

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades
mecánicas de mezcla asfáltica en caliente**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Franklin Javier Mendoza Rojas

ASESOR

Fidel Ortiz Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

Chiclayo, 2025

Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente

PRESENTADA POR

Franklin Javier Mendoza Rojas

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Victor Manuel Tepe Atoche

PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñones

SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, fuente de toda inspiración y sabiduría divina, por guiar mis pasos en este camino de descubrimiento y conocimiento. A mis padres, cuyo amor y apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza, les dedico este trabajo como muestra de gratitud por su constante aliento. A mis familiares cercanos, por compartir conmigo cada victoria y desafío.

Agradecimientos

A mi asesor de investigación, quien con su orientación y sabiduría ha iluminado mi camino en este proyecto, le expreso mi más sincero agradecimiento por su invaluable guía y apoyo.

A los técnicos de laboratorio, cuya dedicación han sido fundamentales para llevar a cabo este estudio.

A mis amigas y amigos, por su constante ánimo y compañía durante este proceso, por ser mi fuente de inspiración y por compartir conmigo esta emocionante jornada del conocimiento.

Que este trabajo sea un testimonio de gratitud hacia aquellos que han contribuido con su esfuerzo y amistad en la realización de este proyecto.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	5%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	revistas.ucr.ac.cr Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
9	vsip.info Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	Submitted to Universidad Tecnológica del Peru Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	17
Abstract	18
Introducción.....	19
Revisión de literatura.....	23
Antecedentes:	23
Marco teórico:	27
Agregados:	27
Agregado fino:.....	27
Agregado grueso:	27
Polímero:.....	27
Plásticos:	28
Plástico policarbonato (PC):	28
Asfalto:.....	29
Mezcla asfáltica en caliente:	30
Ligante asfáltico	31
Propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente	31
Ensayos para el agregado:.....	31
Método de Marshall.....	34
Módulo de resiliencia ASTM D4123:	36
Resistencia a la humedad inducida AASHTO T283:	37
Ensayo de tracción indirecta ASTM 6931:	37
Ensayo de desgaste MTC E515:.....	37
Materiales y métodos	38
Tipo y nivel de investigación:	38
Población:.....	38
Muestras:	38
Criterio de selección:.....	39
Obtención de agregados:	39

Obtención del policarbonato:	40
Caracterización del policarbonato:	41
Operacionalización de variables:	41
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
Diagrama de flujo:	42
Procedimientos:	42
Granulometría del policarbonato:.....	43
Granulometría del agregado fino y grueso:	43
Ensayos para el agregado grueso:.....	44
Ensayo para el agregado fino:	49
Resultados y discusión	55
Granulometría del PC:	55
Granulometría del agregado grueso:	55
Granulometría del agregado fino:	56
Diseño de mezcla asfáltica:	59
Proporción de agregado para diseñar MAC:	62
Ensayo Marshall:	66
Módulo de resiliencia:.....	74
Resistencia a la humedad inducida:	75
Tracción Indirecta:	75
Comparación de mezcla convencional y adición:.....	76
Análisis económico de MAC:	76
Impacto ambiental de MAC:.....	78
Resistencia al desgaste:	95

Discusión:	98
Conclusiones	102
Recomendaciones	104
Referencias	106
Anexos	115
Anexo 1: Ficha técnica del policarbonato.	115
Anexo 2: Validación de ensayos de laboratorio:	118
Anexo 3: Ficha técnica de PEN 60/70.	120
Anexo 4: Ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos x.	121
Anexo 5: Granulometría del policarbonato.	124
Anexo 6: Granulometría del agregado fino y grueso.	125
Anexo 7: Ensayo abrasión de los ángeles.	127
Anexo 8: Ensayo Absorción del F y G.	129
Anexo 9: Ensayo sales solubles totales AF y AG.	130
Anexo 10: Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio AF y AG.	133
Anexo 11: Ensayo partículas chatas y alargadas	138
Anexo 12: Ensayo de caras fracturadas	139
Anexo 13: Ensayo equivalente de arena.	140
Anexo 14: Ensayo azul de metileno.	142
Anexo 15: Ensayo índice de plasticidad (malla n°40).	143
Anexo 16: Ensayo índice de plasticidad (malla n°200).	144
Anexo 17: Diseño de mezclas asfálticas	145

MAC convencional	145
MAC adicionada 1.5% de PC	154
MAC adicionada 2.5% de PC	162
MAC adicionada 3% de PC	170
Anexo 18: Ensayo módulo resiliencia	178
Anexo 19: Ensayo Lottman	180
Anexo 20: Ensayo tracción indirecta.....	184
Anexo 21: Ensayo desgaste	186
Anexo 22: Panel fotográfico.	192
Anexo 23: Matriz de consistencia:	228

Lista de Tablas

Tabla 1 Clase de mezclas ensayo de Marshall	35
Tabla 2 Muestra patrón y adicionada	38
Tabla 3 Muestras óptimas	38
Tabla 4 Resumen muestreo	39
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	41
Tabla 6 Gradación de MAC	57
Tabla 7 Composición química del PC por ensayo de fluorescencia de rayos x.....	57
Tabla 8 Resumen de los agregados	58
Tabla 9 Diseño convencional 4.5, 5, 5.5, 6% de PEN.....	60
Tabla 10 Diseño modificado 4.5, 5, 5.5, 6%PEN+1.5PC	60
Tabla 11 Diseño modificado 4.5, 5, 5.5, 6%PEN+2.5%PC	61
Tabla 12 Diseño modificado 4.5, 5, 5.5, 6%PC+3PC	61
Tabla 13 % de mezcla por agregado-MAC sin PC	62
Tabla 14 % de mezcla por agregado-MAC con 1.5%PC	63
Tabla 15 % de mezcla por agregado-MAC con 2.5%PC	64
Tabla 16 % de mezcla por agregado-MAC con 3%PC	64
Tabla 17 Proporción de PC	65
Tabla 18 Estabilidad de muestra patrón y adicionada	66
Tabla 19 Flujo de muestra patrón y adicionada	67
Tabla 20 Comparación de flujo de muestra patrón y modificada	67
Tabla 21 Relación de rigidez de muestra patrón y adicionada.....	67
Tabla 22 Rice de muestra patrón y adicionada.....	68
Tabla 23 Características adicionales de Marshall de muestra patrón.....	69
Tabla 24 Características Marshall al 1.5%PC	71
Tabla 25 Características Marshall al 2.5%PC	71
Tabla 26 Características Marshall al 3%PC	71

Tabla 27 Característica óptima convencional	73
Tabla 28 Características óptima 1.5%PC	74
Tabla 29 Característica óptima 2.5%PC.....	74
Tabla 30 Característica óptima 3%PC.....	74
Tabla 31 Módulo resiliente para cada tipo de muestra.....	74
Tabla 32 Lottman de muestra patrón húmeda y seca	75
Tabla 33 Lottman de muestra modificada húmeda y seca	75
Tabla 34 Comparación de MAC convencional y adicionada.....	76
Tabla 35 Costo de mezcla asfáltica convencional (m3).....	76
Tabla 36 Costo de mezcla asfáltica adicional (m3).....	77
Tabla 37 APU de MAC convencional (m2).....	77
Tabla 38 APU de MAC adicionada (m2).....	78
Tabla 39 Criterios para la medición de la calidad del aire	85
Tabla 40 Tabla importancia del impacto.....	86
Tabla 41 Identificación de PA.....	87
Tabla 42 Posibles causantes de IA	88
Tabla 43 Componentes ambientales.....	89
Tabla 44 Resistencia al desgaste de muestra convencional en estado seco	95
Tabla 45 Resistencia al desgaste de muestra adicionada en estado seco	95
Tabla 46 Resistencia al desgaste de muestra convencional en estado húmedo.....	96
Tabla 47 Resistencia al desgaste de muestra adicionada en estado húmedo.....	96
Tabla 48 % de pérdidas al desgaste de MAC patrón y adicionada	96

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Resistencia a temperaturas de plásticos	29
Ilustración 2 Propiedades de MAC	30
Ilustración 3 Máquina de Marshall.....	34
Ilustración 4 Visita a la cantera las tres tomas-Pátapo	40
Ilustración 5 Proceso de corte manual del PC	40
Ilustración 6 Plancha de PC de 3.05x0.81 m.....	40
Ilustración 7 Diagrama de flujo.....	42
Ilustración 8 Proceso para determinar la granulometría del PC.....	43
Ilustración 9 Proceso para determinar granulometría del AF y AG.....	44
Ilustración 10 Proceso para determinar la resistencia del agregado al desgaste	45
Ilustración 11 Proceso para determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas	45
Ilustración 12 Proceso para determinar la absorción del AG.....	46
Ilustración 13 Proceso para determinar sales solubles	47
Ilustración 14 Proceso para determinar la resistencia del AG al $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	47
Ilustración 15 Tamizado para determinar el porcentaje de partículas fracturadas	48
Ilustración 16 Clasificación de AG de acuerdo con las caras fracturadas y su granulometría. 48	
Ilustración 17 Bolsa de 25 Kg de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	49
Ilustración 18 Proceso para determinar el desgaste del AF al ser sometido a $MgSO_4 \cdot 7H_2O$..	49
Ilustración 19 Proceso para determinar el equivalente de arena del AF	50
Ilustración 20 Proceso para determinar el porcentaje de partículas nocivas del AF por medio de azul de metileno.....	51
Ilustración 21 Proceso para determinar el índice de plasticidad por la malla #40	52
Ilustración 22 Proceso para determinar el índice de plasticidad por la malla #200	53
Ilustración 23 Proceso para determinar el porcentaje de sales solubles del AF.....	53
Ilustración 24 Proceso para determinar el porcentaje de absorción del AF.....	54
Ilustración 25 Curva por pérdida de masa.....	57

Ilustración 26 Ubicación	84
Ilustración 27 Área de influencia	84
Ilustración 28 Tamizado del PC	192
Ilustración 29 Peso después de tamizado del PC	192
Ilustración 30 Cuarteo y tamizado del AF y AG.....	193
Ilustración 31 Determinación de los pesos después del tamizado.....	193
Ilustración 32 Cuarteo y pesos del agregado.....	194
Ilustración 33 Selección de la cantidad de esferas a utilizar	194
Ilustración 34 Extracción del agregado de la máquina de los ángeles para luego ser tamizado	195
Ilustración 35 Lavado y secado del agregado, para luego ser pesado.....	195
Ilustración 36 Tamizado del AG por la malla 1/2, 3/8 y 1/4.....	196
Ilustración 37 Proceso para determinar partículas chatas y alargadas con relación 1:3.....	196
Ilustración 38 Determinación de pesos de los agregados seleccionados.....	196
Ilustración 39 Peso del agregado después de realizar la granulometría.....	197
Ilustración 40 Tamizado del agregado	197
Ilustración 41 Peso de la tara y muestra saturada.....	197
Ilustración 42 Peso del agregado sumergido en agua.....	197
Ilustración 43 Peso del agregado fino y fiola	198
Ilustración 44 Peso del agregado sumergido en agua y agitación para burbujas	198
Ilustración 45 Muestra en reposo durante 24 h y peso de tara	198
Ilustración 46 Extracción del agregado para luego ser sometido en el horno	198
Ilustración 47 Peso del agregado seco.....	198
Ilustración 48 AF sumergido en agua destilada	199
Ilustración 49 Peso de probetas graduadas.....	199
Ilustración 50 Muestra sometida en el horno durante 24 h	199
Ilustración 51 AG sumergido en agua destilada.....	199
Ilustración 52 Peso del AF y AG luego de estar sometido en el horno.....	199

Ilustración 53 Tamices para gradación.....	200
Ilustración 54 Tamizado del agregado	200
Ilustración 55 Peso del AG y AF	200
Ilustración 56 Peso de la mezcla para determinar su densidad	201
Ilustración 57 Mezclado del $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	201
Ilustración 58 Agregado sometidos al $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	201
Ilustración 59 Agregado sometido al $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ durante 17 h y ser sometida en el horno	201
Ilustración 60 Muestra al ser sometida 5 ciclos por $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ y luego ser llevada al horno	202
Ilustración 61 Lavado de la muestra.....	202
Ilustración 62 Agregado seco después de ser lavado	202
Ilustración 63 Tamizado del agregado y pesado del mismo	203
Ilustración 64 Tamizado y pesado del agregado de 1/2 y 3/8	204
Ilustración 65 Peso de AG 1 cara fracturada.....	204
Ilustración 66 Peso de AG 2 cara fracturada.....	204
Ilustración 67 Mezcla de agua destilada con solución stock.....	205
Ilustración 68 Llenado de las probetas con solución.....	205
Ilustración 69 Agitación manual de la probeta y posterior se deja en reposo	205
Ilustración 70 Se deja en reposo y luego se toman las medidas al ser sometida la pesa metálica	206
Ilustración 71 Peso de tara y agregado pasante por la malla #200.....	206
Ilustración 72 Azul de metileno y agua destilada	206
Ilustración 73 Muestra de agregado y medida de 250 ml de agua destilada	207
Ilustración 74 Mezcla de agregado fino con agua destilada.....	207
Ilustración 75 Mezcla de la solución.....	207
Ilustración 76 Jeringa para goteo de la solución	207
Ilustración 77 Papel filtro.....	207

Ilustración 78 Determinación por goteo cada 2 ml de azul de metileno	208
Ilustración 79 Muestra húmeda de material pasante por la malla #40y #200 de deja en reposo durante 24 h.....	209
Ilustración 80 Granulometría malla #40 y #200.....	209
Ilustración 81 Limite plástico con la copa de casa grande para AF de mala #40 y #200	209
Ilustración 82 Peso de taras #40	210
Ilustración 83 Peso muestra humeda Malla #40.....	210
Ilustración 84 Muestra seca malla #40.....	210
Ilustración 85 Peso de taras malla #200	211
Ilustración 86 Peso suelo húmedo malla #200	211
Ilustración 87 Peso de suelo seco malla #200	211
Ilustración 88 Calentado del agregado	212
Ilustración 89 Calentado de la MAC.....	212
Ilustración 90 Compactación de MAC.....	212
Ilustración 91 Mezclado del material	212
Ilustración 92 Desmolde de briqueta compactada.....	212
Ilustración 93 Briquetas a ser ensayadas por Marshall	213
Ilustración 94 Briquetas sumergido en baño maría para Marshall.....	213
Ilustración 95 Equipo Marshall.....	213
Ilustración 96 Briquetas luego se estar en baño maria	213
Ilustración 97 Muestra esparcida para ensayo rice.....	213
Ilustración 98 Peso del frasco para ensayo rice.....	214
Ilustración 99 Peso de muestra para ensayo rice.....	214
Ilustración 100 Ensayo rice	214
Ilustración 101 Equipo para rice	214
Ilustración 102 Briqueta convencional y adicionada sometida al frio	215
Ilustración 103 Briqueta sometida a 40°C.....	215
Ilustración 104 Briquetas luego de ser sometida a cargas.....	215

Ilustración 105 Ensayo de módulo de resiliencia.....	215
Ilustración 106 Briquetas para ensayo de Lottman	216
Ilustración 107 Briquetas sumergidas en agua para determinar los vacíos	216
Ilustración 108 Briqueta sometidas al frio para ensayo Lottman.....	217
Ilustración 109 Briquetas sometidas a 60°C para ensayo Lottman	217
Ilustración 110 Medida de briqueta para determinar el hinchamiento.....	217
Ilustración 111 Secado de briquetas luego de estar sumergida a 60°C	217
Ilustración 112 Ensayo de tracción para muestras húmedas convencionales	218
Ilustración 113 Ensayo de tracción para muestras húmedas con adición.....	219
Ilustración 114 Ensayo de tracción para muestras secas convencional.....	220
Ilustración 115 Ensayo de tracción para muestras secas con adición	221
Ilustración 116 Muestras convencional y adicionada para ensayo de tracción indirecta.....	222
Ilustración 117 Equipo de ensayo de tracción indirecta.....	222
Ilustración 118 Muestra convencional después de ser ensayada por tracción indirecta	223
Ilustración 119 Muestra adicionada después de ensayo de tracción indirecta	223
Ilustración 120 Muestra convencional y adicionada para ensayo al desgaste.....	224
Ilustración 121 Muestras después de ser sometidas al desgaste.....	224
Ilustración 122 Muestra sometida a la maquina abrasión para determinar el desgaste	224
Ilustración 123 Muestras convencional y adición después de ser sometidas al desgaste.....	225
Ilustración 124 Muestras para condición húmeda para ser sometida al desgaste	225
Ilustración 125 Muestra convencional y adición sometidas a 60°C.....	226
Ilustración 126 Muestra convencional luego de ser sometida a temperatura de 60°C.....	226
Ilustración 127 Muestra adiciona después de ser sometida a 60°C.....	227
Ilustración 128 Muestra convencional y adicionada en estado húmedo después de ser sometidos a desgaste	227

