciclado usa 5.79% estas influyendo positivamente en el costo de producción de la mezcla bituminosa.

Se concluye que los desechos plásticos otorgaron condiciones mejoradas en las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa observándose un incremento en la estabilidad de 6.7% en el grupo de 20% caucho de neumático + 80% plástico reciclado, el flujo no tuvo variabilidad significativa, optimización en el índice de rigidez 2974 kg/cm en el grupo de 80% caucho de neumático + 20% plástico reciclado, la estabilidad retenida incremento en 9.3% en el grupo 20% caucho de neumático + 80% plástico reciclado y los vacíos de aire redujeron 5.7% en el grupo 40% caucho de neumático + 60% plástico reciclado respecto a la mezcla bituminosa convencional.

Se concluye que el caucho de neumáticos no fue tan influyente en las mejoras de todas las propiedades mecánicas ni en la susceptibilidad a la humedad de la mezcla bituminosa, presentando un incremento de solo 0.29%. Cabe resaltar que tuvo una influencia en

incremento de flujo de 2.7%, reducción de vacíos de aire de 3.6% y estas impactan en el índice de rigidez reduciéndola en un 5.3% la cual se encuentra cercana al punto ideal según norma técnica peruana.

En la otra parte el plástico reciclado si fue influyente en las propiedades mecánicas y en la susceptibilidad a la humedad observándose un incremento de TSR de 3.4%, incremento en la estabilidad de 8.8%, incremento en la estabilidad retenida 8.8%, reducción del flujo de 14.5%, reducción de vacíos de aire 1.10% y un índice de rigidez incrementado en 26.3% llevándola al límite del rango de la norma técnica peruana.

Se concluye que el grupo que presenta mejor condición desde el punto de vista económico es el grupo 60% Caucho de neumático + 40% Plástico reciclado teniendo una reducción de costo de s/. 5.49 soles por metro cubico producido en planta, reflejado a 1km con un espesor de carpeta de 2pulg se ahorró de s/. 1 071.30 y con un espesor de carpeta de 4pulg el ahorro seria de s/. 2 142.61 y reflejado a 10km con un espesor de carpeta de 2pulg se ahorró de s/. 10 713.04 y con un espesor de carpeta de 4pulg el ahorro seria de s/. 21 426.08

RECOMENDACIONES

La presente investigación fue realizada a nivel de laboratorio, lo cual se recomienda realizar un análisis a nivel in situ, debido a que los procesos constructivos pueden ser influyentes en la calidad de la mezcla bituminosa en caliente.

Se recomienda tener en cuenta que la presente adición de caucho de neumático y plástico reciclado fue por cambio del agregado fino (arena zarandeada), es decir que cada análisis fue un diseño de mezcla nuevo para poder evaluar el cambio económico que ocasiona.

Se recomienda tener en cuenta que para el análisis de susceptibilidad humedad en la mezcla bituminosa, fue llevada a dos condiciones, la primera es llevar a una condición de frío (-5°C) durante 24 horas y la segunda a una condición de 60°C a baño María durante 24 horas, de esta manera se verifica que efecto tiene el agua en la mezcla bituminosa.

El análisis de diseño de mezcla fue en condiciones de la provincia de Huancayo y el bitumen asfáltico empleado fue el CAP PEN 85-100 siendo muy aceptable para la condición climática que presenta el lugar en donde se realiza el experimento.

Se deja abierto la posibilidad de realizar mayor investigación del tema, se puede analizar la adherencia entre partículas de agregado, caucho, plástico y bitumen asfáltico de esta manera otorgando mayor confiabilidad al estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez Risco, Aldo. 2020. *Justificación de la Investigación.* [ed.] Carrera de Negocios Internacionales Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas. Lima : Universidad de Lima, 2020.

Análisis Comparativo de los Metodos Marshall y Superpave para Compactacion de Mezclas Asfálticas. **Garnica Anguas, Paul, Delgado Alamilla, Horacio y Sandoval Sandoval, Carlos Daniel. 2005.** 2005, Instituto Mexicano de Transporte.

Aranda Bohm, Javiera Paz. 2017. *Evaluacion de la Suceptibilidad al Daño por Humedad de Mezclas Asfálticas en Caliente Utilizando Ensayo de Tracción Indirecta.* Chile : Universidad Tecnica Federico Santa Maria, 2017.

Aspectos del Diseño Volumetrico de Mezclas Asfálticas. **Garnica Anguas, Paul, y otros. 2004.** Mexico : s.n., 2004, Instituto Mexicano de Transporte.

Asphalt Institute. 2000. *Construction Principles of Hot-Mix Asphalt Pavements (MS-22).* EEUU : Federal High Way Administration, 2000. 22.

Bernal Torres, César Augusto. 2010. *Metodologia de la Invertigacion.* Colombia : Pearson Educación, 2010.

Carrizales Apaza, José Javier. 2015. *Asfalto Modificado con Material Reciclado de Llantas para su Aplicación en Pavimentos Flexibles.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

Flores de León, Veronica. 2015. *Pavimentos Asfálticos.* [entrev.] Universidad de las Américas Puebla. 29 de Octubre de 2015.

Forigua Orjuela, José Edilson y Pedraza Díaz, Elkin. 2014. *Diseño de Mezclas Asfálticas Modificadas Mediante la Adición de Desperdicios Plásticos.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2014.

Goicochea Fernandez, Fredy. 2019. *Estudio de un Asfalto con Adición de Caucho de Neumatico Reciclado como Polimero Base.* Chachapoyas : Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2019.

Gonzales Castro, Abel, y otros. 2011. *¿Como aprender y enseñar investigación científica?* Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2011.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Maria Del Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación.* Mexico : Mc Graw Hill Education, 2014.

Life Cycle Costs for Asphalt-Rubber Paving Materials. **Hicks, R. G. y Lundy, J. 2000.** 00812675, Canada : Australian Asphalt Pavement Association, 2000, Vol. 7A.

Lobo, Joan Fernando Chipia. 2012. Slideshare. [En línea] 09 de Agosto de 2012.
Tecnica e instrumentos de recoleccion de datos.
<https://es.slideshare.net/JoanFernandoChipia/tcnicas-e-instrumentos-13930114>.

Mejia Mejia, Elías. 2010. *Metodología de la investigacion cientifica.* Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2010.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013. *Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción.* [ed.] Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones de la Republica del Peru, 2013.

—. **2013.** *Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción.* [ed.] Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Lima : s.n., 2013.

—. **2015.** *Resumen Ejecutivo de la Actualizacion de Inventario de Caracter Basico de la Red Vial Departamental o Regional.* Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015.

- Pereda Rodriguez, Danfer Alonso y Cubas Parimango, Nahum Octavio. 2015.** *Investigación de los Asfaltos Modificados con el Uso de Caucho Reciclado de Llantas y su Comparación Técnico - Economico con los Asfaltos Convencionales.* Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2015.
- Perez V., Gerson Javier. 2005.** *La Infraestructura del Transporte Vial y la Movilización de Carga en Colombia.* Cartagena : Banco de la Republica de Colombia, 2005.
- Plásticos y Medio Ambiente. Revista Iberoamericana Polimeros Perdomo. 2002. 2,* España : Revista Iberoamericana Polímeros, 2002, Vol. 3.
- Ramírez Villamizar, Armando, Ladino Rubio, Ingrid Lorena y Rosa Ramírez, Juan Pablo. 2014.** *Diseño de Mezcla Asfáltica con Asfalto Caucho Tecnología GAP Graded para la Ciudad de Bogotá.* Bogota : Universidad Católica de Colombia, 2014.
- Ramon Ruiz, Limón. 2007.** *El Metodo Científico y sus Etapas.* Mexico : s.n., 2007.
- Ruiza Ostoic, Lucia Delfina. 2019.** *Medio Ambiente y Contaminación.* Lima : Ministerio del Ambiente Perú, 2019.
- Sanchez Carlessi, Hugo, Reyes Romero, Carlos y Mejia Saenz, Katia. 2018.** *Manual de Terminos en Investigación Científica, Tecnológica y Humanística.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.
- Silva Mantilla, Jhon Albert. 2018.** *NFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN LA CIUDAD DE CHICLAYO 2018.* Chiclayo : Universidad Privada del Norte, 2018.
- Soto Avalos, Edwin Yair. 2017.** *Influencia de la incorporación de porcentajes de caucho de llanta reciclado sobre los parametros Marshall en las mezclas asfálticas en caliente.* Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2017.

Tueros Davila, Mercedes Nadia. 2017. *Incorporación de Polvo de Caucho en Mezcla Asfáltica Convencional para Mejorar el Comportamiento de la Superficie de Rodadura Frente al Ahuellamiento en la Ciudad de Huancayo 2016.* Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2017.

Universidad de los Andes. 2002. *Estudio de las Mejoras Mecánicas de Mezclas Asfálticas con Desechos de Llantas.* Bogota : Alcaldía Mayor de Bogotá - Instituto de Desarrollo Urbano, 2002.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	147
Anexo 2: Panel fotográfico	149
Anexo 3: Ensayos granulométricos de los agregados gruesos y finos	159
Anexo 4: Ensayos físicos del agregado combinado.....	162
Anexo 5: Ensayos de las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa (Estabilidad, Flujo, Vacíos de aire, Índice de rigidez, Estabilidad retenida, TSR y Cántabro)	171
Anexo 6: Certificado de equipos de calibración	186

Anexo 1: Matriz de Consistencia

"ANÁLISIS TÉCNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES; HUANCAYO 2021"					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	MÉTODO
GENERAL			V1: Desechos Plásticos y caucho de Neumáticos	D1: Gradación de plástico molido D2: Gradación de caucho de neumático molido. D3: Cantidad de plástico y Neumático	Método: Científico Alcance: Explicativo Diseño: Cuasi-Experimental Población: Material de cantera de Matahuasi Muestra: En su totalidad se realizará 672 ensayos.
¿De qué manera los desechos plásticos y caucho de neumáticos afectan técnica y económicamente a las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?	Determinar el efecto técnico y económico de los desechos plásticos y cauchos de neumáticos a las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.	Los desechos plásticos y cauchos de neumáticos SI afectan técnica y económicamente a las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.			
ESPECÍFICOS					
¿Cuál es el efecto de la combinación a distintas proporciones entre desechos plásticos molidos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?	Definir el efecto combinado a distintas proporciones entre desechos plásticos molidos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.	La combinación a distintas proporciones entre desechos plásticos molidos y caucho de neumáticos mejoran las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.			
¿En que afecta los desechos plásticos molidos y del caucho de neumáticos triturados en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?	Establecer el efecto los desechos plásticos molidos y del caucho de neumáticos triturados en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.	El caucho de neumáticos triturados optimiza las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente susceptibles a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.		D1: Estabilidad y flujo D2: Vacíos de aire	

"ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES; HUANCAYO 2021"					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	MÉTODO
¿Cuál es el costo unitario de producción con el rango de dosificación óptima al añadir desechos plásticos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo?	Establecer el costo unitario de producción con el rango de dosificación óptima al añadir desechos plásticos y caucho de neumáticos en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas en caliente frente a daño por humedad de precipitaciones, en la provincia de Huancayo.	La dosificación óptima al añadir desechos plásticos y caucho de neumáticos en las mezclas bituminosas en caliente afectan el costo unitario de producción, en la provincia de Huancayo.	V2: Mezcla Bituminosa en Caliente	D3: Resistencia a la tracción causando daño por humedad D4: Costo unitario de producción	

Anexo 2: Panel fotográfico



Foto 01: Toma de muestra de la piedra chancada de planta chancadora



Foto 02: Toma de muestra de la piedra chancada de planta chancadora



Foto 03: Lavado de material para obtener arena zarandeada



Foto 04: Pesado luego del ensayo granulométrico de la piedra chancada



Foto 06: Pesado luego del ensayo granulométrico de la arena natural



Foto 06: Pesado luego del ensayo granulométrico de la arena chancada



Foto 07: Elaboración de los especímenes Marshall



Foto 08: Mezcla de agregado y bitumen para elaborar los especímenes Marshall

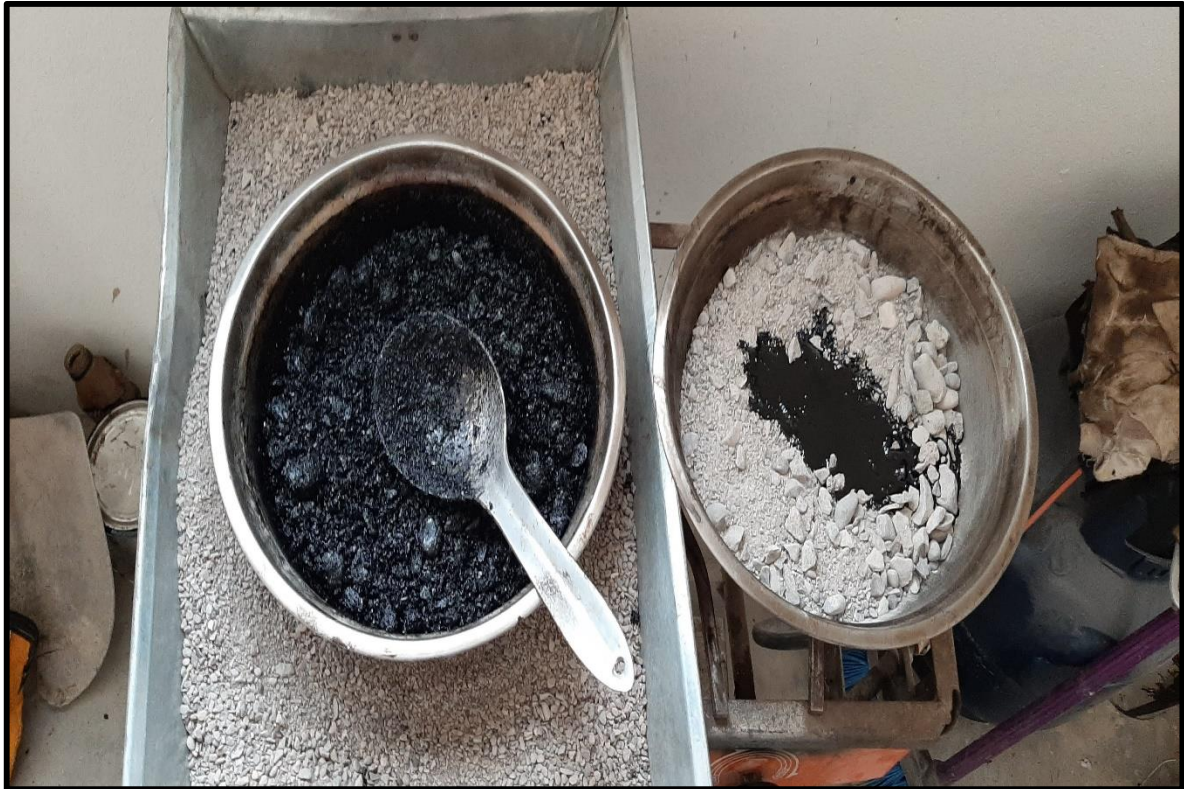


Foto 09: Mezcla de agregado y bitumen para elaborar los especímenes Marshall



Foto 10: Mezcla de agregado y bitumen para elaborar los especímenes Marshall



Foto 11: Preparación de material para la evaluación Rice en Lima



Foto 12: Control de temperatura de la mezcla bituminosa



Foto 13: Espécimen Marshall listo para determinar su estabilidad, flujo, vacíos de aire