Lista de Gráficos

Gráfico 1 Curva granulométrica del PC	55
Gráfico 2 Granulometría del AG.....	55
Gráfico 3 Granulometría del AF	56
Gráfico 4 Granulometría global	56
Gráfico 5 Proporción de masas de MAC patrón	62
Gráfico 6 Proporción de masas de MAC modificada-1.5%PC	63
Gráfico 7 Proporción de masas de MAC modificada-2.5%PC	64
Gráfico 8 Proporción de masas de MAC modificada-3%PC.....	65
Gráfico 9 Comparación de estabilidad de muestra patrón y modificada	66
Gráfico 10 Comparación de relación de rigidez de muestra patrón y adicionada.....	68
Gráfico 11 Comparación de muestra patrón y adicionada rice	68
Gráfico 12 IDT para muestra patrón y adicionada	75
Gráfico 13 Desgaste de MAC	97

Resumen

En esta investigación se utilizó policarbonato a la mezcla asfáltica en caliente, el cual tuvo como objetivo general evaluar la influencia del policarbonato (PC) en las propiedades mecánicas de una MAC. Para lograrlo, se caracterizaron el PC y los agregados, se estimó la proporción adecuada de PC (150 °C) en la mezcla, y se evaluaron la estabilidad, el flujo, la resiliencia, la resistencia a la humedad y al desgaste, así como un análisis de costos e impacto ambiental. Los resultados indicaron que la mezcla modificada con 2.5% de PC mejoró con respecto a la mezcla convencional, en el cual la estabilidad (1115.26kg-1369.8kg), el flujo(13.73mm-13.98mm), y módulo de resiliencia, especialmente a bajas temperaturas, con incrementos del 40.66% a 5°C. La resistencia a la humedad mejoró en un 5.15%, la resistencia a la tracción aumentó un 12.83% en comparación con la mezcla convencional, el desgaste mejoro 0.116%. Sin embargo, el costo por metro cuadrado aumentó en un 29.70%, mientras que la evaluación de impacto ambiental se determinó que la emisión de gases como el factor más frágil, aunque la generación de empleo fue positiva. En conclusión, la adición de PC a la MAC mejora significativamente sus propiedades mecánicas y su resistencia al desgaste, aunque con un aumento moderado en los costos de producción y consideraciones ambientales relevantes.

Palabras clave: Policarbonato (PC), estabilidad, flujo, desgaste, resistencia a la humedad, módulo de resiliencia.

Abstract

The general objective of this research was to evaluate the influence of polycarbonate (PC) on the mechanical properties of a MAC. To achieve this, the PC and aggregates were characterized, the appropriate proportion of PC (150 °C) in the mix was estimated, and the stability, flow, resilience, moisture and wear resistance, as well as a cost and environmental impact analysis were evaluated. The results indicated that the modified mix with 2.5% PC improved with respect to the conventional mix, in which stability (1115.26kg-1369.8kg), flow (13.73mm-13.98mm), and resilience modulus, especially at low temperatures, with increases of 40.66% at 5°C. Moisture resistance improved by 5.15%, tensile strength increased by 12.83% compared to the conventional mix, wear improved by 0.116%. However, the cost per square meter increased by 29.70%, while the environmental impact assessment determined gas emission as the most fragile factor, although employment generation was positive. In conclusion, the addition of PC to MAC significantly improves its mechanical properties and wear resistance, albeit with a moderate increase in production costs and relevant environmental considerations.

Keywords: Polycarbonate (PC), stability, flow, wear, moisture resistance, resilience modulus.

Introducción

Los pavimentos flexibles, ampliamente utilizados a nivel mundial, están compuestos por una mezcla de agregados pétreos y cemento asfáltico. Es decir, son usados por su rendimiento y fácil proceso constructivo; del cual, para el año 2023 alcanzó 139.73 millones de tn de cemento asfáltico fabricado a nivel mundial, con un crecimiento anual de 3.5% hasta el 2032 [1]. Asimismo, este, al estar expuesto a la intemperie tiende a experimentar el cambio climático que se da a nivel mundial; tal es el caso del aumento de la temperatura en el que la OMM [2] señaló que en el 2023, a nivel mundial hubo aumento y quedo muy cerca de superar en 1,5 °C del acuerdo de Paris. Asimismo, el incremento de temperatura se evidencia año tras año, del cual se infiere que el cambio climático influye en el desempeño de la carpeta asfáltica, ya que está expuesta a la intemperie, y esto se da nivel mundial por el factor ya mencionado. Por ello, se prevé que los modificadores del asfalto alcancen un crecimiento de \$35 mil millones para fines del 2035 a nivel mundial [3].

El aumento de temperatura influye en el desempeño del cemento asfáltico, disminuyendo la capacidad a resistir cargas. De ello, [4] señala que, a altas temperaturas, el cemento asfáltico es menos rígido, lo cual supone que la capa asfáltica tiende a deteriorarse. Adicionalmente a ello, los factores como el calor, la luz y el oxígeno afectan el rendimiento y la durabilidad del cemento asfáltico en condiciones variables de temperatura, lo que ocasiona un envejecimiento prematuro ya que el asfalto absorbe calor [5, 6]. Asimismo, en una investigación de laboratorio, en cual el mortero de cemento asfáltico fue sometido a envejecimiento a través de la temperatura por rangos de tiempo, el cual vio afectado fuertemente la falla dinámica del mortero asfáltico [7].

Por otro lado, las condiciones climáticas, como aumento de la humedad o lluvias pueden acelerar el proceso de deterioro del asfalto; es decir, la unión que hay entre el cemento asfáltico y el agregado se degrada [8, 9]. Asimismo, sus propiedades mecánicas se verán afectadas al ser sometidas a cargas [10], añadiendo que, si son sometidas a bajas temperaturas provoca estrés térmico.

El problema que ocurre en nuestro país, a nivel de transporte, es el mal estado que se encuentran nuestros pavimentos, ya que presentan diversos deterioros. Ello se debe a distintas causas, como, por ejemplo, debido a fenómenos naturales como lluvias, la poca resistencia a la tracción del pavimento, entre otros; es decir, tiene relación con efectos como el agrietamiento, pérdida de capa asfáltica, entre otros. En cuanto a las deformaciones, sucede cuando la mezcla asfáltica no soporta carga pesada, ya que es muy blanda; ello también tiene que ver directamente la temperatura, ya que cuando el pavimento sobrepasa temperaturas de 40 °C, se vuelve

viscoelástico. De lo antes mencionado, se infiere que cuando hay cargas repetidas de tránsito la mezcla asfáltica tiende a sufrir deformación permanente. Asimismo, nuestro país la parte selva y costa, la temperatura del pavimento alcanza los 60 °C[11].

En cuanto a los eventos naturales, debido a presencia de lluvias se pudo constatar que, a nivel nacional los pavimentos asfálticos sufren deterioros; es decir, acorta su tiempo de vida. Asimismo, el tránsito pesado y el alto flujo de tránsito terminan destruyendo muchas veces el pavimento, ya que el aglomerante del concreto asfáltico, que es un derivado del petróleo al estar en contacto con el agua, reduce sus propiedades físicas y mecánicas destruyendo prematuramente la estructura [12]. Además, el deterioro de los pavimentos también ocasiona daños a los vehículos [13]. De esto podemos adicionar que esta problemática genera impactos severos en la infraestructura; asimismo, incrementa los costos de mantenimiento.

Según datos del MTC [14], la red vial nacional cuenta con una longitud de 173611.26 km, de los cuales se encuentra pavimentada 22671.50 km. Sin embargo, no todo se encuentra en buen estado, pues el deterioro de las pistas dificulta el libre tránsito, lo cual conlleva a que pueden sufrir posibles accidentes. Es de este modo que el INEI, en su boletín de “estadística de la criminalidad, seguridad ciudadana y violencia”, nos habla sobre los accidentes de tránsito según departamentos del Perú, siendo Lima metropolitana la que más accidentes presenta, con 286, mientras que nuestra región Lambayeque solo tiene 185; esto incluye factores como pista en mal estado, entre otros [15]. Por ejemplo, el corredor que une la región Moquegua y Tacna, la contraloría informó que hay deficiencias, así como también diversos tipos de deterioros y desgaste [16]. Este problema se detecta en varias regiones a nivel nacional, por el cual se deduce también, que el estado de las carreteras depende de la calidad de las mezclas, motivo este que conlleva a la búsqueda de incluir un material que permita mejorar el comportamiento durante el tiempo de vida para el que fue diseñado, así como su resistencia a fatiga y factores climáticos; asimismo, garantice y cumpla con los lineamientos de las normas del MTC.

Sin embargo, en cuanto a nuestra ciudad de Chiclayo, se evidencia desgastes de pavimentos flexible, y esto se incrementó debido a eventos climáticos como lluvia. Se ha evidenciado, además, que los agregados quedaron descubiertos y dificulta el libre tránsito.

Por otro lado, la producción de policarbonato ha ido en incremento, ya que se usa para la fabricación de componentes de autos, electrónica, construcción, ópticas, medicina, piezas de juguetes, medios de embalaje, entre otros. Asimismo, en un informe emitido por precedente research [17], la producción de PC en el año 2022 alcanzó USD 25.13 mil millones, y para el año 2032 alcanzaría USD 39.64 mil millones. Asimismo, este tipo de plásticos tiene una excelente resistencia en cuanto a impacto, así como también es resistente a fuego. Es por ello

por lo que esta investigación se enmarca a usar este tipo de plástico en mezcla asfáltica, para mejorar las propiedades mecánicas de pavimentos flexibles.

Debido a lo ya mencionado surge la pregunta: ¿De qué manera influye la incorporación del policarbonato en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente?; en ese sentido para dar solución a la problemática, se plantea la siguiente hipótesis: la influencia de la incorporación del policarbonato mejoraría las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

Además, esta investigación es realizada debido a que las mezclas asfálticas tienen a sufrir deformaciones permanentes, entre otros. Lo cual conlleva a que, por efectos de cargas repetitivas de tránsito sufran daños. Esto se debe cuando el diseño de mezcla asfáltica no cumple con la rigidez suficiente para resistir efectos de carga de tránsito [18]. Asimismo, por efecto climáticos las mezclas tienden a perder ligante asfáltico, lo cual conlleva que los agregados sean visibles.

Por otro lado, este plástico trabaja como ligante, ya que, en la actualidad, se usa lo que son asfaltos modificados para los cuales utilizan polímeros, pero en bajas proporciones con la finalidad de mejorar el desempeño de la carpeta asfáltica [19]. Asimismo, el policarbonato (PC) tiene propiedades mecánicas elevadas, pues posee alta resistencia al impacto, a la temperatura elevada y baja, a estar expuesto a la intemperie, entre otros [20]. Por consiguiente, este material es aplicable para la mezcla asfáltica.

Como parte económica y ambiental, al incorporar este material para esta investigación, la mezcla presentará mejores características que evitarían costos de reparación y mantenimiento; asimismo, evitaría gastar menos combustible que dañan el medio ambiente, entre otros. Además, esta investigación contribuye y beneficia a aportar a futuros investigadores que desean realizar estudios teniendo como base al tema de mezcla asfáltica, con adición de plástico de policarbonato. También beneficia a toda la población, ya que al mejorar la mezcla asfáltica permitirá que nuestras pistas estén en mejores condiciones, así como también permitirá al estado alargar su tiempo de mantenimiento.

Esta investigación tiene objetivo general: evaluar la influencia del policarbonato (PC) en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente (MAC). Asimismo, para llevar a cabo la investigación se tiene varios objetivos específicos. En primer lugar, se llevará a cabo la caracterización del policarbonato y los agregados que se utilizarán en la MAC. Además, se estimará la proporción adecuada de agregado de policarbonato para diseñar la MAC modificada con PC. Posteriormente, se evaluará la estabilidad y el flujo de la MAC, tanto en su versión convencional como en la adicionada con policarbonato. También evaluará la capacidad de la

MAC con policarbonato para recuperar su forma original después de sufrir deformaciones. Además, se examinará la resistencia de esta MAC al daño causado por la humedad. Para obtener resultados comparativos, se realizará una comparación entre la mezcla convencional y la adicionada con policarbonato. Asimismo, se llevará a cabo un análisis de los costos asociados a la fabricación de la MAC con adición de policarbonato, así como también se va a evaluar el impacto ambiental de la MAC con adición de policarbonato. Por último, se va a evaluar la resistencia al desgaste de mezcla asfáltica convencional y adicionada.

Finalmente, se espera obtener resultados acordes con las especificaciones y normativa vigente, el cual introduzcan mejoras al pavimento flexible.

Revisión de literatura

Antecedentes:

En un artículo publicada por la revista nasjournal [21], “Evaluación del rendimiento del policarbonato residual como modificador del betún”, este artículo tiene como finalidad mejorar sus propiedades de consistencia, para ellos dentro de los materiales utilizados fueron: el betún (de grado de penetración 80/100) y policarbonato (procedente de discos compactos de desecho). Para lograr dicha investigación, empleo policarbonato obtenido de residuos de discos compactos. Estos residuos fueron triturados y tamizados a través de un tamiz No 50. Posteriormente a ello, se colocaron 500 g de betún en cinco recipientes etiquetados, para cada contenido de modificador (2, 4, 6, 8 y 10% en peso de betún), y se calentaron gradualmente a fuego lento hasta alcanzar una temperatura de $160\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Luego, añadió el contenido de modificador deseado al betún calentado y mezcló, hasta obtener una mezcla homogénea. Finalmente, se evaluó el desempeño del policarbonato, considerando su capacidad para mejorar la susceptibilidad a la temperatura y la resistencia a la formación de rodaduras del betún al 10% de PC.

De la misma forma en un artículo publicado por la revista Polymers el cual es titulada, “Propiedades reológicas, de envejecimiento y microestructurales del betún modificado con policarbonato y politetrafluoroetileno” [22], el cual su problemática esta basa en la deformación permanente que sufren los pavimentos debido a altas temperaturas y agrietamiento por fatiga de cargas. Es por ello, por lo que dentro de sus objetivos principales fue examinar como el policarbonato (PC) y politetrafluoroetileno (PTFE) afectan las propiedades tanto físicas, reológicas, químicas como microestructurales del betún grado 70. Para determinar lo antes mencionado, se realizaron métodos de pruebas convencionales (PMB), métodos de envejecimiento a corto plazo (STA), así como también el de envejecimiento a largo plazo (LTA), prueba de reómetro de cizallamiento dinámico, viscosidad rotacional, reómetro de haz de flexión; todo ello se usó con la finalidad de determinar las propiedades reológicas, así como también las físicas y mecánicas. De tal forma que obtuvo resultados que llevaron concluir que, al mezclar con polímeros de PC y PTFE, es mejor para usarlo en climas cálidos, ya que los aglutinantes se vuelven lo suficientemente rígido, lo que le permite resistir a surcos, fallas por fatiga y deformaciones permanentes. Es decir, que al adicionar estos polímeros a la mezcla las hace que estos sean menos envejecidos; asimismo, aumenta su resistencia del betún modificado a la temperatura y oxidación.

En otra investigación realizada por Cruz et al [23], en el cual evaluó el rendimiento de la mezcla asfáltica modificada con residuos de blíster de PVC, con el objetivo de optimizar el rendimiento de la mezcla y aumentar su vida útil, reduciendo al mismo tiempo los residuos plásticos. Se utilizó el asfalto AC-30 con un PG de 64-22. Los residuos de blíster se incorporaron por vía seca en porcentajes variables (0,5%, 1,0% y 1,5%) para alcanzar el contenido en huecos deseado según la metodología Superpave, siendo el 1% el que mejor respuesta obtuvo. Además, se realizaron varias pruebas para evaluar el comportamiento de la mezcla asfáltica modificada con residuos de blíster de PVC. Del cual, en la prueba de fatiga sometida a 400 y 600 micro deformación, la muestra modificada resiste mejor a la fatiga en comparación con de control para tipo de tránsito pesado; asimismo, las prueba a de módulo dinámico sometida a 21.1 °C, a una frecuencia muy baja de 1,00E-10, la mezcla modificada es 51 % menos rígida que la de control. En cambio, a una frecuencia muy alta de 1,00E10, la mezcla modificada es 40 % más rígida que la mezcla de control; mientras que para el ahuellamiento la modificada pasó la prueba muy por el contrario la prueba de control. Finalmente, para la humedad inducida tuvo una resistencia retenida de 88.6% y el control 84.6%.

En el artículo [24], “Adición en seco de residuos de polietileno reciclado en mezclas asfálticas: un estudio de laboratorio”, se utilizó residuo plástico reciclado de polietileno (PE) en mezcla asfáltica; para ello hizo adiciones de 0%, 0.25%, 1.5% en peso de mezcla. Además, esta investigación considero términos de trabajabilidad, características viscoelásticas lineales, rigidez, resistencia a la deformación permanente y sensibilidad a la humedad. De acuerdo con sus hallazgos experimentales muestran que las mezclas garantizan casi la misma trabajabilidad y resistencia a la humedad. De igual forma, encontró mayor rendimiento en cuando a su rigidez y resistencia a la deformación, del cual determina que hay mejores respuestas para mayor dosis de PE (>1.5%).

En otra investigación titulada [25], “Aprovechamiento de residuos plásticos en mezclas bituminosas para pavimento flexible”, utiliza residuos de botella PET con la finalidad de mejorar la capa de asfalto. El porcentaje de plástico usado es de 5%, 7.5%, 10% y 15%, el cual sustituirá el betún. Para el ensayo, el agregado revestido con plástico en las proporciones antes mencionadas se mezcló con betún caliente en un rango de temperatura entre 150 °C-165°C. Como resultado de la evaluación, se muestra que la prueba de estabilidad de Marshall mostró valores máximos hasta 10%; mientras que, para valores superiores a lo mencionado, estos empiezan a disminuir. Sin embargo, recomendó que se tiene que respaldar con más investigaciones y con base a rendimiento de campo. Así mismo, añade que el análisis de costos

del proyecto se observa que el porcentaje de reducción de costos para una combinación de materiales es del 5,18 %.

En la tesis realizada por López O. y Mantilla J [26], emplearon polipropileno y policarbonato, en el cual una de sus finalidades era analizar el comportamiento mecánico, por el cual utilizó combinación de porcentajes de polímeros. Dicha combinación tenía una relación incremento de 0.5% en 0.5%, de tal forma que empezó con 4% hasta llegar al 7% de adición del porcentaje de mezcla. Por otro lado, también trabajo con un solo porcentaje de mezcla de cemento asfáltico. Asimismo, para el compactado por método de Marshall lo realizo para tránsito pesado, obteniendo así para sus 7 adiciones mejor comportamiento mecánico muy elevado lo cual conlleva a que no cumpla con la norma especificada.

Por otro lado, en la tesis publicada por Delgadillo M [27], centra su investigación en la mejora tanto en lo que respecta a propiedades física, así como mecánicas de la MAC mediante la adición de policarbonato reciclado procedente de discos CDs. Para realizar las pruebas, primero se determinó el contenido óptimo de PEN 60/70 mediante la prueba tipo Marshall (75 golpes). A continuación, se diseñó una mezcla sustitutiva del asfalto en porcentajes del 5%, 10% y 15%, que se convirtió en partículas finas en la máquina de abrasión. Después de ellos, los resultados obtenidos mostraron un aumento de la estabilidad y del flujo según la prueba: una estabilidad de 1292,82 kg y un flujo de 3,31 mm. En comparación, la muestra estándar tuvo una estabilidad de 862,36 kg y un flujo de 3,06 mm, lo que indica una mejora con la adición de policarbonato. En cuanto a la adherencia, se ha observado una caída porcentual de pérdida del 9,76,2% al 8,078% con la adición de policarbonato, lo que sugiere una mejora en dicha propiedad. Por último, el ensayo de inmersión en compresión arrojó una resistencia retenida del 78,66%, superando el mínimo exigido. Esto indica que la adición de policarbonato reduce el daño cuando se somete a humedad en mezclas asfálticas para pavimentos flexibles.

En el artículo publicado Peerapong et al. 2023 [28], surge como respuesta a la creciente necesidad de soluciones sostenibles y eficientes en la industria del pavimento, donde se explora la viabilidad y los beneficios del uso de plástico reciclado en la producción de concreto asfáltico. El objetivo principal es desarrollar un método de diseño de mezclas que permita una integración óptima del plástico reciclado en el proceso de mezcla en caliente. Utilizando como base el método de diseño de mezclas Marshall, se empleó un enfoque de mezcla en seco, incorporando directamente el plástico reciclado al agregado caliente y evaluando dos tipos de plástico reciclado: multicapa y mixto, para determinar su impacto en la resistencia y durabilidad. Además del plástico reciclado, se utilizó cemento asfáltico AC 60/70, considerando su temperatura de fusión como un factor crucial en la viabilidad del proceso.

Durante el diseño de mezcla, se varió el contenido de asfalto entre el 4% y el 6%, y se determinó experimentalmente el porcentaje óptimo de plástico, teniendo en cuenta las relaciones de porcentaje de vacíos, resultando en un 5.25% de plástico como sustituto mínimo de cemento asfáltico. Este enfoque no solo apunta a mejorar las propiedades mecánicas del pavimento, sino también a reducir la dependencia de materiales vírgenes y promover la reutilización de plásticos reciclados, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental de la industria del pavimento. Finalmente, dentro de los resultados experimentales para tránsito medio, detalla que encontró aumento en la estabilidad con una mejora de 16.26% respecto a la muestra convencional, dichos valores corresponden a 1210 y 1445 kg; mientras que, la fluencia como es tránsito liviano al añadir el plástico tuvo un aumento (14.8 y 16.1 mm), de tal forma que cumple con los parámetros normativos; asimismo, el módulo de resiliencia estuvo en rangos de 3192 MPa y 4768 Mpa, mientras que la resistencia al desgaste también se vio mejorada, con un 4.38% frente a 3.88%.

Finalmente, en la investigación realizada por Yeong e al. 2022 [29], se enfoca en las emisiones de gases tóxicos, especialmente compuestos orgánicos volátiles (VOC) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), que surgen durante la producción de asfalto modificado con plásticos reciclados. Se examinan dos métodos de incorporación de plásticos reciclados: la modificación del aglutinante y la sustitución de agregados, utilizando varios tipos de plásticos reciclados de origen post-industrial y post-consumo. Los resultados revelan una notable reducción de las emisiones de VOC y PAH al agregar plásticos reciclados, excepto en el caso del acrilonitrilo butadieno estireno (rABS) a 180°C. Además, se evalúa la capacidad de adsorción de estos plásticos para explicar la disminución de las emisiones. Se utilizó rPET y rABS por el método seco, con diferentes contenidos de plástico en la mezcla, mientras que el método húmedo incorporó rLDPE y cPE mediante modificación con betún, también con diversos contenidos de plástico. Se concluyó que la utilización de plásticos reciclados no solo mejora el rendimiento físico del asfalto, sino que también ofrece beneficios potenciales en términos de reducción de emisiones tóxicas.

Marco teórico:***Agregados:***

Son partículas que pueden estar trituradas o en estado natural; estas pueden ser grava, arena y finos [30]. Asimismo, estos agregados deben ser materiales granulares de origen ígneo, granítico, sintético y diorítico; teniendo en cuenta que tengan la resistencia adecuada y durabilidad ante exposición a la intemperie, para tener una mejor mezcla.

También son conocidos como “suelo procesado” y van a ser obtenidos de lechos de ríos o bien de canteras. A lo antes mencionado se le conoce como agregados naturales, mientras que los artificiales son obtenidos a través de un subproducto industrial. Asimismo, se tiene que tomar en cuenta que la naturaleza de la roca madre se le conoce como intemperismos; es decir, los agregados a expuesto al ambiente[31]. Lo antes mencionado tendrá efecto de tener mayor calidad cuando está en ambiente de humedad, caso contrario sucede cuando este rodeado de hielo.

Agregado fino:

Estos agregados pueden ser piedra triturada o arena normal, las cuales deben estar libres de impurezas como limos, polvo, meterías orgánicas. Esto se determina por la granulometría, ya que estos pasan por la malla 4.75 mm (N° 4) y quedaran retenidos por la malla 75 um (N° 200) [30].

Agregado grueso:

Es aquel agregado que en la malla de 4.75 mm queda retenido. Este agregado le añade resistencia a la mezcla. Dicho material puede ser de grava natural zarandeada o grava chancada, ya sea de lecho de rio o de cantera [32].

Polímero:

Es una macromolécula, es decir, es una cadena de unidades estructurales [33]. Estas son llamadas monómeros, los cuales se enlazan por medio químico, creando cadenas largas y lineales o estructuras tridimensionales, lo que da como resultado una macromolécula. Dentro de los polímeros se tienen a los orgánicos naturales o industriales, del cual este fue hecho por primera vez en 1906; sin embargo, la producción industrial inicio en 1920 (polímeros del carbón y del petróleo) [34].

Plásticos:

Los plásticos son aquellos residuos sólidos que tienen dentro de sus compuestos que forman al carbono; el cual es mezclado con otros elementos químicos como hidrógeno, nitrógeno y oxígeno; es decir, contienen material orgánico [35]. Así mismo este producto se encuentra en estado sólido (estado final); sin embargo, dentro de sus características que presenta es un material moldeable, ya sea sometido a altas temperaturas y a presión. De tal manera que se clasifica en dos tipos principales, que son termoplásticos y termoestables. Los termoplásticos son aquellos que no sufren cambios cuando son calentados; es decir, se pueden moldear las veces que se desea; mientras que los termoestables sufren cambios al ser calentados, y una vez transformados ya no se puede modificar su forma [36].

Cornis María [35], establece propiedades como la ligereza, elasticidad, bajo coeficiente de fricción, resistencia a la fatiga, corrosión, costos. Dentro de la ligereza el plástico tiene densidades bajas (800-2500 kg/m³) en comparación con otros materiales como espumas, aluminio entre otros. Asimismo, en cuanto a su elasticidad y resistencia a la fatiga, tenemos que resiste a esfuerzos sin fractura y retornan a su estado original. Sin embargo, en las propiedades restantes, tenemos que no se calientan mucho ante la fricción, y son muy buenos para soportar la corrosión, y muy fáciles de conseguir, lo cual lo hace económico.

Plástico policarbonato (PC):

Es un tipo de plástico altamente duradero formado a partir del bisfenol A y cloruro de fosgeno. Asimismo, es resistente a impactos, tiene múltiples aplicaciones; por ejemplo, son usados para hacer lentes, equipos médicos, material para construcción, equipos de protección, CDs, etc. Así mismo, Francisco cuña [37] nos menciona que el policarbonato es un material amorfo, formado por materias primas de bisfenol A y fosgeno; cuando estas materias reaccionan desprenden ácido clorhídrico, lo cual hace que se forme la macromolécula. De los antes mencionado, se puede decir que es un polímero de condensación.

Por otro lado, L.Bilurbina, F.Liesa[38] añade que hay policarbonatos reforzados con fibra de vidrio llegan a 80-130 MPA, mientras que los no reforzados llegan a 60 MPA. Así mismo, resiste temperaturas bajas hasta -150 °C, momento en el cual se pone frágil. Sin embargo, señala que en estado de humedad el PC solo absorbe 0.15% a 0.19% en peso de agua, motivo por el cual fabrican envases de policarbonato, ya que también no presenta olor ni sabor. En cuanto a la temperatura del policarbonato, se mantiene duro y rígido hasta 140 °C. Es decir, el PC resistentes a altas temperaturas; por ellos, se dice que es uno de los mejores termoplásticos [39].

De lo antes mencionado se desprenden lo que es la combustibilidad y duración de flama, lo cual para el primero se puede dividir en plástico fácil de incendiar y difícil de incendiar; para el segundo tenemos plástico que continúan ardiendo y plástico que se autoextinguen. Para lo antes mencionado se agrupo en una tabla:

Ilustración 1 Resistencia a temperaturas de plásticos

DIFÍCIL DE INCENDIAR	FÁCIL DE INCENDIAR	CONTINUA ARDIENDO	SE AUTOESTINGUE
Melamine	Acetal	Acetal	Cloruro de polivinilo flexible
PA	Etileno y acetato de vinilo	Acrilato	Cloruro de polivinilo rígido
PA 6/6	Acrilato	Acrilato-butadieno estireno	Melamine
Polycarbonato	Acrilato-butadieno estireno	Hule termoplastico olefinico	PA 6
Pelietileno Ultra alto peso m	Cloruro de polivinilo	Estireno butadieno	PA 6/6
Resina epoxi	Estireno acrilondrio	Polibutilen tereftalato	Polycarbonato
Resina fenólica	Estireno butadineo	Poliestireno cristal	Resina epoxi
Silicón	Hule termoplastico olefinico	Estireno acrilonitrillo	Resina fenólica
	Polibutileno tereftalato	Poliestireno	Silicón
	Poliestireno	Polietileno alta densidad	
	polietileno de alta densidad	Polietileno baja densidad	
	Polietileno de baja densidad	Polietileno de ultra alto peso molecular	
	Poliuretano termoplastico	Polipropileno	
	Poliuretano espuma	Poliuretano espuma	
	Polipropileno	Poliuretano termoplastico	
	Resina Poliéster crital	Resina poliester con fibra de vidrio	
	Resina Poliéster con fibra de vidrio	Resina poliester cristal	

Fuente: El ABC del plástico

En cuanto a la temperatura de fusión del PC está en rangos de 267 °C[40], mientras que otro autor añade que esta entre 230-250°C[41], de los cuales podemos deducir que los rangos se encuentran entre 230-265 °C. Con temperatura de fusión nos referimos al punto en que un material cambiara de estado sólido a líquido. Asimismo, es importante tener en cuenta que el punto de fusión cambia dependiendo a las condiciones del ambiente.

Asfalto:

El asfalto es una mezcla química compleja que tienen alto peso molecular, en el cual predominan los hidrocarburos aromáticos o nafténicos, así como también los asfáltenos. Es así como estos productos provenientes del petróleo en estado crudo[42]. Asimismo, el punto de fusión que presentan van desde los 100 °C hasta los 300 °C, mientras que su punto de ablandamiento es superior a los 90 °C; es por ello, por lo que es recomendable usar implementos de seguridad. Mientras tanto dentro de los asfaltos más utilizados tenemos el de trinidad y Tobago[43].

El asfalto es aquel que tiene también algunos tipos de metales como el calcio, níquel, vanadio, magnesio y hierro, esto se encuentran como sales inorgánicas[31]. Estos contenidos

se encuentran en pequeñas cantidades, ya que si hay grandes variaciones en su composición pueden afectar las propiedades físicas, así como también el proceso para su producción [44]. Sin embargo, dentro de su rango de aplicación tenemos a pavimentación de calles, aeropuertos, etc.

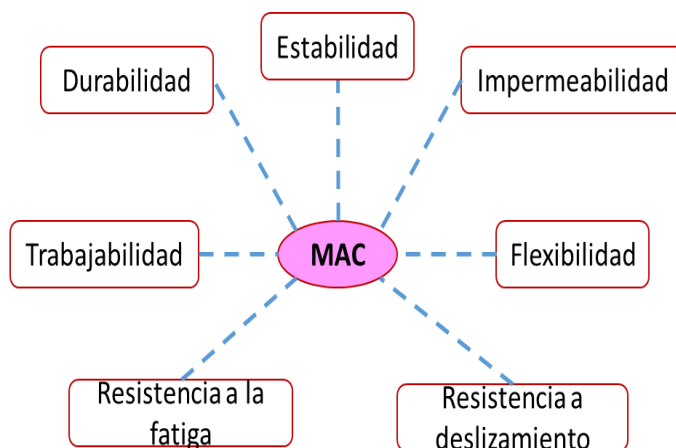
Mezcla asfáltica en caliente:

La MAC es un tipo de mezcla asfáltica (mezcla bituminosa) que se produce y se coloca a altas temperaturas[45]; asimismo, es utilizada en una variedad de aplicaciones, incluyendo la construcción de nuevas carreteras, la rehabilitación de pavimentos existentes, reparación de baches, entre otros.