Foto 14: Especímenes Marshall listo para determinar su estabilidad, flujo, vacíos de aire



Foto 15: Prensa Marshall para determinar la estabilidad, flujo y tensión de Lottman



Foto 16: Rotura de los especímenes Marshall



Foto 17: Control de temperatura de la mezcla bituminosa base en planta para ser enviada a campo



Foto 18: Control de temperatura de la mezcla bituminosa base en planta para ser enviada a campo


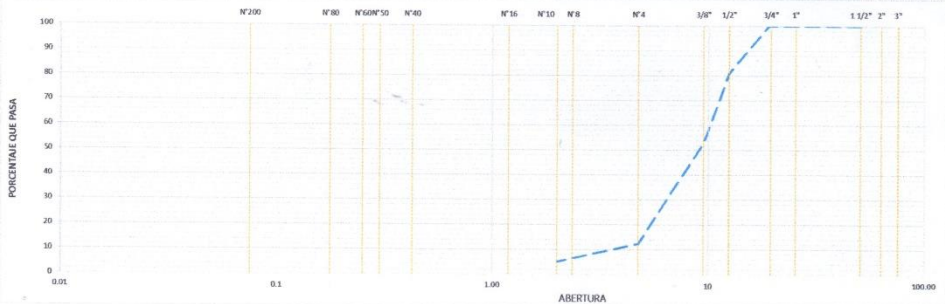




Foto 19: Compactación con rodillo neumático, para acabados y textura de la carpeta asfáltica



Foto 20: Compactación con rodillo neumático y rodillo Tandem de la carpeta asfáltica


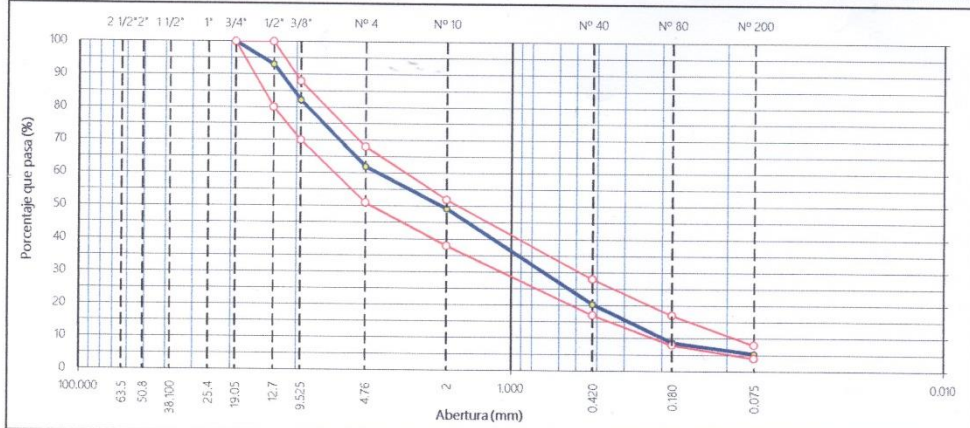


Anexo 3: Ensayos granulométricos de los agregados gruesos y finos


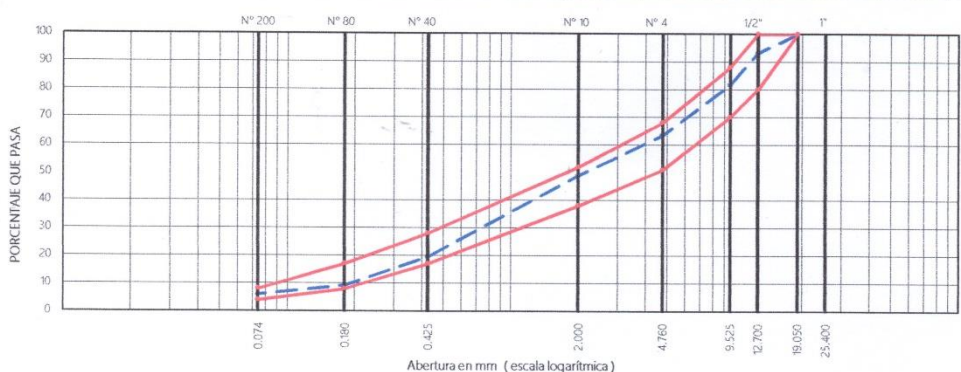

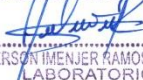



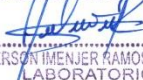



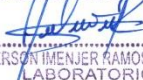


		REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F1							
		CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0							
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107, MTC E-204, ASTM - D6913 M-17, AASHTO 1-27)		Fecha: 01/12/2021							
				Página: 1 de 1							
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
PROYECTO:	ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES			REGISTRO:	GR-ARS-GC-01						
LUGAR:	DPTO.: LURIN PROV.: HUANCAYO			FECHA:	09 ENERO 22						
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR			CODIGO:	A.R.S.						
REVISOR:				ING. JEFE DE CALIDAD:							
1.- MUESTRA			2.- PERSONAL								
CANTERA:	CHANCADORA	UBICACIÓN:	-	SONDAJE:	-						
N° DE MUESTREO:	M-1	FECHA:	09/01/2022	PROFUND:	-						
MATERIAL:	GRAVA CHANCADA	HORA:	09:10	TECNICO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR						
TAMAÑO MÁXIMO:	3/4"										
3.- TAMIZADO			4.- RESUMEN								
N°	TAMIZ (Fulg) (mm)		PESO (g)		PORCENTAJE (%)				ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
	USADO	RETEN	PARC	ACUM	PASA						
4	3"	75.800	7450.00							Peso de muestra seca:	1,450.0 gr
5	2 1/2"	63.300								Peso lavado seco:	1,374.6 g
6	2"	50.800								Finos lavados:	75.4 g
7	1 1/2"	38.100								Contenido de Humedad Natural:	
8	1"	25.400								GENERALES	
9	3/4"	19.000					100.0			DESCRIPCIÓN	VALOR
10	1/2"	12.500			273	18.8	18.8	81.2		Tamaño Máximo:	3/4"
11	3/8"	9.500			407	28.1	46.9	53.1		Módulo Fineza:	
12	#4	4.750			590	40.7	87.6	12.4		Fino equiv. < #4:	180 gr
13	#10	2.000			104	7.2	94.8	5.2		Grava:	87.60%
14	#20	0.840								Arena:	12.40%
15	#40	0.425								Fino ensayado < #4:	
16	#60	0.250								Finos < # 200:	
17	#100	0.150								Índice de Consistencia:	
18	#200	0.075								Tipo de Suelo por su consistencia:	
19	Fondo	0.000								Potencial de expansión:	
					75.4	5.2	100.0			LIMITES DE CONSISTENCIA	
CLASIFICACIÓN				COEFICIENTES					DESCRIPCIÓN		VALOR
SUCS	AASHTO	Índice de Grupo		DESCRIPCIÓN AASHTO	D ₆₀	D ₃₀	D ₁₀	Cu	Cc	Humedad (%):	
-	-	-	-	10.24	6.80	3.83	2.67	1.18	Límite Líquido (LL):		
LEYENDA:			Cu: Coeficiente de uniformidad		Cc: Coeficiente de curvatura		Índice Plástico (IP):				
5.- CURVA GRANULOMÉTRICA											
											
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN											
EQ.	HORNO	BALANZA	BALANZA	TAMICEZ							
ID.	HOR-01	BAD-101	BAD-102	TMZ-VARIOS							
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES											
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS											
REALIZADO POR:											
Bachiller Ingeniería Civil											
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar											
Firma:											
											
											
ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO											




	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F1								
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0								
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107, MTC E-204, ASTM - D6913 M-17, AASHTO 1-27)		Fecha: 01/12/2021 Página: 1 de 1								
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
PROYECTO:	ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUSCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES			REGISTRO:	GR-ARS-GC-01						
LUGAR:	DPTO: JUNÍN PROV: HUANCAYO			CODIGO:	A.R.S.						
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR			ING. JEFE DE CALIDAD:							
REVISOR:				FECHA:	09 ENERO 22						
1.- MUESTRA			2.- PERSONAL								
CANTERA:	CHANCADORA	UBICACIÓN:		SONDAJE:							
N° DE MUESTREO:	M-1	FECHA:	09/01/2022	PROFUND.:							
MATERIAL:	ARENA CHANCADA	HORA:	11:10	ING. ESP.:							
TAMAÑO MÁXIMO:	3/16"			TECNICO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR						
3.- TAMIZADO			4.- RESUMEN								
N°	TAMIZ (Pulg)	TAMIZ (mm)	PESO (g) USADO	PORCENTAJE (%)			ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN	VALOR	
4	3"	75.800	985.00	RETEN	PARC	ACUM	PASA		Peso de muestra seca:	985.0 gr	
5	2 1/2"	63.300							Peso lavado seco:	858.9 g	
6	2"	50.800							Finos lavados:	126.1 g	
7	1 1/2"	38.100							Contenido de Humedad Natural:		
8	1"	25.400							GENERALES		
9	3/4"	19.000							DESCRIPCIÓN	VALOR	
10	1/2"	12.500							Tamaño Máximo:	3/16"	
11	3/8"	9.500							Módulo Fineza:		
12	#4	4.750			13	1.3	1.3	98.7	Fino equiv. < #4:	97.2 gr	
13	#10	2.000			23.8	24.2	25.5	74.5	Grava:	1.30%	
14	#20	0.840							Arena:	98.70%	
15	#40	0.425			38.7	39.3	64.8	35.2	Fino ensayado < #4:		
16	#80	0.177			16.8	17.1	81.9	18.1	Finos < # 200:		
17	#100	0.150							Índice de Consistencia:		
18	#200	0.075			5.2	5.3	87.2	12.8	Tipo de Suelo por su consistencia:		
19	Fondo	0.000			126.1	12.8	100.0		Potencial de expansión:		
CLASIFICACIÓN				COEFICIENTES					LÍMITES DE CONSISTENCIA		
SUCS	AASHTO	Índice de Grupo		DESCRIPCIÓN AASHTO	D ₆₀	D ₃₀	D ₁₀	C _u	C _c	DESCRIPCIÓN	VALOR
					0.69	0.35	0.06	11.72	3.04	Humedad (w):	
LEYENDA:			Cu: Coeficiente de uniformidad		Cc: Coeficiente de curvatura		Índice Plástico (IP):				
5.- CURVA GRANULOMÉTRICA											
											
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN											
EQ.	HORNO	BALANZA	BALANZA	TAMIZES							
ID.	HOR-01	BAD-101	BAD-102	TMZ VARIOS							
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES											
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS											
REALIZADO POR:											
Bachiller Ingeniería Civil											
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar											
Firma:											
											
											