Por otro lado, la MAC resulta de mezclar el agregado pétreo con ligante asfáltico que se encuentra en estado líquido a altas temperaturas. Sin embargo, para hacer el diseño de mezclas asfálticas se seleccionan los materiales y las proporciones adecuadas para crear una mezcla asfáltica con las propiedades requeridas. Así mismo, se debe tener en cuenta el clima donde nos encontramos, pues en clima frío y a una altura de 3000 msnm se tendrán en cuenta las condiciones que deba soportar la mezcla; sucede lo mismo cuando estamos a alturas menores. Así mismo, también se tendrán en cuenta la calidad de los agregados como son su gradación, limpieza, forma y dureza[46]. Por consiguiente, añade también que es recomendable trabajar con granulometría continua de 15% V.M.A, lo cual debe permitir incrementar el porcentaje de asfalto menor a 85%.

Dentro de las propiedades tenemos:

Ilustración 2 Propiedades de MAC



Fuente: Elaboración propia

Para garantizar que los agregados estén en óptimas condiciones se seguirán los lineamientos dispuestos por el MTC [47].

Ligante asfáltico

El ligante asfáltico es aquel material proveniente del petróleo crudo, teniendo como función principal ligar el agregado pétreo[43]. Es decir, es un material viscoso y pegajoso utilizado para unir y sellar agregados minerales. En cuando al proceso constructivo para MAC, el ligante se calienta y se mezcla con agregados, para luego ser vertidos a la superficie, lo cual en conjunto proporcionan estabilidad y durabilidad, permitiendo resistir cargas de tráfico y condiciones climáticas.

Propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente

Las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica son fundamentales porque determinan su comportamiento y rendimiento cuando son sometidos a carga y condiciones ambientales. Algunas de las propiedades mecánicas clave de las mezclas asfálticas incluyen:

- Resistencia al deterioro debido a la humedad [48].
- Capacidad para resistir la rotura bajo cargas de tracción [49].
- Resistencia a la pérdida de partículas [50].
- Resistencia a la deformación permanente bajo carga [51].

Ensayos para el agregado:

Granulometría de agregado fino y grueso MTC E204:

Este ensayo determina la distribución de agregado mediante una serie de tamices de una muestra seca que posee peso conocido [52]. Es decir, se usa para determinar la gradación y usarlos como agregados, los cuales nos servirán para el diseño de mezclas, así como también para otros ensayos que requieran de granulometría.

Equivalente de arena MTC E114:

Este ensayo indica las proporciones de limo o arcilla que contiene el agregado fino, es decir la mayor parte de agregado fino y suelo granular contienen partículas indeseables. Asimismo, este ensayo sirve para limitar la cantidad permisible de finos arcillosos que hay en los agregados, para el cual hace uso de solución stock con mezcla de agua destilada[52].

Angularidad del agregado fino MTC E222:

Es el porcentaje de vacíos que contienen aire, que están presentes en los agregados pasante por la malla N° 8 (agregado levemente compactado). Su importancia radica en la posible prevención para evitar deformaciones plásticas de la mezcla asfáltica [52].

Azul de metileno AASHTO TP 57:

Mediante este ensayo se busca determinar el material potencialmente dañino (arcilla o sustancias orgánicas) que está presente en el agregado fino pasante por la malla N° 200, por el cual hace uso de la sustancia química de azul de metileno [53]. Dicha sustancia se mezcla por goteo con el agua destilada mezclada con agregado tamizado y es medida en miligramo de azul de metileno por gramo de suelo.

Índice de plasticidad MTC E111:

Mediante este método se busca caracterizar las fracciones de agregado fino. En este sentido, para la determinación de este ensayo también se hace uso de la MTC E 110, ya que para el cálculo del índice de plasticidad se necesita conocer el límite líquido. Asimismo, el límite plástico será el primero en determinarse, ya que se realiza a la humedad más baja; el cual consiste en formar barritas de 3.2 mm, mientras que para el límite líquido se realiza con la copa de casa grande [52].

Durabilidad (al sulfato de magnesio) MTC E209:

Este ensayo permite determinar la resistencia que tiene el agregado, tanto fino como grueso a la desintegración por medio de solución de sulfato de magnesio, el cual cubre la muestras durante 16 o 18h y luego se deja en el horno a secar [52]. Por otro lado, estas muestras son sumergidas durante varios ciclos requeridos y se procede al cálculo.

Sales solubles totales MTC E219:

Este ensayo es importante para mezclas asfálticas, ya que a través del proceso de cristalización se determina el contenido de sulfatos y cloruros del agregado[52]. Este ensayo se hace tanto para agregado grueso como fino; ambos se sumergen en agua destilada y se hacen hervir para luego tomar solo la porción líquida y dejarla en el horno.

Absorción MTC E205:

El ensayo de absorción se determina para calcular el cambio de masa del agregado sumergido en agua entre sus poros, el cual se compara con la condición seca. Asimismo, se aplica también para determinar el peso específico seco, saturado con superficie seca, aparente; el cual se usa para hacer correcciones de diseño de mezclas [52].

Abrasión de los ángeles MTC E207:

Con este ensayo se evalúa la resistencia que tiene el agregado grueso a la abrasión y al desgaste, el cual se realiza en un tambor con un número de esferas de acero especificado según gradación granulométrica [52]. Finalmente, luego de alcanzar el número de revoluciones requeridas, se retira el material y se tamiza para determinar la degradación como porcentajes de pérdidas.

Partículas chatas y alargadas ASTM 4791:

Este método de prueba es muy importante ya que las partículas del agregado pueden interferir con la consolidación y por ende provocar dificultad para el recojo de materiales. Así mismo sirve para determinar las características relativas a en lo que respecta a la forma del agregado grueso [54].

Caras fracturadas MTC E210:

Cara fracturada sucede debido al chancado u otros. Asimismo, es una superficie angular, que se encuentra rota o rugosa, el cual puede ser debido al chancado u medio artificial. Esta norma tiene como propósito maximizar el esfuerzo cortante, incrementando la fricción tanto para agregado suelto como en estado compactado [52].

Absorción MTC E 206:

Mediante este ensayo se determina el peso específico seco, saturado de superficie seca, aparente y absorción. Para determinar lo antes mencionado se sumerge en agua el agregado durante 24 h; luego, se seca el agregado y se pesa (se hará lo mismo pero sumergida en agua) [52]. Finalmente, la muestra se seca y se realiza los cálculos.

Método de Marshall

Este método fue dado por Bruce Marshall, es de ahí el nombre del método. Sin embargo, antes de aprobarse un grupo de ingenieros de EEUU, probó varios métodos con la finalidad de desarrollar uno más simple, es así como deciden adoptar este método. Cabe resaltar que este método fue mejorado agregándole ciertos criterios de diseño de mezcla. Es de esta forma en que este método se encuentra normado por la ASTM D1599 y AASHO T225, lo cual tiene aplicabilidad únicamente en mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico, agregados finos y gruesos con un tamaño nominal de 1” [55].

El método de Marshall busca encontrar la combinación adecuada en cuanto a la cantidad de agregados y cemento asfáltico, lo cual determinara que la mezcla tenga características físicas y de resistencia adecuadas como requisito de calidad [56]. Es decir, se busca encontrar la combinación óptima para soportar eventos climáticos, así como también las cargas de tránsito. Para ello también se tiene que cumplir aspectos como garantizar la durabilidad del asfalto, que la mezcla tenga resistencia a las deformaciones permanentes por cargas de tránsito, suficiente porcentaje de vacíos, presentar excelente trabajabilidad [57]. Sin embargo, se tiene que considerar también el aspecto económico que cumpla con todos los requerimientos de diseño.

Este método también hace uso de muestras con especímenes que tienen una dimensión de 0.064 m de altura por 0.102 m de diámetro; estas presentaran la misma cantidad de agregados, pero distinta cantidad de asfalto. Asimismo, el contenido de asfalto que se usara en las briquetas de ensayos es determinado en cuanto a la experiencia con agregados en mezclas. Para ello se preparan muestras; primero se combinan asfalto y agregado, estas son calentadas hasta que estén revertidas por completo; luego se calentarán los moldes que servirán para la compactación. Finalmente, las briquetas serán compactadas con golpes de 35, 50 o 75, esto está de acuerdo con la cantidad de tránsito [47].

Ilustración 3 Máquina de Marshall



Fuente: laboratorio USAT

Tabla 1 Clase de mezclas ensayo de Marshall

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Min.		

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

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

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

(4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.

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

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

Fuente: MTC

Estabilidad de Marshall

La estabilidad de Marshall es un valor que indica la carga mediante el cual una probeta cede o falla totalmente. Es por ello por lo que generalmente se asocia con una mayor resistencia a la deformación y una mayor durabilidad del pavimento [45]. Este ensayo se hace con una velocidad de deformación de 51 mm/min a una temperatura de 60 °C [51].

Flujo de Marshall:

Es la deformación que sufre la probeta al ser sometida por una carga, lo cual luego empieza a disminuir, por ellos también es conocida como deformación plástica o deformación en fluencia. Es así que tiene como unidades de 0.25 mm [51]. sin embargo, cuando una mezcla posee valores bajos de fluencia, estos son considerados pavimentos frágiles y rígidos para pavimentos en servicio. Por otro lado, cuando la fluencia es alta son tomadas como muy plásticas y tienden a una fácil deformación.

Densidad y vacíos:

Estos ensayos se realizan cuando se haya terminado los ensayos de estabilidad y fluencia; asimismo, estos se harán para cada probeta. Esto tiene como propósito determinar la cantidad de vacíos que presenta la mezcla y se dará en unidades porcentuales [51].

Vacíos:

Se define como pequeños espacios de aire que se encuentran atrapados entre los agregados revestido de mezcla asfáltica. Se establece en unidades porcentuales, el cual se calcula inicialmente con el peso específico para cada una de las briquetas que ya se encuentran compactadas. Mientras que, para hallar el peso específico se determinan tomando el peso de las briquetas que se encuentran al aire libre y agua [51].

VMA:

El VMA significa vacíos en el agregado mineral. Es definido como espacios que se encuentran entre los agregados de la mezcla que está en estado compactado. Para su cálculo se hace en base con el peso específico del agregado total y se expresa en unidades porcentuales de mezcla en estado compactado[51].

VFA:

El VFA significa vacíos llenos de asfalto, estos son vacíos que están entre las partículas de agregado VMA. Esto se calcula al tomar como una resta del vacío de aire del VMA, luego se hace una división por el VMA, teniendo como unidad de medida el porcentaje [51].

Módulo de resiliencia ASTM D4123:

Se refiere al método de prueba estándar para determinar el módulo de resiliencia de las mezclas asfálticas mediante un ensayo de carga repetida de compresión indirecta. El módulo de resiliencia es una medida de la capacidad de una mezcla asfáltica para recuperar su forma original después de ser sometida a carga y deformación repetidas.

El ensayo se utiliza para la caracterización de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas utilizadas en pavimentos. La resiliencia es una propiedad importante para evaluar la durabilidad y la capacidad de recuperación de una mezcla asfáltica frente a las cargas repetidas, como las que experimenta un pavimento durante su vida útil.

Durante el ensayo, se aplican cargas repetidas de compresión indirecta a una muestra de mezcla asfáltica, y se registran las deformaciones y las recuperaciones resultantes [49]. El módulo de resiliencia se calcula a partir de estos datos y proporciona información valiosa sobre la capacidad de la mezcla para resistir la fatiga y recuperarse de deformaciones repetidas.

Resistencia a la humedad inducida AASHTO T283:

La resistencia a la humedad inducida es una propiedad importante de las mezclas asfálticas, ya que el pavimento está expuesto a condiciones ambientales diversas, incluyendo la lluvia y la humedad. La capacidad de resistir la humedad es crucial para evitar daños prematuros en el pavimento, como la desintegración o la pérdida de cohesión.

El ensayo AASHTO T283 evalúa la resistencia de las mezclas asfálticas a la humedad mediante un proceso acelerado de saturación y secado [48]. Este proceso simula las condiciones ambientales adversas y ayuda a predecir el comportamiento de la mezcla bajo la exposición a la humedad a lo largo del tiempo.

Ensayo de tracción indirecta ASTM 6931:

Es una prueba utilizada para evaluar la resistencia a la tracción de estas mezclas. Para este ensayo se toma una muestra cilíndrica de la mezcla la cual es sometida a una fuerza de tracción perpendicular a su eje longitudinal. Esta acción induce una carga de tensión en la muestra, permitiendo evaluar su resistencia a la fractura bajo este tipo de esfuerzo [58]. El procedimiento del ensayo implica la fabricación de cilindros de mezcla asfáltica compactada de dimensiones específicas, los cuales son colocados en un dispositivo de ensayo. Este dispositivo aplica una carga de tracción de forma uniforme y gradual sobre la muestra hasta que se produce su fractura. La fuerza necesaria para fracturar la muestra se registra y se utiliza para calcular la resistencia a la tracción indirecta de la mezcla asfáltica.

Ensayo de desgaste MTC E515:

También llamado ensayo de desgaste, en el cual la norma [52] señala que las briquetas que son hechas de agregado pétreo y se someten a un ciclo de abrasión y desgaste simulando condiciones de tráfico el cual establece que debe darse a 300 rpm. La briketa se coloca en el tambor giratorio junto con las bolas de acero, este proceso genera un desgaste en la superficie de los agregados, permitiendo evaluar su resistencia a la abrasión y su capacidad para mantener la forma y las características físicas durante el servicio. Finalmente, los resultados del ensayo proporcionan información crucial sobre la calidad de los agregados, el cual ayuda a seleccionar los materiales más adecuados para garantizar la durabilidad de las mezclas asfálticas en obras viales.

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación:

El tipo de investigación que se está realizando es experimental ya que para elaborar la mezcla asfáltica en caliente se utilizará como parte del agregado distintas proporciones de policarbonato (PC), para modificarla con una combinación de mezcla con asfalto PEN 60/70, lo cual nos permitirá comparar sus propiedades mecánicas.

En nivel que se realiza en esta investigación es explicativa, pues se busca explicar la relación de causa-efecto.

Población:

Esta investigación como es de tipo experimental, las muestras serán elaboradas en laboratorio por lo cual tiene una población de 118 briquetas de mezcla asfáltica, las cuales se componen de muestra patrón y adición de PC; para ello se utiliza el manual de ensayos del MTC y normativa internacional.

Muestras:

Para las muestras se realizó por normativa de diseño de mezcla asfáltica. Por medio del cual para ensayo de Marshall se obtuvo 12 briquetas para muestra patrón y 36 para adición de 1.5 %, 2.5% y 3 %, los cuales se trabajan para cada porcentaje de PEN 60/70. Asimismo, para los ensayos restantes se tomará la muestra más óptima ensayada por el método Marshall.

Tabla 2 Muestra patrón y adicionada

Ensayo	PC %	PEN 60/70				Parcial
		4.5	5	5.5	6	
Marshall	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	12
	1.50	3.00	3.00	3.00	3.00	12
	2.50	3.00	3.00	3.00	3.00	12
	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	12
Total de briquetas						48

Tabla 3 Muestras óptimas

Ensayos	N° de briquetas	Parcial
Módulo de resiliencia	6	6
Lottman	16	16
IDT	16	16
Cantabro	32	32
Total de briquetas		70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Resumen muestreo

Ensayos	Parcial
Marshall	48
Modulo de resiliencia	6
Lottman	16
IDT	16
Cantabro	32
Total de briquetas	118

Fuente: Elaboración propia

Criterio de selección:

La selección de agregados para mezclas asfálticas es un aspecto fundamental para determinar un correcto diseño de mezclas.

Obtención de agregados:

El agregado grueso se obtuvo de la cantera Las Tres Tomas, ubicadas en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque; mientras que para el agregado fino se obtuvo de la cantera La Victoria-Pátapo.

Se tomo material de distinta cantera ya que se consideró no tenga mucha cantidad agregado fino (pasante por malla #200).