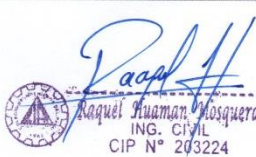
	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SG.C.PL.0001-F1								
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0								
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107, MTC E-204, ASTM - D6913 M-17, AASHTO T-27)		Fecha: 01/12/2021 Página: 1 de 1								
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
PROYECTO:	ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES			REGISTRO:	GR-ARS-GC-01						
LUGAR:	DPTO: JUNÍN PROV: HUANCAYO			CODIGO:	A.R.S.						
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR			ING. JEFE DE CALIDAD:	-						
REVISOR:	-			ING. JEFE DE CALIDAD:	-						
				FECHA:	10 ENERO 22						
1.- MUESTRA				2.- PERSONAL							
CANTERA:	CHANCADORA	UBICACIÓN:	-	SONDAJE:	-						
N° DE MUESTRO:	M-1	FECHA:	10/01/2022	PROFUND.:	-						
MATERIAL:	ARENA ZARANDEADA	HORA:	08:30	TECNICO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR						
TAMAÑO MÁXIMO:	3/16"										
3.- TAMIZADO				4.- RESUMEN							
N°	TAMIZ		PESO (g)	PORCENTAJE (%)				ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR	
	(Pulg)	(mm)		USADO	RETEN	PARC	ACUM				PASA
4	3"	75.800	1023.40						Peso de muestra seca:	1,023.4 gr	
5	2 1/2"	63.300							Peso lavado seco:	972.2 g	
6	2"	50.800							Finos lavados:	51.2 g	
7	1 1/2"	38.100							Contenido de Humedad Natural:		
8	1"	25.400							GENERALES		
9	3/4"	19.000							DESCRIPCIÓN	VALOR	
10	1/2"	12.500					100.0		Tamaño Máximo:	3/8"	
11	3/8"	9.500			12	1.2	1.2	98.8	Módulo Fineses:		
12	#4	4.750			142	13.9	15.1	84.9	Fino equiv. < #4:	869 gr	
13	#10	2.000			95	9.3	24.4	75.6	Grava:	15.10%	
14	#20	0.840							Arena:	84.90%	
15	#40	0.425			466	45.5	69.9	30.1	Fino ensayado < #4:		
16	#80	0.177			201	19.6	89.5	10.5	Finos < # 200:		
17	#100	0.150							Índice de Consistencia:		
18	#200	0.075			56	5.5	95.0	5.0	Tipo de Suelo por su consistencia:		
19	Fondo	0.000			51.2	5.0	100.0	5.0	Potencial de expansión:		
								LÍMITES DE CONSISTENCIA			
CLASIFICACIÓN				COEFICIENTES				DESCRIPCIÓN			
SUCS	AASHTO	Índice de Grupo		DESCRIPCIÓN AASHTO	D ₆₀	D ₃₀	D ₁₀	C _u	C _c	Humedad (%):	
-	-	-	-	0.70	0.42	0.14	4.87	1.80	Límite Líquido (LL):		
								Límite Plástico (LP):			
								Índice Plástico (IP):			
LEYENDA:				C _u : Coeficiente de uniformidad				C _c : Coeficiente de curvatura			
5.- CURVA GRANULOMÉTRICA											
											
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN											
EQ.	HORNO	BALANZA	BALANZA	TAMIZ							
ID.	HOR-01	BAD-101	BAD-102	TMZ-VARIOS							
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES											
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS											
REALIZADO POR:											
Bachiller Ingeniería Civil											
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar											
Firma:											
											
											
											





Anexo 4: Ensayos físicos del agregado combinado


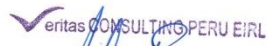

	REGISTRO DE CONTROL					ARS.SGC.PL.0001-F1				
	CONTROL DE CALIDAD					Revisión: 0				
	COMBINACIÓN TEORICA DE AGREGADOS					Fecha: 10/01/22 Página: 1 de 1				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS										
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES LUGAR: PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN CODIGO: A.R.S ELABORADO: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR ING. JEFE DE CALIDAD: - REVISOR: -					REGISTRO: CT-ARS-GC-01 FECHA: 12 ENERO 22					
DATOS DE LA MUESTRA										
COMBINACIÓN TEORICA DE AGREGADOS PARA MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE										
1.- MUESTRA					2.- PERSONAL					
MUESTRA: COMB. AGREGADOS UBICACIÓN: -- USO: MEZCLA ASFALTICA FECHA: 12/01/2022 TAM. MAX.: 3/4" HORA: 09:10					ING. ESP.: - BACHILLER: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR					
3.- TAMIZADO										
Tamices y aberturas (mm)	AGREGADOS A INTERVENIR					Mezcla MAC-2			CONDICION	
	GRAVA CHANC. 3/4"	ARENA CHANC. <3/16"	ARENA ZARAND. <3/8"	ARENA OP.	FILLER	COMB. TEORICA	ESPECIFICACIONES MAC-02			
	37.0%	28.0%	35.0%	0.0%	0.0%					
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0				
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok
1/2"	12.700	81.2	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	80	100	ok
3/8"	9.525	53.1	100.0	98.8	100.0	100.0	82.2	70	88	ok
# 4	4.760	12.4	98.7	84.9	100.0	100.0	62.0	51	68	ok
# 10	2.000	5.2	74.5	75.6	100.0	100.0	49.2	38	52	ok
# 40	0.420	0.0	35.2	30.1	100.0	89.7	20.4	17	28	ok
# 80	0.180	0.0	18.1	10.6	100.0	75.4	8.8	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	12.8	5.0	100.0	64.1	5.3	4	8	ok
4.- CURVA GRANULOMETRICA										
										
REALIZADO POR: Bachiller Ingenieria Civil Nombre: Anderson I. Ramos Salazar Firma:										
 ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR LABORATORIO										


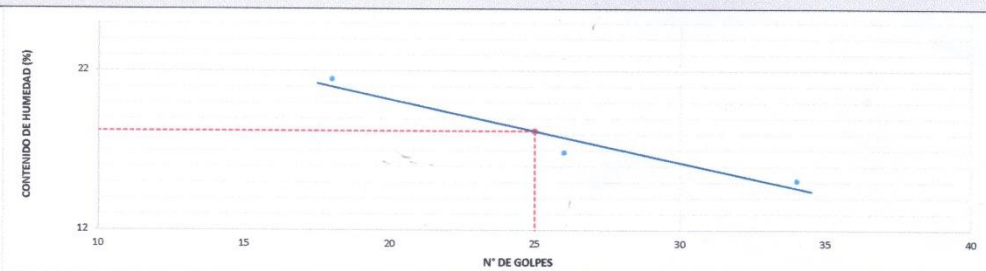

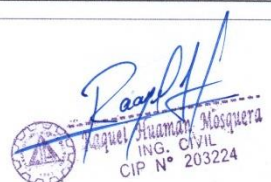


	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F2											
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0											
	COMBINACIÓN DE AGREGADOS		Fecha: 10/01/22 Página: 1 de 1											
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS														
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES			REGISTRO:	CF-ARS-GC-01									
LUGAR:	PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	CODIGO:	A.R.S	FECHA:	12 ENERO 22									
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR	ING. JEFE DE CALIDAD:	-											
REVISOR:	-													
DATOS DE LA MUESTRA														
COMBINACIÓN FISICA DE AGREGADOS PARA MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE														
1.- MUESTRA			2.- PERSONAL											
MUESTRA:	COMB. AGREGADOS	UBICACIÓN:	ING. ESP. : -											
USO:	MEZCLA ASFALTICA	FECHA :	12/01/2022											
TAM. MAX.:	3/4"	HORA:	10:10											
			BACHILLER:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR										
3.- TAMIZADO														
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO:	3/4"						
3"	76.200						UBICACIÓN:	--						
2 1/2"	63.500						HORA:	--						
2"	50.800						PESO INICIAL:	50000.0 gr						
1 1/2"	38.100						PESO FRACCIÓN (pas. #10):	797.6 gr						
1"	25.400						PROPORCIONES							
3/4"	19.050				100.0	100	Arena Zarandeada < 3/8":	35.0 %						
1/2"	12.700	3400.0	6.8	6.8	93.2	80 - 100	Arena Chancada < 3/16":	28.0 %						
3/8"	9.525	5750.0	11.5	18.3	81.7	70 - 88	Grava Triturada 3/4":	37.0 %						
N°4	4.760	9070.0	18.1	36.4	63.6	51 - 68	Filler:	0.0 %						
N° 10	2.000	184.0	14.7	51.1	48.9	38 - 52	Total:	100.0 %						
N° 40	0.425	368.7	29.4	80.5	19.5	17 - 28	OBS.-							
N° 80	0.180	129.5	10.3	90.8	9.2	8 - 17	Humedad de Mezcla (%)	0.30 <						
N° 200	0.074	40.4	3.2	94.0	6.0	4 - 8								
< 200	-	75.0	6.0	100.0										
4.- CURVA GRANULOMETRICA														
														
5.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES														
6.- DOCUMENTOS ADJUNTOS														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">REALIZADO POR:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Bachiller Ingenieria Civil</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Nombre: Anderson I. Ramos Salazar</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Firma:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">   ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR LABORATORIO </td> <td style="text-align: center;">   ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR ING. CIVIL CIP N° 203224 </td> </tr> </table>					REALIZADO POR:		Bachiller Ingenieria Civil		Nombre: Anderson I. Ramos Salazar		Firma:		  ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR LABORATORIO	  ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR ING. CIVIL CIP N° 203224
REALIZADO POR:														
Bachiller Ingenieria Civil														
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar														
Firma:														
  ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR LABORATORIO	  ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR ING. CIVIL CIP N° 203224													


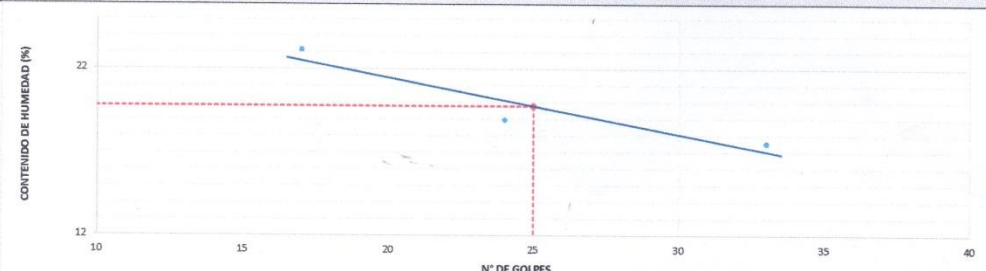










	REGISTRO DE CONTROL	ARS.SGC.PL.0001-F3				
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 0				
	EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E114)	Fecha: 10/01/22	Página: 1 de 1			
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS						
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES		REGISTRO: EA-ARS-GC-01			
LUGAR:	PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	CODIGO: A.R.S	FECHA: 13 ENERO 22			
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR	ING. JEFE DE CALIDAD: -				
REVISOR:	-					
1.- MUESTRA		2.- PERSONAL				
CANTERA:	COMB. AGREGADOS	UBICACIÓN:	-			
USO:	MEZCLA ASFALTICA	FECHA:	13/01/2022			
TAM. MAXIMO:	3/4"	HORA:	16:45			
		ING. ESP. :	-			
		BACHILLER:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR			
3.- EQUIVALENTE DE ARENA						
DESCRIPCION	UND	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.75	4.75	4.75		
Hora de entrada a saturación		08:40	08:42	08:44		
Hora de salida de saturación (mas 10')		08:50	08:52	08:54		
Hora de entrada a decantación		08:52	08:54	08:56		
Hora de salida de decantación (mas 20')		09:12	09:14	09:16		
Altura máxima de material fino	cm.	5.50	5.42	5.62		
Altura máxima de la arena	cm.	3.93	4.01	3.97		
Equivalente de Arena	%	71%	74%	71%		72%
De acuerdo a Especificación Técnica se considera como mínimo:		70%	Por lo tanto el material:	Cumple		
4.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES						
5.- DOCUMENTOS ADJUNTOS						
REALIZADO POR:						
Bachiller Ingenieria Civil						
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar						
Firma:						
						
						

	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F4				
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0				
	DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS (MTC E210)		Fecha: 10/01/22 Página: 1 de 1				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS							
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES			REGISTRO: CAR-FRAC-ARS-GC-01			
LUGAR:	PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	CODIGO: A.R.S	FECHA: 13 ENERO 22				
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR	ING. JEFE DE:					
REVISOR:	-	CALIDAD:					
1.- MUESTRA			2.- PERSONAL				
CANTERA:	COMB. AGREGADOS	UBICACIÓN:	ING. ESP.:				
USO:	MEZCLA ASFALTICA	FECHA:	13/01/2022				
TAM. MAXIMO:	3/4"	HORA:	08:30				
3.- CARAS FRACTURADAS							
A.- CON UNA CARA FRACTURADA							
TAM. DEL AGREGADO		A	B	C	D	E	OBSERVACIONES
PAS. TAMIZ	RET. TAMIZ	(gr.)	(gr.)	((B/A)*100)	(%)	C*D	
1-1/2"	1"	-	-	-	-	-	
1"	3/4"	-	-	-	-	-	
3/4"	1/2"	3400.0	3261.5	95.9	16.0	1534.8	
1/2"	3/8"	5750.0	5123.5	89.1	9.5	846.5	
TOTAL		9150	8385.0				
PORCENTAJE CON UNA O MAS CARAS FRACTURADAS =		$\frac{\text{TOTAL } \Sigma E}{\text{TOTAL } \Sigma D}$		$\frac{2381}{25.5}$	93.4%	90% MIN	CUMPLE
B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS							
TAM. DEL AGREGADO		A	B	C	D	E	OBSERVACIONES
PAS. TAMIZ	RET. TAMIZ	(gr.)	(gr.)	((B/A)*100)	(%)	C*D	
1-1/2"	1"	-	-	-	-	-	
1"	3/4"	-	-	-	-	-	
3/4"	1/2"	3400.0	2810.5	82.7	16.0	1322.6	
1/2"	3/8"	5750.0	4352.9	75.7	9.5	719.2	
TOTAL		9150	7163.4				
PORCENTAJE CON UNA O MAS CARAS FRACTURADAS =		$\frac{\text{TOTAL } \Sigma E}{\text{TOTAL } \Sigma D}$		$\frac{2042}{25.5}$	80.1%	70% MIN	CUMPLE
4.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES							
<hr/> <hr/> <hr/>							
5.- DOCUMENTOS ADJUNTOS							
<hr/> <hr/> <hr/>							
REALIZADO POR:							
Bachiller Ingenieria Civil							
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar							
Firma:							
  ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO		 Raquel Huaman Mosquera ING. CIVIL CIP N° 203224					