Ilustración 4 Visita a la cantera las tres tomas-Pátapo



Obtención del policarbonato:

Se tuvo en cuenta las medidas de las planchas de policarbonato con un espesor de 6mm, de color transparente, de alto grado de soporte a temperaturas elevadas y bajas, así como también que tenga resistencia al impacto.

Este material se corta de manera Manual hasta alcanzar pequeñas proporciones, con la finalidad de usarlo como material fino.

Ilustración 6 Plancha de PC de 3.05x0.81 m



Ilustración 5 Proceso de corte manual del PC



Caracterización del policarbonato:

Una vez que el PC este en forma de partículas se procede a tamizarlo por la malla 3/8", N° 4, N° 10 y N° 40, con la finalidad de obtener muestra homogénea.

Una vez realizado el proceso ya mencionado, se toma 500 g, el cual sirve para realizar el ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos x, el cual se realizó en laboratorio "FQA PERU SAC", que se encuentra ubicado en la ciudad de Trujillo. Dicho ensayo se hace con la finalidad de conocer su composición química de la muestra, así como también la determinación de temperatura en el cual se produce el quemado.

Operacionalización de variables:

- **Objeto de estudio:** mezcla asfáltica
- **Variable independiente:** la influencia de la incorporación de policarbonato.
- **Variable dependiente:** propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de PC.
- **Variable interviniente:** Granulometría del policarbonato.

Tabla 5 Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	INDICADOR	UND	RANGO DE APLICACIÓN
INDEPENDIENTE	Incorporación de policarbonato	Proporción de policarbonato	%	0.0%
				1.5%
				2.5%
				3.0%
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	INDICADOR	UND	METODO DE MEDICIÓN
DEPENDIENTE	Propiedades mecánicas de MAC	Estabilidad	Kg	MTC E504/ ASTM D1559
		Flujo	In	MTC E504/ ASTM D1559
		Modulo de resiliencia	Mpa	ASTM D4123
		IDT	Kpa	ASTM 6931
		Resistencia a la humedad inducida	%	AASHTO T283
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	UN	METODO DE MEDICIÓN	
INTERVINIENTE	Granulometria del policarbonato	mm	MTC E 204	
	PEN 60/70	Gal	EG-2013	
	Tráfico pesado	-		

Fuente: Elaboración propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

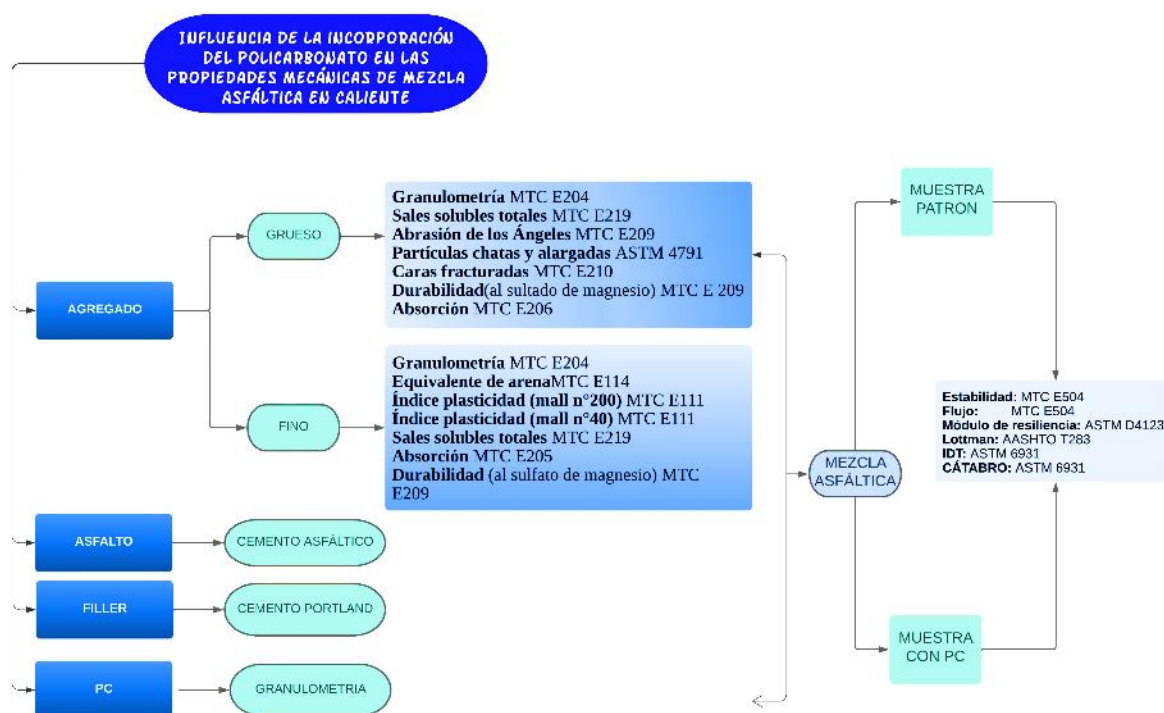
Para procesar la información se ha usó la observación y medición:

La observación se usó para cuantificar el comportamiento de los materiales, lo cual ayuda a verificar que los materiales utilizados cumplan con los rangos requeridos de acuerdo con la normativa del MTC. Para ello se usa los ensayos experimentales, los cuales son medidos, verificados y registrados.

En cuanto a los instrumentos tenemos, a aquellos medios empleados para la recolección de la información, como son los formatos de laboratorio (Granulometría, ensayos AG y AF, entre otros) y Manual de ensayos del MTC.

Diagrama de flujo:

Ilustración 7 Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia

Procedimientos:

Se consideran los materiales para nuestro estudio, de los cuales tenemos el PEN 60/70 de acuerdo con norma del MTC. Este es un material muy usado en nuestro país, así como también agregado grueso y fino; mientras que para la obtención de PC se obtuvo mediante la trituration

de planchas de policarbonato para luego determinar su granulometría (ver anexo 1); asimismo a este material se le realizó ensayo químico para determinar su composición, así como también su resistencia al fuego.

Para el agregado fino y grueso se dio inicio con el ensayo granulométrico siguiendo la normativa del MTC, lo cual a través de los tamices se hizo la separación del agregado que pasan, los cuales se usó para realizar el diseño de mezclas. Asimismo, también se hizo ensayo de peso específico y absorción, ensayos de abrasión de los ángeles, entre otros. Los ensayos realizados a los agregados se detallan a continuación:

Granulometría del policarbonato:

Entre los elementos y herramientas empleados, se encuentran: una balanza, un tamiz y una tara.

Procedimiento:

Para el análisis granulométrico se tomó el policarbonato triturado, para luego pasarlo por el tamiz 3/8", N° 4 y N° 10.

Ilustración 8 Proceso para determinar la granulometría del PC



Granulometría del agregado fino y grueso:

Entre los instrumentos y materiales empleados se incluyen un horno, una balanza y un tamiz.

Procedimiento:

Para realizar este ensayo se tomaron 5 kg de agregado fino seco y 5 kg de agregado grueso seco, para los cuales se realizó el cuarteo respectivo, tomando así 2280 g de arena y 1720 g de

pedra. Seguidamente se realizó el análisis granulométrico tomando los tamices de abertura más grande a la más pequeña (1/2, 3/8, 4, 10, 40, 80, 200). Finalmente se pesó los agregados retenidos por cada malla y se verificó que no haya una pérdida mayor al 0.3% del peso de la muestra original.

Este ensayo granulométrico es muy importante ya que ayuda a determinar el tipo de mezcla asfáltica usar, que para este caso es MAC-II.

Ilustración 9 Proceso para determinar granulometría del AF y AG



Ensayos para el agregado grueso:

Abrasión de los Ángeles:

Dentro de los quipos y materiales utilizados se destacan un horno, máquina de Los Ángeles, un tamiz, una balanza, esferas de acero y taras.

Procedimiento:

De acuerdo con tabla de gradaciones de la norma el cual se determina con la granulometría del agregado grueso, se trabajó con la gradación B pesando así 2500 g de agregado retenido en la malla de 1/2 y 2500 g de agregado retenido por la malla 3/8. Luego se procedió a ingresar el agregado a la máquina de los ángeles, el cual se usó 11 esferas de acero y se hizo a 100 y 500 revoluciones. Para la primera revolución se tomó sus pesos y se volvió a ingresar el agregado; de tal forma que al completar las 500 revoluciones se descargó el agregado de la maquina y se volvió a tamizar por la malla N° 12. Finalmente, el material más grueso se lavó y se llevó al horno hasta obtener un peso constante.

Ilustración 10 Proceso para determinar la resistencia del agregado al desgaste



Partículas chatas y alargadas:

Para este ensayo, se emplearon varios equipos, incluyendo una balanza para medir las masas de los materiales, tamices para la separación de partículas según su tamaño, y un calibrador vernier para la medición precisa de dimensiones lineales.

Procedimiento:

Para este ensayo se considera el tamaño máximo nominal de acuerdo con la granulometría del agregado, por ello para determinar la cantidad de agregado seco a utilizar se realizó el cuarteo correspondiente tomando así 2000 g de agregado. Seguido de ello, se usó el tamiz de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{4}$, lo retenido por estos tamices se separó en chatas, alargadas y ni chatas ni alargadas. Finalmente se midieron las chatas y alargadas con una relación de 1:3 y se procedió a calcular sus pesos, los cuales se ingresan a la hoja de cálculo y se verificó que cumplan con los requerimientos de la norma.

Ilustración 11 Proceso para determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas



Absorción:

Para llevar a cabo este ensayo, se emplearon una serie de equipos y materiales, entre los que se incluyen un horno para la aplicación de calor controlado, una balanza para la medición precisa de las cantidades de materiales utilizados, una cesta, un depósito de agua para realizar pruebas de inmersión, y un tamiz N°4 para la clasificación de partículas según su tamaño.

Procedimiento:

Para este ensayo se descarta el material que pasas por el tamiz n° 4 y se toma 3 kg de agregado y se deja sumergido en agua durante 24h. Luego de transcurrido dicho tiempo se saca el agregado en un paño hasta desaparecer agua visible, para así tomar el peso bajo condición saturada. Finalmente, el agregado se pesa con la cesta y se determina su peso sumergido en agua, posterior a eso se dejó secar en el horno y se volvió a tomar el peso.

Ilustración 12 Proceso para determinar la absorción del AG



Sales solubles totales:

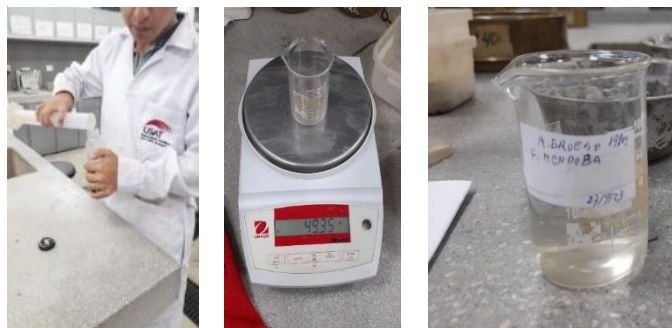
Para llevar a cabo las diversas etapas de este proceso experimental, se requirieron varios equipos y materiales, incluyendo una balanza para la medición precisa de cantidades, un horno para aplicar calor controlado, una plancha de calentamiento para mantener temperaturas constantes, un vaso precipitado para contener líquidos, agua destilada como solvente, una tara para ajustar el peso de los recipientes, un frasco de vidrio para almacenar soluciones y un papel filtro para separar sólidos de líquidos.

Procedimiento:

Se tomo 500 g de agregado grueso, se sumerge en agua destilada dichos agregados durante 24 h. Una vez transcurrido el tiempo se vertió el agua destilada en una tara y se calentó, se dejó enfriar; para luego pasarlo por el papel filtro y tomar 50 ml de muestra en un vaso precipitado

(24 h). Finalmente, se toman los pesos de las muestras y se llevan a la hoja de cálculo lo cual se verifica que cumpla con la normativa.

Ilustración 13 Proceso para determinar sales solubles



Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio:

Para llevar a cabo este ensayo, se requirieron diversos equipos y materiales, entre los que se incluyen un horno para la aplicación de calor controlado, una balanza para la medición precisa de cantidades, un tamiz para la separación de partículas, sulfato de magnesio como reactivo, una probeta graduada para medir volúmenes de líquidos, y agua destilada como solvente.

Para el desarrollo de este ensayo se partió determinando el peso específico al mezclar el agua destilada, luego se verifico que este acorde a la normativa en el cual se detalla a continuación:

$$Pe = \frac{273.51 - 143.26}{100} = 1.3025 \frac{g}{ml}$$

La mezcla se dejó en reposo durante 24, luego ser vertió de grava, dejando en reposo 17h y luego se llevó al horno. Se hicieron 5 ciclo, luego se comparó sus pérdidas por medio de la granulometría.

Ilustración 14 Proceso para determinar la resistencia del AG al $MgSO_4 \cdot 7H_2O$



Porcentajes de partículas fracturadas en el agregado grueso:

Para este ensayo, se utilizaron los siguientes equipos y materiales: horno, balanza y tamiz.

Procedimiento:

Se tomo una muestra al cual se realizó su cuarteo respectivo, para luego tomar una porción y ser tamizada. Asimismo, el material se extendió sobre una superficie y, por intermedio de la inspección visual, se separaron en una cara fracturada, dos a más caras fracturadas y agregado sin fracturas. Finalmente, se registraron los pesos de cada separación.

Ilustración 15 Tamizado para determinar el porcentaje de partículas fracturadas



Ilustración 16 Clasificación de AG de acuerdo con las caras fracturadas y su granulometría



Ensayo para el agregado fino:

Se utilizaron los mismos equipos y materiales que en el agregado grueso, excepción de algunos ensayos.

Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio:

Para el desarrollo de este ensayo se partió determinando peso específico al mezclar el agua destilada, y luego se verifico que este acorde a la normativa en el cual se detalla a continuación:

$$Pe = \frac{273.51 - 143.26}{100} = 1.3025 \frac{g}{ml}$$

La mezcla se dejó en reposo durante 24, luego ser vertida en la muestra de arena, dejando en reposo 17h y luego se llevó al horno. Se hicieron 5 ciclos, el mismo procedimiento, para luego comparar los resultados por medio del tamizado, determinando así el porcentaje de perdidas.

Ilustración 17 Bolsa de 25 Kg de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$



Ilustración 18 Proceso para determinar el desgaste del AF al ser sometido a $MgSO_4 \cdot 7H_2O$



Equivalente de arena:

Para el ensayo de equivalente de arena se emplearon diversos equipos y materiales, entre los cuales se encuentran: un horno para la preparación adecuada de las muestras, probetas graduadas y tapones de jebe para contener y manipular líquidos, un tubo irrigador y una manguera para suministrar agua de forma controlada, una pesa específica para el ensayo de equivalente de arena, una lata cilíndrica de medición para determinar volúmenes, y un tamiz N° 4 para la separación de partículas. Además, se utilizó una solución stock y agua destilada como solventes para las soluciones requeridas en el ensayo.

Procedimiento:

Para realizar este ensayo, primero se mezcló la solución stock con agua destilada y se colocó en zona alta para que la solución descienda por gravedad. Seguidamente, se tamizó y se tomó 1500 g de arena pasante por la malla N°4, y se hizo el cuarteo, del cual se tomó una porción y se humedeció con agua destilada. Se procedió a tomar 5 ml de solución y se llenó las 3 probetas; luego el cilindro metálico se llenó de arena y, procedió con ayuda del embudo a vaciar a la probeta (se agitó 1 min y deja reposar 10min). Finalmente, se llenó con solución a las probetas (reposo 20 min) y se tomó datos con ayuda de la pesa.

Ilustración 19 Proceso para determinar el equivalente de arena del AF



Azul de metileno:

Se emplearon varios equipos y materiales esenciales, como: un horno para la preparación adecuada de las muestras, una balanza para la medición precisa de cantidades, un vaso precipitado y una varilla de vidrio para la manipulación de líquidos, agua destilada como solvente, papel filtro cat. No 1440 125 para la filtración de soluciones y el azul de metileno como reactivo específico.