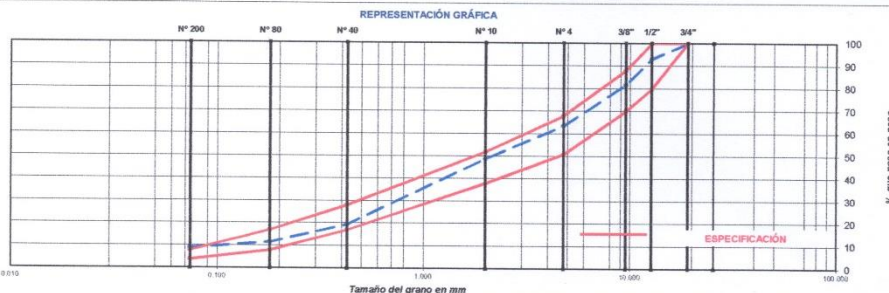
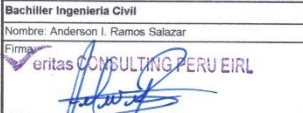


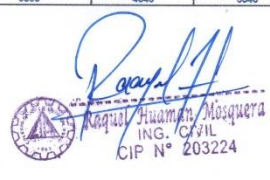
	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F5										
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0										
	CHATAS Y ALARGADAS		Fecha: 10/01/22										
Página: 1 de 1													
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS													
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES LUGAR: PROV: HUANCAYO DEP: JUNIN ELABORADO: ANDERSON L RAMOS SALAZAR REVISOR:		CODIGO: A.R.S. ING. JEFE DE CALIDAD:		REGISTRO: CH-ALR-ARS-GC-01 FECHA: 13 ENERO 22									
1.- MUESTRA			2.- PERSONAL										
CANTERA: COMB. AGREGADOS USO: MEZCLA ASFALTICA TAM. MAXIMO: 3/4"		UBICACIÓN: - FECHA: 13/01/2022 HORA: 08:30		ING. ESP.: - BACHILLER: ANDERSON L RAMOS SALAZAR									
3.- CHATAS Y ALARGADAS													
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
3"	76.200												
2"	50.800												
1 1/2"	38.100												
1"	25.400												
3/4"	19.050												
1/2"	12.700	3400.0	37.2	62.8	93.5	2.8	1.0	201.5	5.9	2.2	3105.0	91.3	33.9
3/8"	9.500	5750.0	62.8	0.0	22.3	0.4	0.2	134.5	2.3	1.5	5593.2	97.3	61.1
1/4"	6.350												
TOTAL		9150.0	100.0		115.8		1.3	336.0		3.7	8698.2		95.1
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		(g)	9150.0										
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS		(%)	4.9		15% max.			DE ACUERDO A LAS ESP. TECNICAS			CUMPLE		
4.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES													
REALIZADO POR:													
Bachiller Ingenieria Civil													
Nombre: Anderson L Ramos Salazar													
Firma:													
  ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR LABORATORIO					 Raquel Huaman Mosquera ING. CIVIL CIP N° 203224								







	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F7					
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0					
	GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS (MTC E205/MTC E206)		Fecha: 10/01/22 Página: 01 de 13					
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS								
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES			REGISTRO: PE-ARS-GC-01				
LUGAR:	PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	CÓDIGO:	A.R.S					
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR	ING. JEFE DE	-	FECHA: 13 ENERO 22				
REVISOR:	-	CALIDAD:	-					
1.- MUESTRA			2.- PERSONAL					
CANTERA:	COMB. AGREGADOS	UBICACIÓN:	-					
USO:	MEZCLA ASFALTICA	FECHA :	13/01/2022					
TAM. MAX:	3/4"	HORA:	09:10					
			ING. ESP. : -					
			BACHILLER: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR					
3.- GRAVEDAD ESPECIFICA								
AGREGADO GRUESO								
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1235.4	1220.8	1234.2				
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	771.7	766.9	786.1				
C	Volumen de masa + volumen de vacios = A-B (cm ³)	463.7	453.9	448.1				
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1224.9	1207.1	1221.1				
E	Volumen de masa = C - (A - D) (cm ³)	453.2	440.2	435.0	PROMEDIO			
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.641	2.659	2.725	2.675			
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.664	2.689	2.754	2.703			
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.703	2.742	2.807	2.751			
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.86	1.14	1.07	1.02			
AGREGADO FINO								
A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	600.0	600.0					
B	Peso frasco + agua + A (gr)	718.6	716.9					
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1318.6	1316.9					
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	1094.6	1091.2					
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	224.0	225.7					
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	592.9	587.5					
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	217.0	213.2		PROMEDIO			
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.646	2.604		2.625			
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.678	2.659		2.669			
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.733	2.756		2.744			
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.2	2.1		1.7			
4.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES								
5.- DOCUMENTOS ADJUNTOS								
<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">REALIZADO POR:</td> </tr> <tr> <td>Bachiller Ingenieria Civil</td> </tr> <tr> <td>Nombre: Anderson I. Ramos Salazar</td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>ANDERSON INENJER RAMOS SALAZAR LABORATORIO</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>					REALIZADO POR:	Bachiller Ingenieria Civil	Nombre: Anderson I. Ramos Salazar	Firma:
REALIZADO POR:								
Bachiller Ingenieria Civil								
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar								
Firma:								


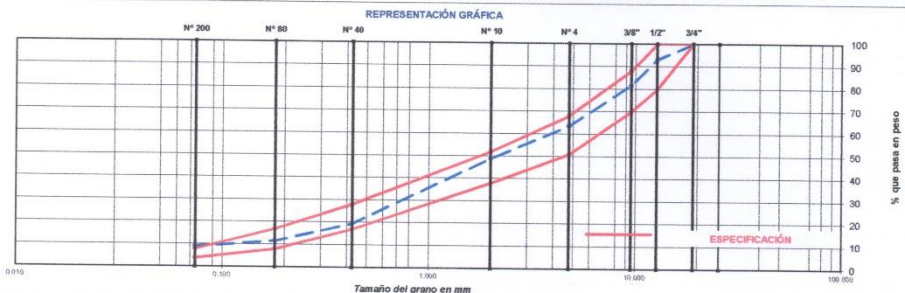




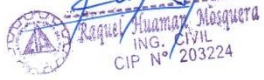
	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F8																										
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0																										
	LÍMITES DE ATTERBERG MALLA N° 40 (MTC E-110, MTC E-111, ASTM-D 4318 - 17e1, AASHTO T-89)		Fecha: 10/01/22 Página: 03 de 13																										
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS																													
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES		REGISTRO: LC-ARS-GC-01																											
LUGAR: PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	CÓDIGO: A.R.S																												
ELABORADO: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR	ING. JEFE DE CALIDAD: -	FECHA: 13 ENERO 22																											
REVISOR: -																													
1.- MUESTRA		2.- PERSONAL																											
CANTERA: COMB. AGREGADOS	UBICACIÓN: -	ING. ESPEC: -																											
USO: MEZCLA ASFALTICA	FECHA: 13/01/2022	BACHILLER: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR																											
TAM. MAX: 3/4"	HORA: 09:10																												
3.- LÍMITE LÍQUIDO																													
N° DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			OBSERVACIONES																								
1 N° Tara	ID	12	10	7																									
2 Peso Tara + suelo húmedo	(gr.)	31.21	30.45	32.16																									
3 Peso Tara + suelo seco	(gr.)	28.37	27.54	28.17																									
4 Peso del agua	(gr.)	2.84	2.91	3.99																									
5 Peso de la tara	(gr.)	9.62	10.29	9.59																									
6 Peso del suelo seco	(gr.)	18.75	17.25	18.58																									
7 Contenido de humedad	(%)	15.12	16.89	21.48																									
8 Número de golpes		34	26	18																									
4.- LÍMITE PLÁSTICO		RESUMEN																											
N° DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA																								
1 N° Tara	ID				LL (%) 18.2																								
2 Peso Tara + suelo húmedo	(gr.)				LP (%) NP																								
3 Peso Tara + suelo seco	(gr.)				IP (%) NP																								
4 Peso de la tara	(gr.)				CONDICION: CUMPLE																								
5 Peso del agua	(gr.)				IP: INDICE DE PLASTICIDAD																								
6 Peso del suelo seco	(gr.)																												
7 Contenido de humedad	(%)																												
8 LEYENDA: LL: LIMITE LIQUIDO LP: LIMITE PLASTICO																													
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES																													
																													
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																													
1	EQ.	HORNO	BALANZA																										
2	ID.	HOR01	BADI02																										
7.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																													
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																													
<table border="1"> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">REALIZADO POR:</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Jefe de laboratorio</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Nombre: Anderson I. Ramos Salazar</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Firma:</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">  ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO </td> </tr> </table> <div style="float: right; text-align: center;">  </div>					REALIZADO POR:					Jefe de laboratorio					Nombre: Anderson I. Ramos Salazar					Firma:					 ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO				
REALIZADO POR:																													
Jefe de laboratorio																													
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar																													
Firma:																													
 ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO																													


	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F9																																												
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0																																												
	LÍMITES DE ATTERBERG MALLA N° 200 (MTC E-110, MTC E-111, ASTM-D 4318 - 17e1, AASHTO T-89)		Fecha: 10/01/22																																												
		Página: 03 de 13																																													
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS																																															
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANÁLISIS TÉCNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES			REGISTRO: LC-ARS-GC-01																																											
LUGAR:	PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	CÓDIGO:	A.R.S																																												
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR	ING. JEFE DE CALIDAD:																																													
REVISOR:			FECHA: 13 ENERO 22																																												
1.- MUESTRA			2.- PERSONAL																																												
CANTERA:	COMB. AGREGADOS	UBICACIÓN:	-																																												
USO:	MEZCLA ASFÁLTICA	FECHA:	13/01/2022																																												
TAM. MAX:	3/4"	HORA:	09:10																																												
			ING. ESPEC: -																																												
			BACHILLER: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR																																												
3.- LÍMITE LÍQUIDO																																															
N° DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			OBSERVACIONES																																										
1 N° Tara	ID	2	7	11																																											
2 Peso Tara + suelo húmedo	(gr.)	33.15	31.56	30.78																																											
3 Peso Tara + suelo seco	(gr.)	29.46	28.06	26.56																																											
4 Peso del agua	(gr.)	3.69	3.50	4.22																																											
5 Peso de la tara	(gr.)	8.44	9.59	8.34																																											
6 Peso del suelo seco	(gr.)	21.02	18.47	18.22																																											
7 Contenido de humedad	(%)	17.56	18.96	23.15																																											
8 Número de golpes		33	24	17																																											
4.- LÍMITE PLÁSTICO			RESUMEN																																												
N° DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA																																											
1 N° Tara	ID			LL (%)	19.8																																										
2 Peso Tara + suelo húmedo	(gr.)			LP (%)	NP																																										
3 Peso Tara + suelo seco	(gr.)			IP (%)	NP																																										
4 Peso de la tara	(gr.)			CONDICION: CUMPLE																																											
5 Peso del agua	(gr.)			IP: INDICE DE PLASTICIDAD																																											
6 Peso del suelo seco	(gr.)																																														
7 Contenido de humedad	(%)																																														
8 LEYENDA:	LL: LIMITE LIQUIDO	LP: LIMITE PLASTICO																																													
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES																																															
																																															
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																																															
1	EQ.	HORNO	BALANZA																																												
2	ID.	HOR01	BADI02																																												
7.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																																															
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																																															
<table border="1"> <tr> <td colspan="6">REALIZADO POR:</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Jefe de laboratorio</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Nombre: Anderson I. Ramos Salazar</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Firma:</td> </tr> <tr> <td colspan="6">  </td> </tr> <tr> <td colspan="6">  </td> </tr> <tr> <td colspan="6">  </td> </tr> </table>						REALIZADO POR:						Jefe de laboratorio						Nombre: Anderson I. Ramos Salazar						Firma:																							
REALIZADO POR:																																															
Jefe de laboratorio																																															
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar																																															
Firma:																																															
																																															
																																															
																																															
																																															

Anexo 5: Ensayos de las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa (Estabilidad, Flujo, Vacíos de aire, Índice de rigidez, Estabilidad retenida, TSR y Cántabro)

		REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F1							
		CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 0							
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E204)		Fecha: 12/01/2021							
				Página: 1 de 10							
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
NOMBRE DEL PROYECTO:		ANÁLISIS TÉCNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES									
CLIENTE:		ANDERSON I. RAMOS SALAZAR									
DATOS DE LA MUESTRA											
Cantera:		Ubicación: Huancayo									
Material:		Diseño de MAC									
Diseño (Asfalto 4%)											
ENSAYO GRANULOMÉTRICO				LAVADO ASFÁLTICO							
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		3400.0	5750.0	9070.0	184.0	368.7	129.5	40.4	75.0	Peso Mat. Lav +Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	6.8	11.5	18.1	14.7	29.4	7.9	2.5	4.6	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	6.8	18.3	36.4	51.1	80.5	88.4	90.9	95.5	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	93.2	81.7	63.6	48.9	19.5	11.6	9.1	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACIÓN	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LÍQUIDO										FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr.
											787.6
											50000.0
REPRESENTACIÓN GRÁFICA											
											
ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559											
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.					
1 CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.0	4.0	4.0	4.0						
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	34.98	34.98	34.98	34.98						
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	61.02	61.02	61.02	61.02						
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00						
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323							
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703							
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.669	2.669	2.669							
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	3.100	3.100	3.100							
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1215.1	1214.8	1216.7							
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr.	1218.2	1218.7	1217.8							
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr.	893.8	893.8	898.5							
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	822.6	821.9	819.3							
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.										
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.										
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	522.6	521.9	519.3							
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.325	2.328	2.343	2.332						
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.511	2.511	2.511							
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	7.4	7.3	6.7	7.1	3% - 5%					
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26)+(37)+(4/6))	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681							
20 V.M.A. 100*(2+3+4)/(16/19)	%	16.7	16.7	16.1	16.6	Mín. 15					
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	55.8	56.2	58.4	56.8						
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)+(1/5))	gr/c.c.	2.671	2.671	2.671							
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5/22-19)/(22*19)	%										
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.15	4.15	4.15							
25 FLUJO	mm	2.5	2.1	2.6	2.4	2 - 4					
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	887.6	954.5	869.9							
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00							
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	888	955	870	904	Mín. 815					
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3550	4545	3346	3814	1700 - 4000					
OBSERVACIONES:											
REALIZADO POR:											
Bachiller Ingeniería Civil											
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar											
Firma: 											
  ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO											
 Raquel Huaman Mosquera ING. CIVIL CIP N° 203224											

	REGISTRO DE CONTROL	ARS.SGC.PL.0001-F2									
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 0									
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E204)	Fecha: 12/01/2021 Página: 2 de 10									
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES										
CLIENTE:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR										
DATOS DE LA MUESTRA											
Cantera:		Ubicación: Huancayo									
Material:	Diseño de MAC										
Diseño (Asfalto 4.5%)											
ENSAYO GRANULOMÉTRICO		LAVADO ASFÁLTICO									
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074	75.0	Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		3400.0	5750.0	9070.0	184.0	368.7	129.5	40.4		Peso Mat. Lav.+Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	6.8	11.5	18.1	14.7	29.4	7.9	2.5	4.6	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	6.8	18.3	36.4	51.1	80.5	88.4	90.9	95.5	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	93.2	81.7	63.6	48.9	19.5	11.6	9.1	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACIÓN	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LÍQUIDO										FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO										FRACCIÓN TOTAL	gr.
											787.6
											50000.0
REPRESENTACIÓN GRÁFICA											
											
ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559											
BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.					
1 CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.5	4.5	4.5	4.5						
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	34.80	34.80	34.80	34.80						
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	60.70	60.70	60.70	60.70						
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00						
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323							
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703							
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.669	2.669	2.669							
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	1.000	1.000	1.000							
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1213.2	1216.4	1210.4							
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1214.1	1217.2	1211.7							
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	698.9	694.1	695.1							
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	517.2	523.1	516.6							
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.										
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.										
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	517.2	523.1	516.6							
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.346	2.326	2.343	2.338						
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.503	2.503	2.503							
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	6.3	7.1	6.4	6.6	3% - 5%					
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681							
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	16.5	17.2	16.5	16.7	Min. 15					
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	81.7	58.7	61.3	60.8						
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)+(1/5))	gr/c.c.	2.683	2.683	2.683							
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5/22-19))/(22*19)	%										
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.47	4.47	4.47							
25 FLUJO	mm	2.6	2.5	3.0	2.7	2 - 4					
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1021.0	989.0	1155.8							
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	0.96	1.00							
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1021	949	1156	1042	Min. 815					
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3827	3798	3853	3859	1700 - 4000					
OBSERVACIONES:											
REALIZADO POR:											
Bachiller Ingeniería Civil											
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar											
Firma:											
											
											
											
ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO											
											

	REGISTRO DE CONTROL	ARS.SGC.PL.0001-F4									
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 0									
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E204)	Fecha: 12/01/2021 Página: 4 de 10									
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES										
CLIENTE:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR										
DATOS DE LA MUESTRA											
Cantera:		Ubicación: Huancayo									
Material:	Diseño de MAC										
Diseño (Asfalto 5.5%)											
ENSAYO GRANULOMETRICO											
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr
PESO RETENIDO		3400.0	5700.0	9070.0	184.0	368.7	129.5	40.4	75.0	Peso Mat. Lav + Filtro	gr
RETENIDO PARCIAL	%	6.8	11.5	16.1	14.7	29.4	7.9	2.5	4.6	Peso de Asfalto	gr
RETENIDO ACUMULADO	%	6.8	18.3	36.4	51.1	80.5	88.4	90.9	95.5	Peso inicial de Filtro	gr
PASA	%	100.0	93.2	81.7	63.6	48.9	19.5	11.6	9.1	Peso final de Filtro	gr
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr
											797.6
											50000.0
REPRESENTACION GRAFICA											
											
ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559											
BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.					
1 CEMENTO ASFALTICO	%	5.5	5.5	5.5	5.5						
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	34.44	34.44	34.44	34.44						
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	60.06	60.06	60.06	60.06						
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00						
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323							
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703							
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.669	2.669	2.669							
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	1.000	1.000	1.000							
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1218.5	1214.8	1216.7							
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1217.2	1215.4	1217.5							
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	698.3	698.4	701.3							
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	517.9	517.0	516.2							
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr										
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.										
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	517.9	517.0	516.2							
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.349	2.350	2.357	2.352						
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.489	2.489	2.489							
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	4.8	4.8	4.5	4.7	3% - 5%					
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681							
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.2	17.2	16.8	17.1	Min. 16					
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	71.8	72.0	73.2	72.3						
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)+(1/5))	gr/c.c.	2.686	2.686	2.686							
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-19)/22*19)	%										
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.43	5.43	5.43							
25 FLUJO	mm	3.1	2.9	3.7	3.2	2 - 4					
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1171.0	1120.8	1129.2							
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00							
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1171	1121	1129	1140	Min. 815					
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3777	3865	3052	3565	1700 - 4000					
OBSERVACIONES:											
REALIZADO POR:											
Bachiller Ingenieria Civil											
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar											
Firma:											
  											
 											

	REGISTRO DE CONTROL	ARS.SGC.PL.0001-F5
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 0
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E204)	Fecha: 12/01/2021 Página: 5 de 10

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES

CLIENTE: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR

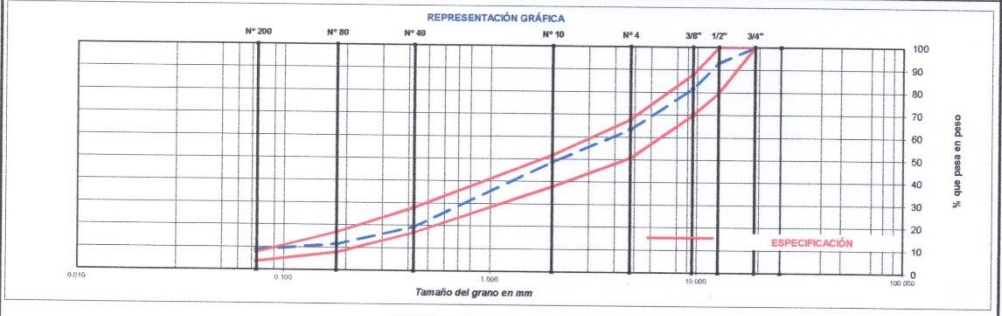
DATOS DE LA MUESTRA

Cantera: _____ **Ubicación:** Huancayo

Material: Diseño de MAC

Diseño (Asfalto 6%)

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO		
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavar	gr.	
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO		3400.0	5790.0	9070.0	184.0	368.7	129.5	40.4	75.0	Peso Mat. Lav + Filtro	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%	6.8	11.5	18.1	14.7	29.4	7.9	2.5	4.6	Peso de Asfalto	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%	6.8	18.3	36.4	51.1	80.5	88.4	90.9	95.5	Peso inicial de Filtro	gr.	
PASA	%	100.0	93.2	81.7	63.6	48.9	19.5	11.6	9.1	Peso final de Filtro	gr.	
ESPECIFICACION ASFALTO LIQUIDO	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	9 - 17	4 - 8	Peso de Filtro	gr.	
TRAMO ASFALTADO										FRACCION	%	
											787.8	
											60000.0	
											PESO TOTAL	gr.



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559



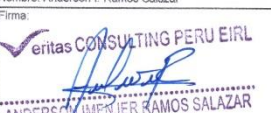

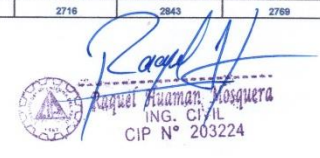
BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 CEMENTO ASFALTICO	%	6.0	6.0	6.0	6.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	34.25	34.25	34.25	34.25	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	59.75	59.75	59.75	59.75	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323	1.0323	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703	2.703	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.689	2.689	2.689	2.689	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	1.000	1.000	1.000	1.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1217.5	1215.9	1216.1		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1218.2	1216.5	1216.9		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	703.2	700.2	699.8		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	515.0	518.3	517.1		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	515.0	516.3	517.1		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.384	2.355	2.352	2.357	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.441	2.441	2.441		
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	3.2	3.5	3.7	3.5	3% - 5%
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8)	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.1	17.4	17.5	17.4	Mín. 15
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	81.5	78.7	79.1	80.1	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)-(1/5)	gr/c.c.	2.674	2.674	2.674		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-19)/(22*19)	%					
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.09	6.09	6.09		
25 FLUJO	mm	3.8	3.5	3.2	3.5	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1115.5	1215.5	1222.5		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1118	1216	1223	1185	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2836	3474	3820	3410	1700 - 4000



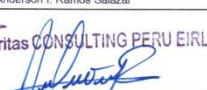


REALIZADO POR:


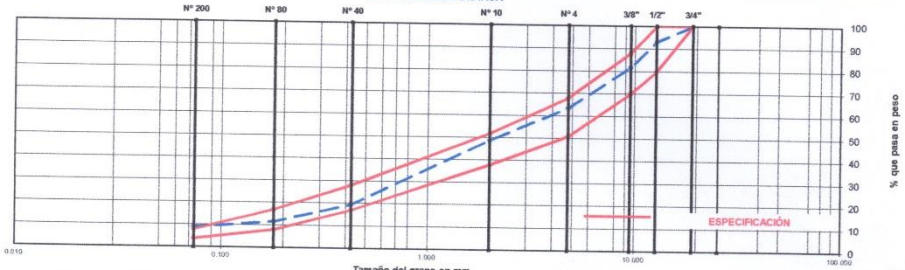

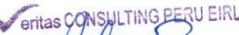
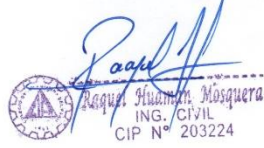
Bachiller Ingenieria Civil
 Nombre: Anderson I. Ramos Salazar
 Firma: _____






 Raquel Huaman Mosquera
 ING. CIVIL
 CIP Nº 203224



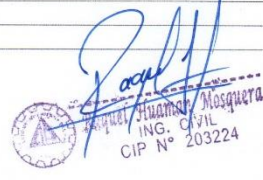

 ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR
 LABORATORIO

	REGISTRO DE CONTROL	ARS.SGC.PL.0001-F6				
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 0				
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E204)	Fecha: 12/01/2021 Página: 6 de 10				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS						
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES					
CLIENTE:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR					
DATOS DE LA MUESTRA						
Cantera:		Ubicación: Huancayo				
Material:	Diseño de MAC					
Diseño (Asfalto 6.5%)						
ENSAYO GRANULOMETRICO		LAVADO ASFALTICO				
TAMIZ ASTM	3/4" 1/2" 3/8" N° 4 N° 10 N° 40 N° 80 N° 200 <N°200	Peso Mat. S/Lavar gr.				
ABERTURA EN mm	19.050 12.700 9.625 4.750 2.000 0.425 0.18 0.074	Peso Mat. Lavado gr.				
PESO RETENIDO	gr. 3400.0 5750.0 9070.0 154.0 368.7 129.5 40.4 75.0	Peso Mat. Lav +Filtro gr.				
RETENIDO PARCIAL	% 6.8 11.5 18.1 14.7 29.4 7.9 2.5 4.6	Peso de Asfalto gr.				
RETENIDO ACUMULADO	% 6.8 18.3 36.4 51.1 80.5 88.4 90.9 95.5	Peso inicial de Filtro gr.				
PASA	% 100.0 93.2 81.7 63.6 48.9 19.5 11.6 9.1	Peso final de Filtro gr.				
ESPECIFICACION	% 100 80 - 100 70 - 88 51 - 68 38 - 52 17 - 28 8 - 17 4 - 8	Peso de Filler gr.				
ASFALTO LIQUIDO		FRACCIÓN % 787.6				
TRAMO ASFALTADO	Metros Lineales:	PESO TOTAL gr. 50000.0				
REPRESENTACIÓN GRÁFICA						
						
ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 CEMENTO ASFALTICO	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	34.07	34.07	34.07	34.07	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	59.43	59.43	59.43	59.43	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323		
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703		
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.669	2.669	2.669		
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	1.000	1.000	1.000		
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1213.7	1211.7	1216.1		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1214.2	1212.3	1216.9		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	699.7	697.8	700.1		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	514.5	514.5	516.8		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	514.5	514.5	516.8		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.359	2.356	2.353	2.356	
17 PESO ESPECIFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.427	2.427	2.427		
18 VACÍOS (17-16)/100/17	%	2.8	3.0	3.0	2.9	3% - 5%
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.7	17.9	18.0	17.9	Min. 15
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	84.2	83.4	83.0	83.6	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*(17)-(1/5))	gr/c.c.	2.678	2.678	2.678		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-19))/(22*19)	%					
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.54	6.54	6.54		
25 FLUJO	mm	4.1	4.2	4.1	4.1	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1126.8	1140.7	1165.8		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1127	1141	1166	1144	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2748	2716	2843	2769	1700 - 4000
OBSERVACIONES:						
REALIZADO POR:						
Bachiller Ingeniería Civil						
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar						
Firma:						
						
						
						
ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO						









	REGISTRO DE CONTROL	ARS.SGC.PL.0001-F7				
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 0				
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E204)	Fecha: 12/01/2021 Página: 7 de 10				
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS						
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANÁLISIS TÉCNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLÁSTICOS Y CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES					
CLIENTE:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR					
DATOS DE LA MUESTRA						
Cantera:		Ubicación: Huancayo				
Material:	Diseño de MAC					
Diseño (Asfalto 7%)						
ENSAYO GRANULOMÉTRICO		LAVADO ASFÁLTICO				
TAMIZ ASTM	3/4" 1/2" 3/8" N° 4 N° 10 N° 40 N° 80 N° 200 <N°200	Peso Mat. S/Lavar gr.				
ABERTURA EN mm	19.050 12.700 9.525 4.750 2.000 0.425 0.19 0.074	Peso Mat. Lavado gr.				
PESO RETENIDO	gr 3400.0 5750.0 9070.0 184.0 368.7 129.5 40.4 75.0	Peso Mat. Lav +Filtro gr.				
RETENIDO PARCIAL	% 6.8 11.5 18.1 14.7 29.4 7.9 2.5 4.6	Peso de Asfalto gr.				
RETENIDO ACUMULADO	% 6.8 18.3 36.4 51.1 80.5 88.4 90.9 95.5	Peso inicial de Filtro gr.				
PASA	% 100.0 93.2 81.7 63.6 48.9 19.5 11.6 9.1	Peso final de Filtro gr.				
ESPECIFICACIÓN	% 100 90 - 100 70 - 88 51 - 68 38 - 52 17 - 28 8 - 17 4 - 8	Peso de Filler gr.				
ASFALTO LÍQUIDO		FRACCIÓN % 787.8				
TRAMO ASFALTADO	Metros Lineales:	FRACCIÓN TOTAL gr 50000.0				
REPRESENTACIÓN GRÁFICA						
						
ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 CEMENTO ASFÁLTICO	%	7.0	7.0	7.0	7.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	33.89	33.89	33.89	33.89	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	59.11	59.11	59.11	59.11	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323	1.0323	
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703	2.703	
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.669	2.669	2.669	2.669	
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	1.000	1.000	1.000	1.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1210.5	1214.8	1215.8		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1211.2	1215.2	1216.3		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	699.0	699.4	699.1		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	516.2	515.8	517.2		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	516.2	515.8	517.2		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.345	2.355	2.351	2.350	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.408	2.408	2.408		
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	2.6	2.2	2.3	2.4	3% - 5%
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26)+(37)+(4/8))	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	18.7	18.3	18.5	18.5	Min. 15
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	86.1	88.1	87.3	87.1	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*(17)-(1/5))	gr/c.c.	2.676	2.676	2.676		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-19))/(22*19)	%					
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	7.07	7.07	7.07		
25 FLUJO	mm	4.8	5.0	4.6	4.8	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1094.5	1091.5	1087.0		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1085	1082	1087	1081	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2280	2183	2363	2275	1700 - 4000
OBSERVACIONES:						
REALIZADO POR:						
Bachiller Ingeniería Civil						
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar						
Firma:						
						
						
						
ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO						

	REGISTRO DE CONTROL		ARS.SGC.PL.0001-F8																																																																																																																																																																																																																			
	CONTROL DE CALIDAD				Revisión: 0																																																																																																																																																																																																																	
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E204)				Fecha: 12/01/2021 Página: 8 de 10																																																																																																																																																																																																																	
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS																																																																																																																																																																																																																						
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES CLIENTE: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR																																																																																																																																																																																																																						
DATOS DE LA MUESTRA																																																																																																																																																																																																																						
Cantera: - Material: Diseño de MAC		Ubicación: Huancayo																																																																																																																																																																																																																				
<i>Diseño (Asfalto 6.1%)</i>																																																																																																																																																																																																																						
ENSAYO GRANULOMÉTRICO																																																																																																																																																																																																																						
TAMIZ ASTM ABERTURA EN mm PESO RETENIDO RETENIDO PARCIAL RETENIDO ACUMULADO PASA ESPECIFICACIÓN ASFALTO LÍQUIDO TRAMO ASFALTADO		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>3/4"</th> <th>1/2"</th> <th>3/8"</th> <th>Nº 4</th> <th>Nº 10</th> <th>Nº 40</th> <th>Nº 80</th> <th>Nº 200</th> <th><Nº200</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ABERTURA EN mm</td> <td>19.050</td> <td>12.700</td> <td>9.525</td> <td>4.750</td> <td>2.000</td> <td>0.425</td> <td>0.18</td> <td>0.074</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO RETENIDO</td> <td>3400.0</td> <td>5750.0</td> <td>9070.0</td> <td>184.0</td> <td>368.7</td> <td>129.5</td> <td>40.4</td> <td>75.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>RETENIDO PARCIAL</td> <td>6.8</td> <td>11.5</td> <td>18.1</td> <td>14.7</td> <td>29.4</td> <td>7.9</td> <td>2.5</td> <td>4.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>RETENIDO ACUMULADO</td> <td>6.8</td> <td>18.3</td> <td>36.4</td> <td>51.1</td> <td>80.5</td> <td>88.4</td> <td>90.9</td> <td>95.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PASA</td> <td>100.0</td> <td>93.2</td> <td>81.7</td> <td>63.6</td> <td>48.9</td> <td>19.5</td> <td>11.6</td> <td>9.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESPECIFICACIÓN</td> <td>100</td> <td>80-100</td> <td>70-88</td> <td>51-68</td> <td>38-62</td> <td>17-28</td> <td>8-17</td> <td>4-8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200	ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		PESO RETENIDO	3400.0	5750.0	9070.0	184.0	368.7	129.5	40.4	75.0		RETENIDO PARCIAL	6.8	11.5	18.1	14.7	29.4	7.9	2.5	4.6		RETENIDO ACUMULADO	6.8	18.3	36.4	51.1	80.5	88.4	90.9	95.5		PASA	100.0	93.2	81.7	63.6	48.9	19.5	11.6	9.1		ESPECIFICACIÓN	100	80-100	70-88	51-68	38-62	17-28	8-17	4-8																																																																																																																																													
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200																																																																																																																																																																																																													
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074																																																																																																																																																																																																														
PESO RETENIDO	3400.0	5750.0	9070.0	184.0	368.7	129.5	40.4	75.0																																																																																																																																																																																																														
RETENIDO PARCIAL	6.8	11.5	18.1	14.7	29.4	7.9	2.5	4.6																																																																																																																																																																																																														
RETENIDO ACUMULADO	6.8	18.3	36.4	51.1	80.5	88.4	90.9	95.5																																																																																																																																																																																																														
PASA	100.0	93.2	81.7	63.6	48.9	19.5	11.6	9.1																																																																																																																																																																																																														
ESPECIFICACIÓN	100	80-100	70-88	51-68	38-62	17-28	8-17	4-8																																																																																																																																																																																																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Peso Mat. S/Lavar</th> <th>gr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Mat. Lavado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Mat. Lav +Filtro</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Asfalto</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso inicial de Filtro</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso final de Filtro</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Filler</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FRACCIÓN</td> <td>%</td> <td>797.8</td> </tr> <tr> <td>PESO TOTAL</td> <td>gr</td> <td>50000.0</td> </tr> </tbody> </table>				Peso Mat. S/Lavar	gr	Peso Mat. Lavado			Peso Mat. Lav +Filtro			Peso de Asfalto			Peso inicial de Filtro			Peso final de Filtro			Peso de Filler			FRACCIÓN	%	797.8	PESO TOTAL	gr	50000.0																																																																																																																																																																																							
	Peso Mat. S/Lavar	gr																																																																																																																																																																																																																				
Peso Mat. Lavado																																																																																																																																																																																																																						
Peso Mat. Lav +Filtro																																																																																																																																																																																																																						
Peso de Asfalto																																																																																																																																																																																																																						
Peso inicial de Filtro																																																																																																																																																																																																																						
Peso final de Filtro																																																																																																																																																																																																																						
Peso de Filler																																																																																																																																																																																																																						
FRACCIÓN	%	797.8																																																																																																																																																																																																																				
PESO TOTAL	gr	50000.0																																																																																																																																																																																																																				
REPRESENTACIÓN GRÁFICA																																																																																																																																																																																																																						
																																																																																																																																																																																																																						
ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>BRQUETAS</th> <th>Nº</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>PROMEDIO</th> <th>ESPECIFIC.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 CEMENTO ASFÁLTICO</td> <td>%</td> <td>6.1</td> <td>6.1</td> <td>6.1</td> <td>6.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4</td> <td>%</td> <td>34.22</td> <td>34.22</td> <td>34.22</td> <td>34.22</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4</td> <td>%</td> <td>59.68</td> <td>59.68</td> <td>59.68</td> <td>59.68</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA</td> <td>%</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO</td> <td>gr/c.c.</td> <td>1.0323</td> <td>1.0323</td> <td>1.0323</td> <td>1.0323</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK</td> <td>gr/c.c.</td> <td>2.703</td> <td>2.703</td> <td>2.703</td> <td>2.703</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK</td> <td>gr/c.c.</td> <td>2.669</td> <td>2.669</td> <td>2.669</td> <td>2.669</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE</td> <td>gr/c.c.</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE</td> <td>gr</td> <td>1215.5</td> <td>1218.3</td> <td>1216.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)</td> <td>gr</td> <td>1216.8</td> <td>1219.9</td> <td>1217.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA</td> <td>gr</td> <td>700.4</td> <td>704.2</td> <td>700.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)</td> <td>c.c.</td> <td>516.4</td> <td>515.7</td> <td>517.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)</td> <td>c.c.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)</td> <td>c.c.</td> <td>516.4</td> <td>515.7</td> <td>517.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)</td> <td>gr/c.c.</td> <td>2.354</td> <td>2.362</td> <td>2.353</td> <td>2.356</td> <td></td> </tr> <tr> <td>17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041</td> <td>gr/c.c.</td> <td>2.438</td> <td>2.438</td> <td>2.438</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18 VACÍOS (17-16)*100/17</td> <td>%</td> <td>3.4</td> <td>3.1</td> <td>3.5</td> <td>3.3</td> <td>3% - 5%</td> </tr> <tr> <td>19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26)+(37)+(48))</td> <td>gr/c.c.</td> <td>2.681</td> <td>2.681</td> <td>2.681</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)</td> <td>%</td> <td>17.6</td> <td>17.3</td> <td>17.6</td> <td>17.5</td> <td>Mín. 15</td> </tr> <tr> <td>21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20</td> <td>%</td> <td>80.4</td> <td>82.0</td> <td>80.1</td> <td>80.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*(17)-(1/5))</td> <td>gr/c.c.</td> <td>2.675</td> <td>2.675</td> <td>2.675</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)</td> <td>%</td> <td>6.19</td> <td>6.19</td> <td>6.19</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25 FLUJO</td> <td>mm</td> <td>3.9</td> <td>3.5</td> <td>3.9</td> <td>3.8</td> <td>2 - 4</td> </tr> <tr> <td>26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR</td> <td>Kg</td> <td>1174.5</td> <td>1201.8</td> <td>1159.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>27 FACTOR DE ESTABILIDAD</td> <td>K</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>28 ESTABILIDAD CORREGIDA</td> <td>Kg</td> <td>1175</td> <td>1202</td> <td>1180</td> <td>1179</td> <td>Mín. 815</td> </tr> <tr> <td>29 ESTABILIDAD-FLUJO</td> <td>Kg/cm</td> <td>3012</td> <td>3434</td> <td>2973</td> <td>3139</td> <td>1700 - 4000</td> </tr> </tbody> </table>					BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.	1 CEMENTO ASFÁLTICO	%	6.1	6.1	6.1	6.1		2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	34.22	34.22	34.22	34.22		3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	59.68	59.68	59.68	59.68		4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00		5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323	1.0323		6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703	2.703		7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.669	2.669	2.669	2.669		8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	1.000	1.000	1.000	1.000		9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1215.5	1218.3	1216.8			10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1216.8	1219.9	1217.7			11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	700.4	704.2	700.5			12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	516.4	515.7	517.2			13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr						14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.						15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	516.4	515.7	517.2			16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.354	2.362	2.353	2.356		17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.438	2.438	2.438			18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	3.4	3.1	3.5	3.3	3% - 5%	19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26)+(37)+(48))	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681			20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.6	17.3	17.6	17.5	Mín. 15	21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20	%	80.4	82.0	80.1	80.8		22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*(17)-(1/5))	gr/c.c.	2.675	2.675	2.675			23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)	%						24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.19	6.19	6.19			25 FLUJO	mm	3.9	3.5	3.9	3.8	2 - 4	26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1174.5	1201.8	1159.5			27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00			28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1175	1202	1180	1179	Mín. 815	29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3012	3434	2973	3139	1700 - 4000
BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.																																																																																																																																																																																																																
1 CEMENTO ASFÁLTICO	%	6.1	6.1	6.1	6.1																																																																																																																																																																																																																	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	34.22	34.22	34.22	34.22																																																																																																																																																																																																																	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	59.68	59.68	59.68	59.68																																																																																																																																																																																																																	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																	
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	gr/c.c.	1.0323	1.0323	1.0323	1.0323																																																																																																																																																																																																																	
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2.703	2.703	2.703	2.703																																																																																																																																																																																																																	
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2.669	2.669	2.669	2.669																																																																																																																																																																																																																	
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	1.000	1.000	1.000	1.000																																																																																																																																																																																																																	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1215.5	1218.3	1216.8																																																																																																																																																																																																																		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1216.8	1219.9	1217.7																																																																																																																																																																																																																		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	700.4	704.2	700.5																																																																																																																																																																																																																		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	516.4	515.7	517.2																																																																																																																																																																																																																		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr																																																																																																																																																																																																																					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.																																																																																																																																																																																																																					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	516.4	515.7	517.2																																																																																																																																																																																																																		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.354	2.362	2.353	2.356																																																																																																																																																																																																																	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2.438	2.438	2.438																																																																																																																																																																																																																		
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	3.4	3.1	3.5	3.3	3% - 5%																																																																																																																																																																																																																
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26)+(37)+(48))	gr/c.c.	2.681	2.681	2.681																																																																																																																																																																																																																		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.6	17.3	17.6	17.5	Mín. 15																																																																																																																																																																																																																
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20	%	80.4	82.0	80.1	80.8																																																																																																																																																																																																																	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*(17)-(1/5))	gr/c.c.	2.675	2.675	2.675																																																																																																																																																																																																																		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)	%																																																																																																																																																																																																																					
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.19	6.19	6.19																																																																																																																																																																																																																		
25 FLUJO	mm	3.9	3.5	3.9	3.8	2 - 4																																																																																																																																																																																																																
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1174.5	1201.8	1159.5																																																																																																																																																																																																																		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00																																																																																																																																																																																																																		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1175	1202	1180	1179	Mín. 815																																																																																																																																																																																																																
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3012	3434	2973	3139	1700 - 4000																																																																																																																																																																																																																
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																						
REALIZADO POR: Bachiller Ingeniería Civil Nombre: Anderson I. Ramos Salazar Firma:   ANDERSON INGENIER RAMOS SALAZAR LABORATORIO																																																																																																																																																																																																																						
																																																																																																																																																																																																																						