Procedimiento:

Para este ensayo se tamizo arena por la malla 200, del cual se pesó 50g. Luego se midió 250 ml de agua destilada y se mezcló con arena (10 min). Finalmente, se tomó 10 ml de azul de metileno y, a través del goteo, se mezcló de manera constante, de tal forma que cada cierto ml de goteo, se tomó muestra en el papel filtro, hasta formar una aureola azul. Los datos anteriores se registraron para luego ser llevados a la hoja de cálculo.

Ilustración 20 Proceso para determinar el porcentaje de partículas nocivas del AF por medio de azul de metileno

**Índice plasticidad (malla n°40):**

Se requirieron varios equipos y materiales, incluyendo: una espátula para la manipulación de la muestra, un recipiente para almacenar la muestra de arena, una estufa para el secado controlado de la muestra, un tamiz de malla número 40 para la separación de partículas, agua destilada como solvente y una copa de Casagrande para realizar los ensayos de límites de consistencia.

Procedimiento:

Se tamizo la arena y tomo una porción (150 g). Luego, se vertió agua destilada y se dejó el material saturado durante 24 h (se tapó con una bolsa para que no pierda humedad por evaporación).

Primero se determina el límite plástico formando cilindros pequeños (3.2 mm), se pesaron las taras antes de colocar los cilindros pequeños y después de colocarlos, para luego ponerlos en el horno durante 24h. Finalmente, se determina el límite líquido con la copa de Casagrande, en el cual se registró el número de golpes para cada muestra (3), se pesaron las taras antes y

después de colocarlas las muestras y se llevó a la estufa durante 24 h. una vez cumplido el tiempo tanto para LP y LL, las muestras se vuelven a pesar y los datos se registra en la hoja de cálculo.

Para este ensayo se tomó en cuenta que al ser arena no muy fina, esta será no plástica (NP), ya que el LL y el LP no pueden determinarse; asimismo, puede ser que el $LP \geq LL$ (NP).

Ilustración 21 Proceso para determinar el índice de plasticidad por la malla #40



Índice plasticidad (malla n°200):

Para determinar el índice de plasticidad, se usaron los mismos equipos y materiales que para el IP, por la malla n°40.

Procedimiento:

Se tamizo la arena y tomo una porción (150 g). Luego, se vertió agua destilada y se dejó el material saturado durante 24 h (se tapó con una bolsa para que no pierda humedad por evaporación).

Primero se determina el límite plástico formando cilindros pequeños (3.2 mm), se pesaron las taras antes de colocar los cilindros pequeños y después de colocarlos en el horno durante 24h. Finalmente, se determina el límite líquido con la copa de Casagrande, en el cual se registró el número de golpes para cada muestra (3), se pesaron las taras antes y después de colocarlas las muestras y se llevó a la estufa durante 24 h. una vez cumplido el tiempo tanto para LP y LL,

las muestras se vuelven a pesar y los datos se registra en la hoja de cálculo. Todos los datos registrados se llevan a la hoja de cálculo y se verifican con los lineamientos del MTC.

Ilustración 22 Proceso para determinar el índice de plasticidad por la malla #200



Sales solubles totales:

Procedimiento:

Se tomó 50 g de agregado fino, se sumergió dichos agregados durante 24 h. Una vez transcurrido el tiempo se vertió el agua destilada en una tara y se calentó; se dejó enfriar para luego pasarlo por el papel filtro y tomar 50 ml de muestra en un vaso precipitado (24 h). Finalmente, se toman los pesos de las muestras y se llevan a la hoja de cálculo, lo cual se verifica que cumpla con la normativa.

Ilustración 23 Proceso para determinar el porcentaje de sales solubles del AF



Absorción:

Se utilizaron una serie de equipos y materiales, tales como una balanza, un horno para la aplicación controlada de calor, un frasco volumétrico para la medición precisa de volúmenes, un molde cónico para la preparación de las muestras, y una varilla de apisonado para compactar uniformemente el material en el molde.

Procedimiento:

Para realizar este ensayo se tomó 500 g de arena por medio del cuarteo, luego se introdujo en el frasco volumétrico y se llenó de agua hasta la marca de 500 cm³ (se agita para eliminar burbujas de aire), se toman los pesos y se deja en reposo durante 24 h. Una vez pasado el tiempo se remueve todo el agregado fino del frasco y se coloca en una tara (se deja en reposo y se elimina el agua superficial).

Finalmente, las muestras se llevan al horno durante 24h y se toma el peso. Todos los datos registrados se llevan a la hoja de cálculo y se verifica que cumpla con la normativa.

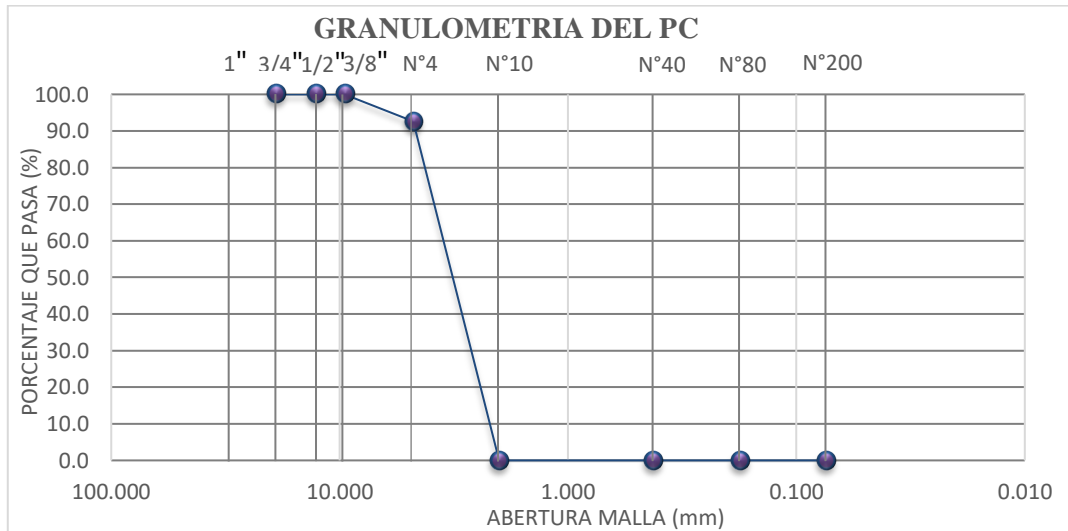
Ilustración 24 Proceso para determinar el porcentaje de absorción del AF



Resultados y discusión

Granulometría del PC:

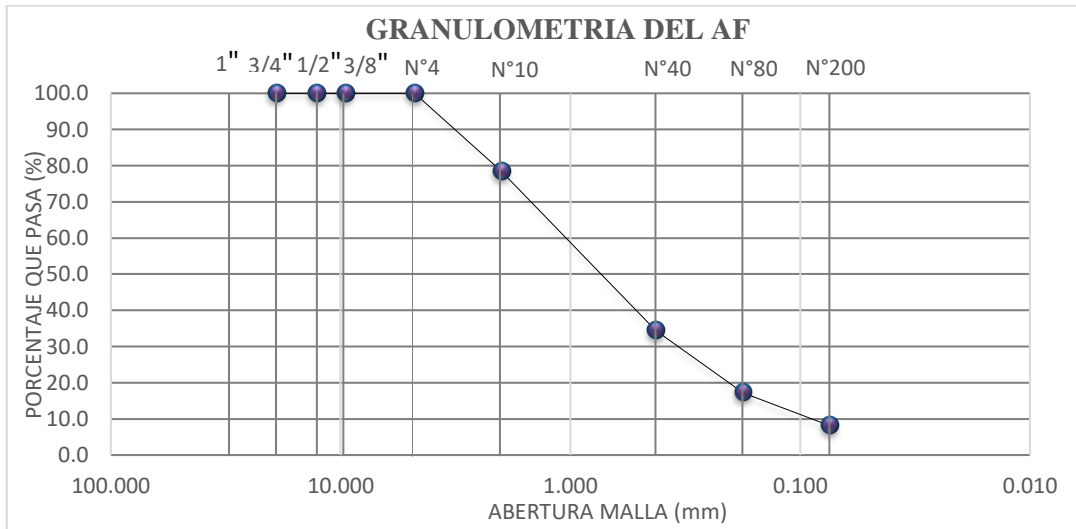
Gráfico 1 Curva granulométrica del PC



se determina que las briquetas se harán es con el material pasante de ½”, ya que con la malla superior (¾”), no se retiene; además, están dentro de rango de gradación para MAC 2.

Granulometría del agregado fino:

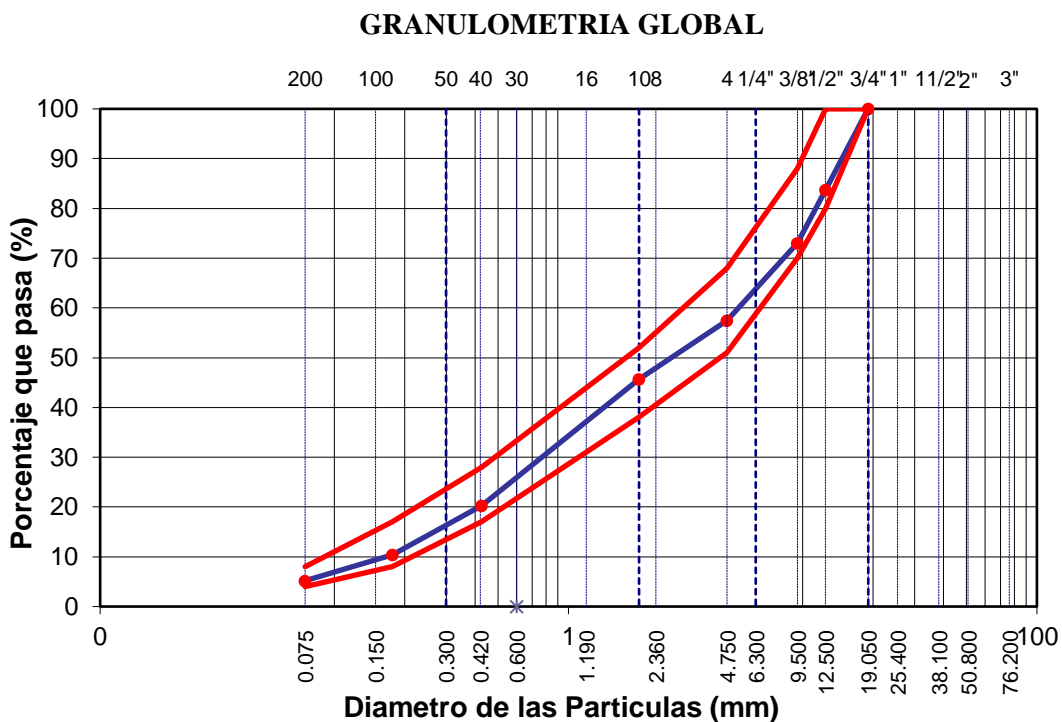
Gráfico 3 Granulometría del AF



La curvatura granulométrica para una muestra de 2280 g se observa que la mayor cantidad de material retenido se encuentra en la malla N°40.

Granulometría global:

Gráfico 4 Granulometría global



De acuerdo con la granulometría, al momento de combinar, tanto para agregado fino como para agregado grueso, se obtuvo que la mayor proporción de muestra en gramos, lo cual se encuentra en la malla ½”, mientras que, para el agregado fino de una muestra representativa de 2280 g, la mayor proporción se encuentra en la malla N° 40.

Gradación para MAC:

Tabla 6 Gradación de MAC

PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC - 2	
100.0	100	
83.8	80	100
73.0	70	88
57.5	51	68
45.7	38	52
20.3	17	28
10.4	8	17
5.2	4	8

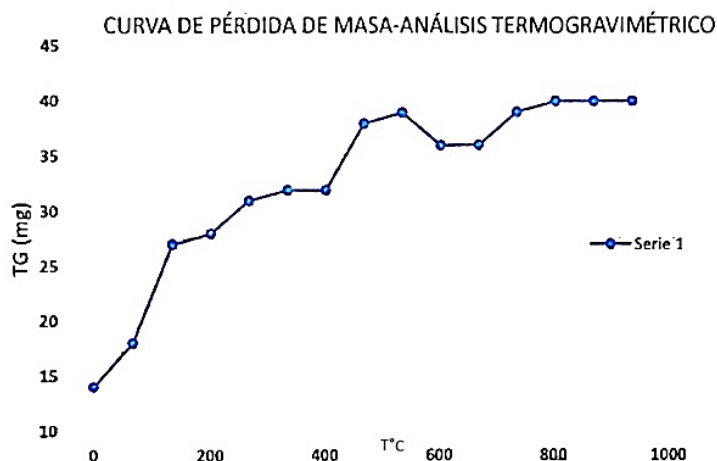
La gradación para MAC de acuerdo con la granulometría es de tipo II, ya que se tiene un tamaño máximo nominal de ½ (AG); asimismo, los porcentajes que pasan se encuentran dentro de lo especificado por el MTC.

Espectrometría de fluorescencia de rayos x:

Tabla 7 Composición química del PC por ensayo de fluorescencia de rayos x

COMPOSICIÓN QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
NITRATO DE SODIO(NaNo3)	15.36	
CLORURO DE POTASIO(KCl)	54.18	
SULFATO FERROSO(FeSO4)	8.3	
FOSFATO BIPOTASICO(K2HPO4)	0.62	Espectrometría de
SULFATO DE MAGNESIO(MgSO4)	1.57	fluorecencia de rayos x
CARBONATO DIMETILO(C3H6O3)	0.21	
BISFENOL(C15H16O2)	1.61	
PÉRDIDA POR QUEMADO	18.21	

Ilustración 25 Curva por pérdida de masa



De la muestra de 500 g el análisis termo gravimétrico muestra una pérdida de 18% de masa a temperatura máxima, de los cuales se da en un rango de 150-350 °C y 400-550 °C, siendo la última en la cual la pérdida es gradual.

Resultados de ensayos a los agregados:

Tabla 8 Resumen de los agregados

ENSAYOS	AF	AG
	Altitud (m.s.n.m) ≤3000	
Abrasión de los ángeles	-	22.60%
Absorción	0.38%	0.67%
Azul de metileno	1.60%	-
Caras fracturadas	-	88/84%
Durabilidad al sulfato de magnesio equivalente de arena	16.10%	17.90%
Indice de plasticidad #200	66.00%	-
Indice de plasticidad #40	3.54%	-
Indice de plasticidad #40	NP	-
Partículas chatas y alargadas	-	9.80%
Sales solubles totales	0.03%	0.08%

En la tabla N°12 se observa los resultados realizados tanto para AG y AF, de los cuales cumplen con la normativa para altitud ≤ 3000:

- El ensayo abrasión de los ángeles tiene un desgaste de 22.60% al ser sometido en la máquina de los ángeles, lo cual cumple con lo establecido en de acuerdo con la norma MTC E207, en el cual nos señala que el desgaste máximo es de 40%. Asimismo, mientras el agregado tenga mayor capacidad para no desgastarse, este será mejor.
- El ensayo de absorción del agregado fino extraída de cantera la Victoria es de 0.38%, lo cual cumple con lo establecido en la norma MTC E205 (5% Max). Este dato es importante, ya que permite calcular el cambio de masa cuando el agregado es sometido bajo agua.

Por otro lado, el ensayo de absorción de agregado grueso para una muestra de 3000 g extraída de la cantera las Tres Tomas, tienen un valor de 0.67%, lo cual cumple con la norma MTC E205 (1% Max).

- En el ensayo azul de metileno se obtuvo un valor de 1.60%, lo cual señala que hay presencia de material dañino; sin embargo, cumple con la normativa ya que señala que se debe tener un máximo de 8%.

- En el ensayo de caras fracturadas se tiene una relación 88/84%, esta relación representa partículas de una cara fracturada y de dos caras fracturadas, lo cual cumple con la norma MTC E210 (88/84). Asimismo, como el agregado es piedra chancada, este tiende a entrelazarse al compactarse, lo cual hace que sea resistente ante deslizamientos.
- En el ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio al AF se obtuvo 16.10%, este parámetro cumple con la norma MTC E209, el cual tiene un valor máximo de 18%. Asimismo, es importante mencionar que, mientras más resistente sea nuestro material, mejor diseño de mezcla se obtendrá, ya que garantiza la durabilidad.
Por otro lado, para el AG se obtuvo 17.90%, el cual también cumple con lo especificado en la normativa (18% máximo), lo cual garantiza que estamos frente a agregados de calidad.
- En el ensayo de equivalente de arena se obtuvo un 66%, el cual cumple con la norma MTC E114 (60% mínimo); asimismo, mientras mayor equivalente de arena se tenga, mejor será nuestro material.
- Para el ensayo de índice de plasticidad se obtuvo un valor de 3.54% de material pasante por la malla #200, el cual cumple con la normativa MTC E111 (4% máximo).
- Para este ensayo se obtuvo NP, ya que el LP resulta mayor o igual que el LL.
- El ensayo de chatas y alargadas, para una muestra de 1910.3 gr es de 9.80%, el cual cumple la ASTM 4791(10%); asimismo, cabe resaltar que, mientras menor sea las partículas chatas y alargadas, mejor material tendrás.
- Para el ensayo de sales solubles totales el cual tiene un valor de 0.22 para AF y 0.39 AG; estos datos cumplen con lo establecido por la norma MTC E219 (5% máximo).

Diseño de mezcla asfáltica:

Mezcla patrón:

Se realizó el diseño de mezcla para los 4 porcentajes de PEN 60/70, del cual se hace uso de la granulometría, en el que se extrae dato del agregado grueso que representa el 42.49% y de filler el 1%; mientras que el porcentaje que representa a la arena es lo restante; junto con el porcentaje de PEN, que varía de 0.5. De lo mencionado se muestra a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 9 Diseño convencional 4.5, 5, 5.5, 6% de PEN

4.5% de PEN-0% de PC				5% de PEN-0% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)	MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	40.58	486.94	Piedra	42.49	40.3655	484.386
Arena	56.51	53.97	647.60	Arena	56.51	53.685	644.214
Asfalto	4.50	4.50	54.00	Asfalto	5.00	5.00	60
Filler	1.00	0.96	11.46	Filler	1.00	0.95	11.4
TOTAL	100.00	100.00	1200.00	TOTAL	100.00	100.00	1200.00

5.5% de PEN-0% de PC				6% de PEN-0% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)	MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	40.15305	481.8366	Piedra	42.49	39.9406	479.2872
Arena	56.51	53.402	640.8234	Arena	56.51	53.119	637.4328
Asfalto	5.50	5.50	66	Asfalto	6.00	6.00	72
Filler	1.00	0.95	11.34	Filler	1.00	0.94	11.28
TOTAL	100.00	100.00	1200.00	TOTAL	100.00	100.00	1200.00

Mezcla adicionada:

Para el diseño de mezcla adicionada se realizó para cada porcentaje de adición (1.5%, 2.5%, 3%), el cual se realizó de manera similar a lo anterior. Sin embargo, para el cálculo de la arena y piedra se tuvo que restar el porcentaje representativo de adición el cual varía para cada diseño, tal y como se muestra a continuación:

Para adición al 1.5%:

Tabla 10 Diseño modificado 4.5, 5, 5.5, 6%PEN+1.5PC

4.5% de PEN-1.5% de PC				5% de PEN-1.5% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)	MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	39.94	479.29	Piedra	42.49	39.72815	476.7378
Arena	56.51	53.12	637.43	Arena	56.51	52.837	634.0422
Asfalto	4.50	4.50	54.00	Asfalto	5.00	5.00	60
PC	1.50	1.50	18.00	PC	1.50	1.50	18
Filler	1.00	0.94	11.28	Filler	1.00	0.94	11.22
TOTAL	101.50	100.00	1200.00	TOTAL	101.50	100.00	1200.00

5.5% de PEN-1.5% de PC				6% de PEN-1.5% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)	MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	39.5157	474.1884	Piedra	42.49	39.30325	471.639
Arena	56.51	52.554	630.6516	Arena	56.51	52.272	627.261
Asfalto	5.50	5.50	66	Asfalto	6.00	6.00	72
PC	1.50	1.50	18	PC	1.50	1.50	18
Filler	1.00	0.93	11.16	Filler	1.00	0.93	11.1
TOTAL	101.50	100.00	1200.00	TOTAL	101.50	100.00	1200.00

Para adición al 2.5%:

Tabla 11 Diseño modificado 4.5, 5, 5.5, 6%PEN+2.5%PC

4.5% de PEN-2.5% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	39.5157	474.1884
Arena	56.51	52.554	630.6516
Asfalto	4.50	4.50	54
PC	2.50	2.50	30
Filler	1.00	0.93	11.16
TOTAL	102.50	100.00	1200.00

5.5% de PEN-2.5% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	39.0908	469.0896
Arena	56.51	51.989	623.8704
Asfalto	5.50	5.50	66
PC	2.50	2.50	30
Filler	1.00	0.92	11.04
TOTAL	102.50	100.00	1200.00

5% de PEN-2.5% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	39.30325	471.639
Arena	56.51	52.272	627.261
Asfalto	5.00	5.00	60
PC	2.50	2.50	30
Filler	1.00	0.93	11.1
TOTAL	102.50	100.00	1200.00

6% de PEN-2.5% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	38.87835	466.5402
Arena	56.51	51.707	620.4798
Asfalto	6.00	6.00	72
PC	2.50	2.50	30
Filler	1.00	0.92	10.98
TOTAL	102.50	100.00	1200.00

Para adición al 3%:

Tabla 12 Diseño modificado 4.5, 5, 5.5, 6%PC+3PC

4.5% de PEN-3% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	39.30325	471.639
Arena	56.51	52.272	627.261
Asfalto	4.50	4.50	54
PC	3.00	3.00	36
Filler	1.00	0.93	11.1
TOTAL	103.00	100.00	1200.00

5.5% de PEN-3% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	38.87835	466.5402
Arena	56.51	51.707	620.4798
Asfalto	5.50	5.50	66
PC	3.00	3.00	36
Filler	1.00	0.92	10.98
TOTAL	103.00	100.00	1200.00

5% de PEN-3% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	39.0908	469.0896
Arena	56.51	51.989	623.8704
Asfalto	5.00	5.00	60
PC	3.00	3.00	36
Filler	1.00	0.92	11.04
TOTAL	103.00	100.00	1200.00

6% de PEN-3% de PC			
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	42.49	38.6659	463.9908
Arena	56.51	51.424	617.0892
Asfalto	6.00	6.00	72
PC	3.00	3.00	36
Filler	1.00	0.91	10.92
TOTAL	103.00	100.00	1200.00

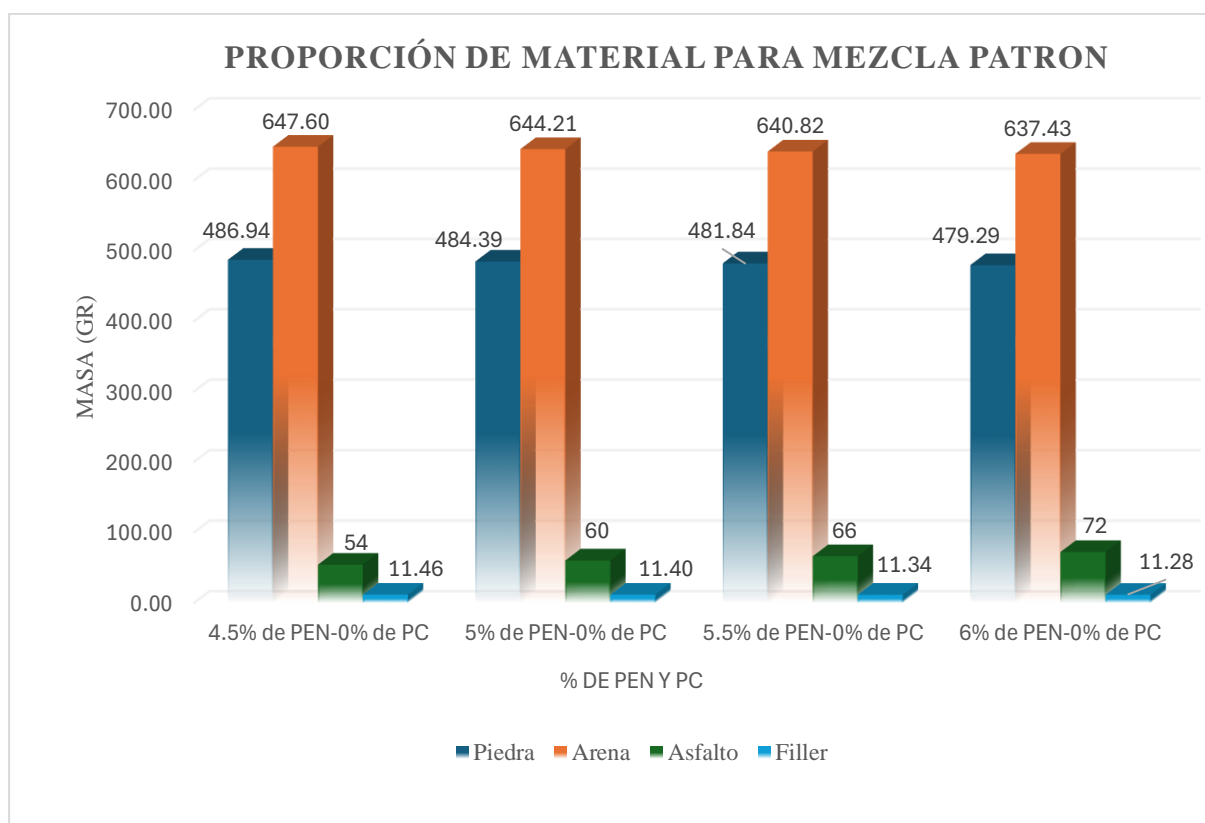
Proporción de agregado para diseñar MAC:

Proporción sin adición:

Tabla 13 % de mezcla por agregado-MAC sin PC

MATERIALES	4.5% de PEN-0% de PC	5% de PEN-0% de PC	5.5% de PEN-0% de PC	6% de PEN-0% de PC
Piedra	40.58	40.37	40.15	39.94
Arena	53.97	53.68	53.40	53.12
Asfalto	4.50	5.00	5.50	6.00
Filler	0.96	0.95	0.95	0.94
TOTAL(%)	100.00	100.00	100.00	100.00

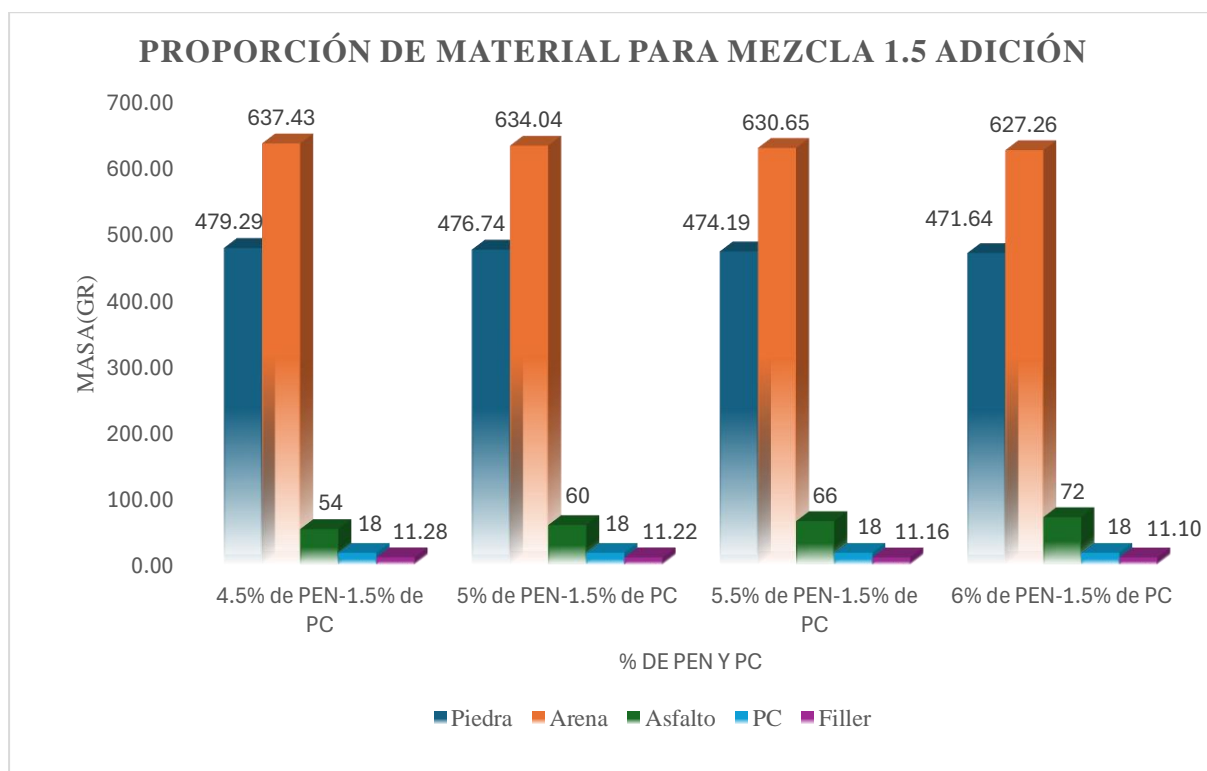
Gráfico 5 Proporción de masas de MAC patrón



Del gráfico se observa que la proporción de agregados varía de acuerdo con los porcentajes de PEN, lo cual influye en la proporción de los otros; es decir, al aumentar el porcentaje de PEN, la masa de agregados disminuye. Para este caso, el porcentaje de diseño tiene 0% de PC, ya que representa el diseño patrón de la MAC.

Proporción con adición:**Proporción de adición con 1.5 de PC:***Tabla 14 % de mezcla por agregado-MAC con 1.5%PC*

MATERIAL	4.5% de PEN-1.5% de PC	5% de PEN-1.5% de PC	5.5% de PEN-1.5% de PC	6% de PEN-1.5% de PC
Piedra	39.94	39.73	39.52	39.30
Arena	53.12	52.84	52.55	52.27
Asfalto	4.50	5.00	5.50	6.00
PC	1.50	1.50	1.50	1.50
Filler	0.94	0.94	0.93	0.93
TOTAL(%)	100.00	100.00	100.00	100.00

Gráfico 6 Proporción de masas de MAC modificada-1.5%PC

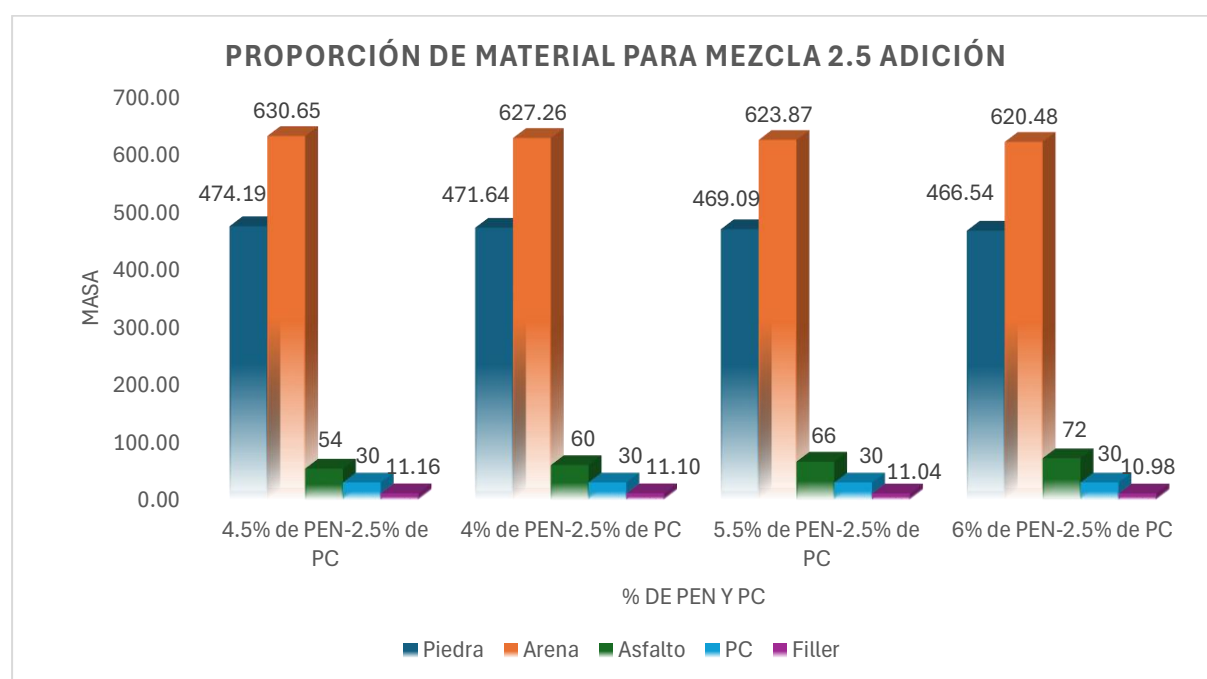
El gráfico muestra cómo las proporciones de diferentes agregados cambian con los porcentajes variables de PEN 60/70 y PC. Dichos porcentajes usados intervienen tanto para la arena, piedra y filler; es decir, para 1.5% de adición de policarbonato se utilizó 18 gr, lo cual representa en % de diseño de mezcla, el 101.5% de una muestra representativa de 1200 gr.

Proporción de adición con 2.5 de PC:

Tabla 15 % de mezcla por agregado-MAC con 2.5%PC

MATERIAL	4.5% de PEN-2.5% de PC	4% de PEN-2.5% de PC	5.5% de PEN-2.5% de PC	6% de PEN-2.5% de PC
Piedra	39.52	39.30	39.09	38.88
Arena	52.55	52.27	51.99	51.71
Asfalto	4.50	5.00	5.50	6.00
PC	2.50	2.50	2.50	2.50
Filler	0.93	0.93	0.92	0.92
TOTAL(%)	100.00	100.00	100.00	100.00

Gráfico 7 Proporción de masas de MAC modificada-2.5%PC



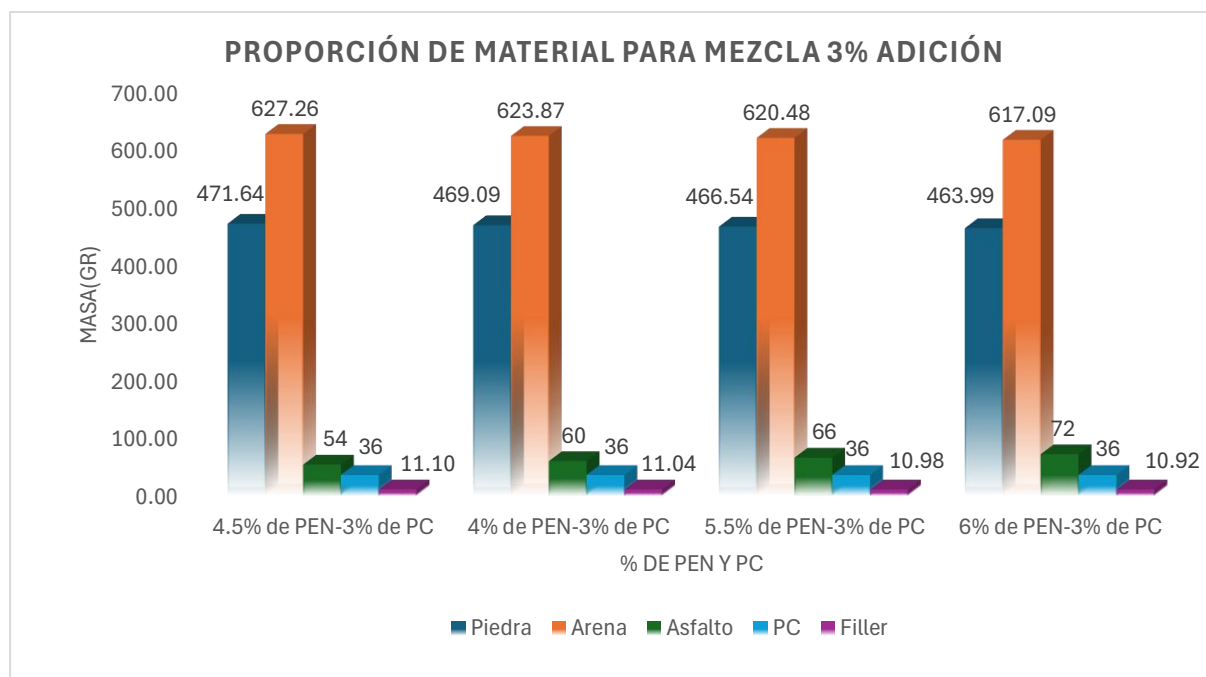
El gráfico muestra las proporciones de los materiales utilizados en la mezcla con 2.5% de adición de PC, el cual representa 30 gr para una muestra de 1200 gr; los componentes de la mezcla tienen a disminuir a medida que aumenta el porcentaje de PEN 60/70, sin afectar al PC.

Proporción de adición con 3 de PC:

Tabla 16 % de mezcla por agregado-MAC con 3%PC

MATERIALES	4.5% de PEN-3% de PC	4% de PEN-3% de PC	5.5% de PEN-3% de PC	6% de PEN-3% de PC
Piedra	39.30	39.09	38.88	38.67
Arena	52.27	51.99	51.71	51.42
Asfalto	4.50	5.00	5.50	6.00
PC	3.00	3.00	3.00	3.00
Filler	0.93	0.92	0.92	0.91
TOTAL(%)	100.00	100.00	100.00	100.00

Gráfico 8 Proporción de masas de MAC modificada-3%PC



En el gráfico se observa que al adicionar 3% de PC, se tiene como muestra representativa 36 gr para una muestra de 1200 gr; dicha adición no varía, debido a que se adiciona a la muestra total de la muestra, tal y como se observó en las adiciones anteriores.

Proporción de PC utilizado para cada adición:

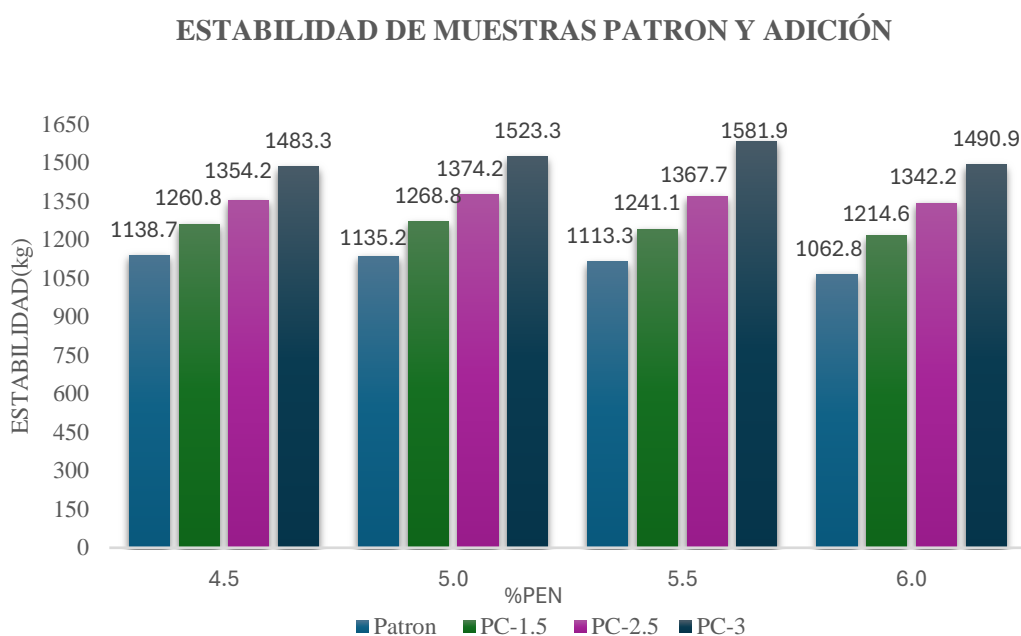
Tabla 17 Proporción de PC

MATERIAL	% ADICIÓN	MASA (gr)	MASA TOTAL (gr)
PC	1.50	18.00	216
	2.50	30.00	360
	3.00	36.00	432
TOTAL			1008

Se observa que para cada briqueta con adición de 1.5, 2.5 y 3% se usaron 18, 30 y 36 gr de PC para una masa de 1200 gr, haciendo un total de 216 gr de PC para una muestra de 12 briquetas (1.5% de adición); para las siguientes briquetas se hizo de la misma forma ya mencionada, ya que tienen la misma cantidad de muestras, sumando un total de 1008 gr de PC para las 32 briquetas adicionadas; así mismo para las muestras optimas se utilizó 2100 gr.

Ensayo Marshall:**Estabilidad:***Tabla 18 Estabilidad de muestra patrón y adicionada*

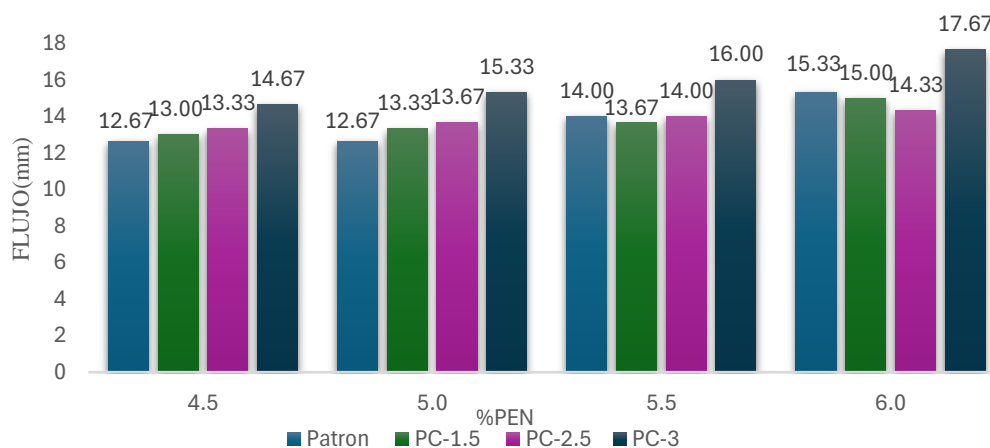
MEZCLA	% PEN			
	4.5	5.0	5.5	6.0
Patron (kg)	1138.67	1135.20	1113.28	1062.79
PC-1.5 (kg)	1260.77	1268.80	1241.13	1214.59
PC-2.5 (kg)	1354.21	1374.24	1367.68	1342.20
PC-3 (kg)	1483.30	1523.34	1581.92	1490.88

Gráfico 9 Comparación de estabilidad de muestra patrón y modificada

El gráfico mostrado tiene una síntesis de la estabilidad tanto para patrones y adiciones, el cual se obtuvo a través del ensayo Marshall. En cuanto a las muestras patrones se observa se obtuvo mayor estabilidad al 4.5% de PEN, mientras que la menor fue al 6% de PEN. Asimismo, para las adiciones se observa que se obtuvo mayores resultados a mayor adición de PC, teniendo así 1581.9 Kg como mayor estabilidad al 3% de adición.

Flujo:*Tabla 19 Flujo de muestra patrón y adicionada*

MEZCLA	% PEN			
	4.5	5.0	5.5	6.0
Patron (mm)	12.67	12.67	14.00	15.33
PC-1.5 (mm)	13.00	13.33	13.67	15.00
PC-2.5 (mm)	13.33	13.67	14.00	14.33
PC-3 (mm)	14.67	15.33	16.00	17.67

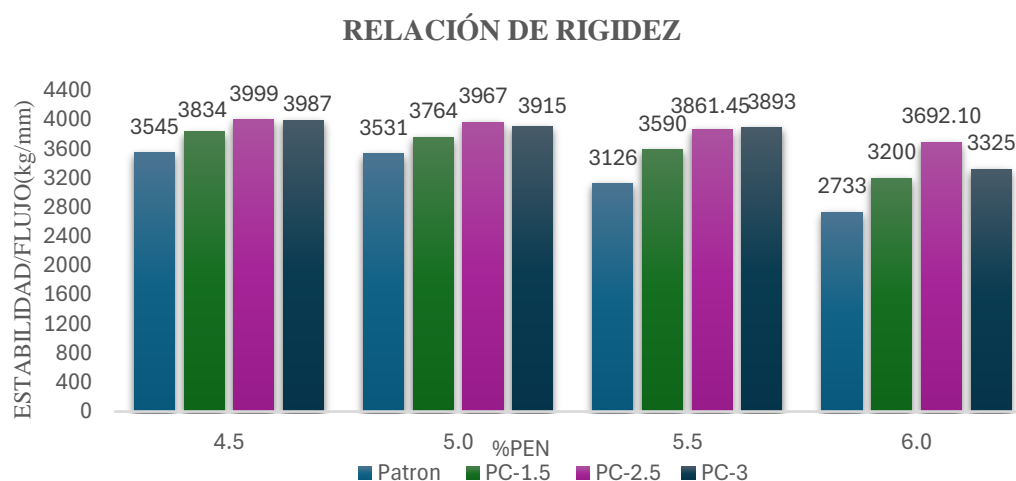
*Tabla 20 Comparación de flujo de muestra patrón y modificada***FLUJO DE MUESTRAS PATRON Y ADICIÓN**

El grafico detalla que, a medida que aumenta el contenido de PEN 60/70, tiende incrementarse la fluencia; esto ocurre para muestras patrones como con adición. Asimismo, se observa que, a medida que aumento el contenido de PC, también aumento la fluencia, teniendo como máximo fluencia de 17.67 mm para una adición de 3% de PC.

Relación de rigidez:*Tabla 21 Relación de rigidez de muestra patrón y adicionada*

MEZCLA	% PEN			
	4.5	5.0	5.5	6.0
Patron (kg/mm)	3545.41	3531.13	3126.01	2732.84
PC-1.5 (kg/mm)	3834.17	3763.78	3590.35	3200.25
PC-2.5 (kg/mm)	3999.14	3966.74	3861.45	3692.10
PC-3 (kg/mm)	3986.84	3914.87	3892.52	3324.50

Gráfico 10 Comparación de relación de rigidez de muestra patrón y adicionada



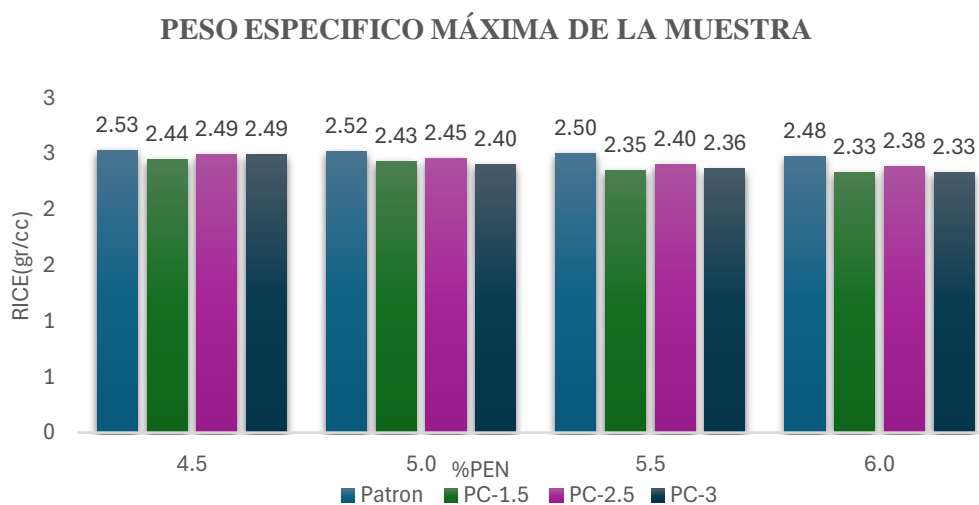
El gráfico detalla la relación de rigidez, el cual se obtuvo de la estabilidad/fluencia; dicho valores patrones son menores en comparación con las adicionadas, teniendo mayor valor de rigidez al 2.5 % de adición de PC con un porcentaje de PEN de 4.5%.

Rice:

Tabla 22 Rice de muestra patrón y adicionada

MEZCLA	% PEN			
	4.5	5.0	5.5	6.0
Patron (gr/cc)	2.525	2.521	2.504	2.475
PC-1.5 (gr/cc)	2.443	2.431	2.347	2.329
PC-2.5 (gr/cc)	2.492	2.455	2.404	2.381
PC-3 (gr/cc)