	REGISTRO DE CONTROL					ARS.SGC.PL.0001-F9				
	CONTROL DE CALIDAD					Revisión: 0				
	ESTABILIDAD RETENIDA E ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD EN MEZCLAS ASFÁLTICAS					Fecha: 12/01/2021				
					Página: 9 de 10					
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS										
NOMBRE DEL PROYECTO:		ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES								
#IREF!		ANDERSON I. RAMOS SALAZAR								
DATOS DE LA MUESTRA										
Cantera:		-				Ubicación:		Huancayo		
Material:		Diseño de MAC								
ESTABILIDAD RETENIDA										
BRIQUETA	Nº	1	2	3	PROMEDIO	1	2	3	PROMEDIO	
Golpes	Nº	75	75	75		75	75	75		
Cemento asfáltico	%	6.10	6.10	6.10		6.10	6.10	6.10		
Peso de la briketa al aire	gr	1215.5	1218.3	1216.8		1207.6	1210.2	1208.9		
Peso de la briketa	gr	1216.8	1219.9	1217.7		1208.2	1210.9	1209.3		
Peso de briketa	gr	700.4	704.2	700.5		665.5	661.3	657.5		
Volumen de la briketa	cc	516.4	515.7	517.2		542.7	549.6	551.8		
Peso de la parafina	gr	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
Volumen de la parafina	cc	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
Volumen de la briketa	cc	516.4	515.7	517.2		542.7	549.6	551.8		
Peso específico Bulk de la briketa	gr/cc	2.354	2.362	2.353		2.225	2.202	2.191		
Flujo	mm	3.90	3.50	3.90	3.8					
Estabilidad sin corregir	kg	1174.50	1201.80	1159.50		1055.3	1084.2	1018.2		
Factor de corrección		1.00	1.00	1.00		0.93	0.89	0.89		
Estabilidad corregida	kg	1175	1202	1160	1179	981	965	906	951	
ESTABILIDAD RETENIDA	%	80.7								
REALIZADO POR:										
Nombre: Alex Jesus Artezano Garcia										
Firma:										
										
										
 ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO										

	REGISTRO DE CONTROL								ARS.SGC.PL.0001-F1	
	CONTROL DE CALIDAD								Revisión: 0	
	DENSIDAD MAXIMA TEÓRICA RICE MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-210								Fecha: 12/01/2021	
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS										
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES CLIENTE: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR										
DATOS DE LA MUESTRA										
Cantera: -								Ubicación: Huancayo		
Material: Combinacion Fisica de Agregado Para Densidad Teorica Maxima										
DENSIDAD MAXIMA TEÓRICA RICE										
ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5	6	7		OPTIMO
Emulsion Asfáltica	%	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7		5.42
Peso del material	gr	1524.6	1531.8	1546.7	1552.6	1531.8	1547.4	1571.3		1529.1
Peso del agua + frasco Rice	gr	6750.0	6750.0	6750.0	6750.0	6750.0	6750.0	6750.0		6750.0
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8290.0	8290.0	8290.0	8290.0	8290.0	8290.0	8290.0		8290.0
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	7682.9	7678.1	7668.4	7661.1	7662.6	7652.4	7637.3		7662.8
Volumen del material	cc	607.1	611.9	621.6	628.9	627.4	637.6	652.7		627.2
Peso Específico Máximo	gr/cc	2.511	2.503	2.487	2.469	2.441	2.427	2.408		2.438
Temperatura de ensayo	°C	25	25	25	25	25	25	25		25
Grava triturada 3/4"	%	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0		37.0
Arena triturada 3/16"	%	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0		28.0
Arena natural	%	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0		35.0
Filler (Cal Hidratada)	%	-	-	-	-	-	-	-		-
Tiempo de ensayo	Min.	15	15	15	15	15	15	15		15
Observaciones:										
										

	REGISTRO DE CONTROL	ARS.SGC.PL.0001-F1														
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 0														
	EFFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS ASTM D-4867 AASHTO T-283 LOTTMAN MODIFICADO	Fecha: 10/01/22 Página: 03 de 13														
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS																
NOMBRE DEL PROYECTO:	ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES	REGISTRO: LT-ARS-GC-01														
LUGAR:	PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	CÓDIGO: A.R.S														
ELABORADO:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR	ING. JEFE DE: -														
REVISOR:	-	CALIDAD: -														
		FECHA: 13 ENERO 22														
1.- MUESTRA		2.- PERSONAL														
CANTERA:	MAC	UBICACIÓN:	-													
USO:	MEZCLA ASFALTICA	FECHA:	13/01/2022													
TAM. MAX:	3/4"	HORA:	09:10													
		ING. ESPEC:	-													
		BACHILLER:	ANDERSON I. RAMOS SALAZAR													
3.- GRAFICO COMPACTACION VARIABLE																
<table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr><th>Nº golpes</th><th>% vacios</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>75</td><td>3.37</td></tr> <tr><td>50</td><td>4.62</td></tr> <tr><td>25</td><td>6.80</td></tr> <tr><td>10</td><td>8.31</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr><th>Nº golpes</th><th>% vacios</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>23</td><td>7.00</td></tr> </tbody> </table>			Nº golpes	% vacios	75	3.37	50	4.62	25	6.80	10	8.31	Nº golpes	% vacios	23	7.00
Nº golpes	% vacios															
75	3.37															
50	4.62															
25	6.80															
10	8.31															
Nº golpes	% vacios															
23	7.00															
																
4.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 40%;">REALIZADO POR:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bachiller Ingenieria Civil</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nombre: Anderson I. Ramos Salazar</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td style="text-align: center;">   </td> </tr> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  Rafael Juan Mosquera ING. CIVIL CIP N° 203224 </div>			REALIZADO POR:		Bachiller Ingenieria Civil		Nombre: Anderson I. Ramos Salazar		Firma:	 						
REALIZADO POR:																
Bachiller Ingenieria Civil																
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar																
Firma:	 															

	REGISTRO DE CONTROL				ARS.SGC.PL.0001-F1																																											
	CONTROL DE CALIDAD				Revisión: 0																																											
	COMBINACIÓN TEORICA DE AGREGADOS				Fecha: 10/01/22																																											
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS Página: 1 de 1																																																
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE DESECHOS PLASTICOS Y CAUCHO DE NEUMATICOS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMEDAD DE PRECIPITACIONES LUGAR: PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN CODIGO: A.R.S ELABORADO: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR ING. JEFE DE: - REVISOR: - CALIDAD: -				REGISTRO: CT-ARS-GC-01 FECHA: 08 ENERO 22																																												
1.- MUESTRA				2.- PERSONAL																																												
MUESTRA: COMB. AGREGADOS UBICACIÓN: -- USO: MEZCLA ASFALTICA FECHA: 12/01/2022 TAM. MAX.: 3/4" HORA: 09:10				ING. ESP.: - BACHILLER: ANDERSON I. RAMOS SALAZAR																																												
3.- ENSAYO DE CANTABRO																																																
Item	Nº Probetas		01	02	03	04	Promedio																																									
A		% Cemento Asfáltico: 6.10% Nº golpes por cara: 75																																														
B	Peso Probeta al Aire	gr	1215.6	1213.4	1214.3	1211.7																																										
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1218.4	1224.2	1214.8	1215.9																																										
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	708.7	707.3	696.0	698.6																																										
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	509.7	516.9	518.8	517.3																																										
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.385	2.348	2.341	2.342	2.354																																									
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.465	2.465	2.465	2.465																																										
H	% Vacios 100*((F-E)/F)	%	3.25	4.76	5.04	4.97	4.50																																									
I	Peso Inicial	gr	1215.6	1213.4	1214.3	1211.7																																										
J	Peso 100 vueltas	gr	1145.1	1135.1	1140.0	1126.9																																										
K	Peso 200 vueltas	gr	1122.5	1116.8	1114.4	1108.0																																										
L	Peso 300 vueltas	gr	1087.5	1077.5	1095.9	1037.8																																										
M	100 vueltas	%	5.8	6.5	6.1	7.0	6.3																																									
N	200 vueltas	%	7.7	8.0	8.2	8.6	8.1																																									
O	300 vueltas	%	10.5	11.2	9.8	14.4	11.5																																									
Desgaste por metodo de cantabro		%	11.5%																																													
4.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																																																
5.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																																																
<table border="1"> <tr> <td colspan="7">REALIZADO POR:</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Bachiller Ingenieria Civil</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Nombre: Anderson I. Ramos Salazar</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Firma:</td> </tr> <tr> <td colspan="7">   </td> </tr> <tr> <td colspan="7">ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO</td> </tr> </table>							REALIZADO POR:							Bachiller Ingenieria Civil							Nombre: Anderson I. Ramos Salazar							Firma:							 							ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO						
REALIZADO POR:																																																
Bachiller Ingenieria Civil																																																
Nombre: Anderson I. Ramos Salazar																																																
Firma:																																																
 																																																
ANDERSON I. RAMOS SALAZAR LABORATORIO																																																
																																																

Anexo 6: Certificado de equipos de calibración



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA - LT - 039 - 2022

Página 1 de 5

1. Expediente	0040-2022	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	VERITAS CONSULTING PERU E.I.R.L.	
3. Dirección	JR. ALFONSO UGARTE 259 - CAÑETE - LIMA - LIMA	
4. Equipo	BAÑO MARÍA	
Alcance Máximo	99.9 °C	
Marca	GREETMED	
Modelo	DK-8A	
Número de Serie	80910052	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	

Descripción	Instrumento de medición	Controlador / Selector
Alcance	20 °C a 99.9 °C	22 °C a 99.9 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	TERMÓMETRO DIGITAL	CONTROLADOR DIGITAL

5. Fecha de Calibración	2022-03-04	
--------------------------------	------------	--

<p style="margin: 0; font-size: small;">Fecha de Emisión</p> <p style="margin: 0;">2022-03-04</p>	<p style="margin: 0; font-size: small;">Jefe del Laboratorio de Metrología</p>  <p style="margin: 0; font-size: small;">MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES</p>	<p style="margin: 0; font-size: small;">Sello</p>  
---	---	--

☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 622 - 913 028 623

☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 039- 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Temperatura de CALIBRATEC S.A.C.
Avenida Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.4 °C	21.4 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0363
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	T-1774-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 039 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

PARA LA TEMPERATURA DE 60 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	60	59.8	60.4	59.9	59.8	59.7	59.9	59.7	59.9	59.9	59.9	59.9	0.7
02	60	60.0	60.5	60.1	59.9	59.8	60.1	59.9	60.1	60.0	59.9	60.0	0.7
04	60	59.9	60.5	60.0	59.8	59.9	60.0	59.8	60.0	60.0	60.0	60.0	0.7
06	60	60.0	60.6	60.0	59.9	60.0	60.1	60.0	60.0	59.9	60.1	60.1	0.7
08	60	59.7	60.2	59.7	59.6	59.5	59.9	59.6	59.7	59.7	59.6	59.7	0.7
10	60	59.9	60.5	59.9	59.8	59.7	59.9	59.9	59.9	59.8	59.7	59.9	0.8
12	60	59.5	60.2	59.6	59.4	59.6	59.7	59.6	59.7	59.6	59.7	59.7	0.8
14	60	59.7	60.3	59.6	59.6	59.7	59.9	59.7	59.6	59.7	59.8	59.8	0.7
16	60	60.0	60.6	60.1	59.9	59.8	60.2	59.9	60.1	60.1	59.9	60.1	0.8
18	60	59.8	60.5	60.0	59.7	59.8	60.1	59.8	60.0	59.8	59.8	59.9	0.8
20	60	59.9	60.5	59.9	59.8	59.9	60.0	59.8	59.8	59.8	60.0	59.9	0.7
22	60	59.9	60.4	59.8	59.8	59.8	59.9	59.8	59.8	59.9	59.9	59.9	0.6
24	60	59.7	60.3	59.6	59.6	59.6	59.9	59.6	59.6	59.7	59.7	59.7	0.7
26	60	59.7	59.1	59.7	59.5	59.6	60.0	59.5	59.6	59.6	59.8	59.6	0.9
28	60	59.9	60.5	60.0	59.8	59.8	60.2	59.9	60.0	59.9	60.0	60.0	0.7
30	60	59.9	60.4	59.9	59.7	59.7	59.9	59.8	59.9	59.7	59.8	59.9	0.7
32	60	60.0	60.6	60.1	59.9	59.8	60.0	60.0	60.1	60.0	60.0	60.1	0.8
34	60	59.8	60.4	59.9	59.7	59.7	59.9	59.8	59.9	59.8	59.7	59.9	0.7
36	60	59.9	60.5	59.8	59.8	59.7	60.0	59.9	59.8	59.8	59.8	59.9	0.8
38	60	59.6	60.3	59.5	59.5	59.5	59.9	59.6	59.6	59.6	59.6	59.7	0.8
40	60	59.6	59.1	59.6	59.5	59.6	59.7	59.6	59.7	59.7	59.7	59.6	0.6
42	60	59.7	60.3	59.9	59.6	59.7	59.9	59.7	59.9	59.7	59.8	59.8	0.7
44	60	60.1	60.6	60.1	60.0	60.0	60.2	60.0	60.0	60.1	60.0	60.1	0.6
46	60	59.9	60.5	60.0	59.8	59.8	60.0	60.0	60.0	59.9	59.9	60.0	0.7
48	60	59.9	60.5	59.9	59.7	59.8	60.0	59.9	59.9	59.8	59.8	59.9	0.8
50	60	59.8	60.4	59.8	59.8	59.7	59.9	59.8	59.8	59.9	59.8	59.9	0.7
52	60	59.7	60.4	59.6	59.6	59.5	60.0	59.8	59.8	59.7	59.6	59.8	0.9
54	60	60.0	60.6	59.9	59.9	59.8	60.2	60.0	59.9	60.0	59.9	60.0	0.8
56	60	60.0	60.5	60.1	59.9	59.9	60.0	60.0	60.1	60.0	60.0	60.1	0.6
58	60	59.9	60.4	59.9	59.7	59.8	60.0	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	0.7
60	60	59.7	60.3	59.9	59.7	59.5	59.8	59.7	59.8	59.7	59.6	59.8	0.8
T.PROM	60.0	59.8	60.4	59.9	59.7	59.7	60.0	59.8	59.9	59.8	59.8	59.9	
T.MAX	60.0	60.1	60.6	60.1	60.0	60.0	60.2	60.0	60.1	60.1	60.1		
T.MIN	60.0	59.5	59.1	59.5	59.4	59.5	59.7	59.5	59.6	59.6	59.6		
DTT	0.0	0.6	1.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 039- 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

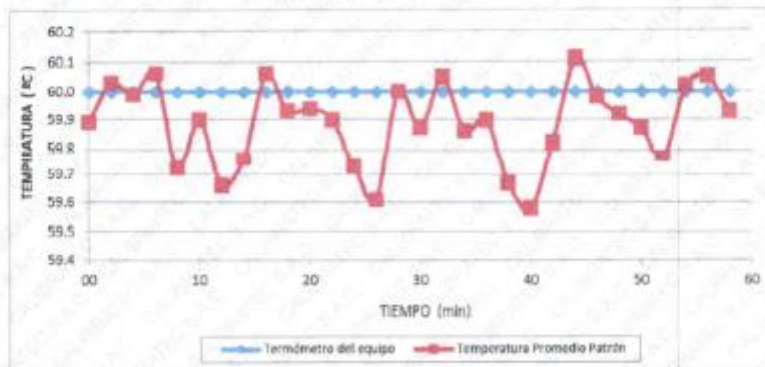
Página 4 de 5

Temperatura ambiental promedio 21.5 °C
Tiempo de calibración del equipo 1 hora
El controlador de temperatura se posicionó en 60°C

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	60.6	0.3
Mínima Temperatura Medida	59.1	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.5	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	0.6	0.1
Estabilidad Medida (±)	0.75	0.04
Uniformidad Medida	0.9	0.1

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: 60 °C



Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

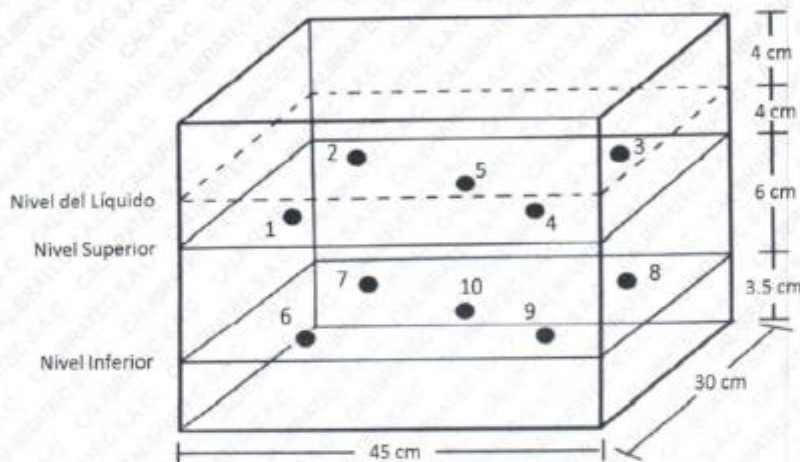
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 039- 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 3 cm de las paredes laterales y a 2 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerado igual a $\pm 1/2$ DTT.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variación a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0180 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	0015-2021	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	VERITAS CONSULTING PERU E.I.R.L.	
3. Dirección	JR. ALFONSO UGARTE 259 – CAÑETE - LIMA	
4. Equipo	PRENSA DE ENSAYO CBR	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad	5000 kgf	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PT-CBR	
Número de Serie	1101	
Procedencia	PERU	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NLD-SS LCD	
Número de Serie	HS1503909	
Resolución	0.1 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-12-09	

Fecha de Emisión

2021-12-10

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALTAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0180 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de CALIBRATEC S.A.C.
AVENIDA CHILLON LOTE 50 B - COMAS - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.8 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	56 % HR	56 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE-038-21 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0180 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	F_4 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500	500.6	499.3	499.3	499.7
20	1000	1002.0	1000.2	1000.6	1000.8
30	1500	1501.6	1499.9	1500.7	1500.6
40	2000	2003.1	2001.9	2004.8	2003.3
50	2500	2501.4	2499.5	2500.4	2500.5
60	3000	3001.9	2999.4	3000.4	3000.4
70	3500	3502.1	3499.7	3501.7	3500.8
80	4000	4002.3	4000.0	4001.0	4000.8
90	4500	4502.8	4500.2	4501.2	4501.1
100	5000	5003.7	5000.4	5001.4	5001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa σ (%)	
500	0.07	0.26	-0.02	0.02	0.36
1000	-0.08	0.18	-0.03	0.01	0.35
1500	-0.04	0.11	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.17	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.02	0.08	-0.04	0.00	0.34
3000	-0.01	0.08	-0.01	0.00	0.34
3500	-0.02	0.07	0.01	0.00	0.34
4000	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
4500	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
5000	-0.03	0.07	0.02	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 0134 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	0015-2021
2. Solicitante	VERITAS CONSULTING PERU E.I.R.L.
3. Dirección	JR. ALFONSO UGARTE 259 – CAÑETE - LIMA
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	300 °C
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-H136
Número de Serie	0101
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMOMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2021-12-10

Fecha de Emisión

2021-12-10

Jefe del Laboratorio de Metrología


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 0134 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de temperatura de CALIBRATEC S.A.C.
Avenida Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.5 °C	20.7 °C
Humedad Relativa	55 %	55 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0008
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGRÓMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	T-1774-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 0134 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 20,4 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	107.1	106.9	105.8	109.0	105.8	107.0	112.3	113.9	107.1	111.5	108.6	8.1
02	110.0	107.1	107.5	105.8	108.6	105.8	107.1	111.9	114.2	107.1	111.3	108.6	8.4
04	110.0	106.9	107.4	105.8	108.6	105.8	107.2	112.4	114.0	106.9	111.6	108.7	8.2
06	110.0	107.0	107.4	105.5	108.6	105.5	107.1	112.5	114.3	107.0	111.2	108.6	8.8
08	110.0	107.1	107.3	105.7	109.0	105.7	106.9	112.4	114.1	107.1	111.3	108.7	8.4
10	110.0	107.0	107.4	105.3	108.6	105.8	107.3	112.3	114.1	107.0	111.4	108.6	8.8
12	110.0	107.1	107.5	105.5	108.6	105.5	106.7	112.4	114.3	107.1	111.3	108.6	8.8
14	110.0	106.9	107.3	105.5	109.0	105.5	106.6	112.7	114.1	106.9	111.4	108.6	8.6
16	110.0	107.0	107.5	106.1	108.6	106.1	106.7	112.5	114.4	107.0	111.8	108.8	8.3
18	110.0	107.1	107.3	106.3	109.0	106.3	106.8	112.6	114.3	107.1	111.0	108.8	8.0
20	110.0	107.1	107.2	106.2	108.6	106.2	106.7	112.3	114.2	107.1	110.9	108.6	8.0
22	110.0	107.1	107.1	106.1	108.6	106.1	107.1	112.7	114.4	107.1	111.5	108.8	8.3
24	110.0	106.9	107.3	106.2	108.6	106.2	107.5	112.6	113.9	106.9	111.4	108.7	7.7
26	110.0	107.0	107.3	106.5	108.6	106.5	107.5	112.3	114.1	107.0	111.3	108.8	7.6
28	110.0	106.9	106.9	106.3	108.6	106.3	107.7	112.6	114.2	106.9	111.4	108.8	7.9
30	110.0	107.0	107.0	106.4	109.0	106.4	107.7	112.5	114.3	107.0	111.5	108.9	7.9
32	110.0	107.1	107.6	106.4	108.6	106.4	107.5	112.7	114.4	107.1	111.5	108.9	8.0
34	110.0	107.0	107.3	106.3	109.0	106.3	107.5	112.6	114.1	107.0	111.3	108.8	7.8
36	110.0	107.1	107.3	106.2	108.6	106.2	107.8	112.3	114.2	107.1	111.1	108.8	8.0
38	110.0	107.1	107.3	106.3	108.6	106.3	107.2	112.4	114.1	107.1	111.2	108.8	7.8
40	110.0	106.9	107.4	106.4	109.0	106.4	107.4	112.4	114.3	106.9	111.2	108.8	7.9
42	110.0	107.0	106.9	105.9	108.6	105.9	106.7	112.8	114.4	107.0	111.0	108.6	8.5
44	110.0	107.0	107.5	106.7	108.6	106.7	106.8	112.7	114.2	107.0	111.4	108.9	7.5
46	110.0	107.1	107.3	106.7	108.6	106.7	106.8	112.7	114.1	107.1	111.3	108.8	7.4
48	110.0	107.1	107.4	106.6	109.0	106.6	106.7	112.3	114.0	107.1	110.0	108.8	7.4
50	110.0	106.9	107.2	106.3	108.6	106.3	106.5	112.4	114.1	106.9	111.3	108.6	7.8
52	110.0	107.0	107.3	106.4	108.6	106.4	106.7	112.5	114.4	107.0	111.5	108.8	8.0
54	110.0	107.1	107.2	106.2	108.6	106.2	106.5	112.7	114.2	107.1	111.7	108.7	8.0
56	110.0	107.1	107.0	106.4	108.6	106.4	107.7	112.6	114.0	107.1	110.9	108.7	7.6
58	110.0	106.9	107.4	106.3	109.0	106.3	107.2	112.4	114.3	106.9	111.7	108.8	8.1
60	110.0	107.0	107.5	106.1	108.6	106.1	107.5	112.4	114.3	107.0	111.7	108.8	8.2
T.PROM	110.0	107.0	107.3	106.1	108.7	106.1	107.1	112.5	114.2	107.0	111.3	108.7	
T.MAX	110.0	107.1	107.6	106.7	109.0	106.7	107.8	112.8	114.4	107.1	111.8		
T.MIN	110.0	106.9	106.9	105.3	108.6	105.5	106.5	111.9	113.9	106.9	110.9		
DTT	0.0	0.2	0.7	1.4	0.4	1.2	1.3	0.9	0.5	0.2	0.9		



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 0134 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114.4	17.9
Mínima Temperatura Medida	105.3	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.4	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	8.1	10.6
Estabilidad Medida (\pm)	0.7	0.04
Uniformidad Medida	8.8	10.6

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0109 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	0040-2022	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	VERITAS CONSULTING PERU E.I.R.L	
3. Dirección	JR. ALFONSO UGARTE 259 - CAÑETE - LIMA - LIMA	Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	PISÓN MANUAL MARTILLO DE COMPACTACIÓN MARSHALL	
Marca	PERUTEST	
Número de Serie	006	
Tipo	18 pulgadas de caída	
Identificación	NO INDICA	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Verificación	2022-03-04	
6. Lugar de Verificación	Avenida Chillón Lote 50 B - Comas - Lima	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-03-04

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0109 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

7. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método de comparación con patrones trazables a los patrones de referencia del SNM/INDECOPI tomando como referencia la ASTM D 1557 "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort".

8. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	"PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE"	L-0757-2021
METROIL	WINCHA 3 METROS MARCA: STANLEY	L-0758-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.6 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

10. Resultados de Medición

CAÍDA (mm)	CARA DEL PISÓN (mm)	MASA (g)
457.2	98.5 mm	4536.00

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICACIÓN**.
- El rango admisible para la cara golpeante del martillo de compactación Marshall es de 98,4 mm \pm 0.1 mm.
- El rango admisible para la masa del martillo de compactación Marshall es de 4536 g \pm 9 g.
- El rango admisible para la caída del martillo de compactación Marshall es de 457,2 \pm 1.524 mm
- (*) Código de identificación asignado por el laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. para su identificación.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC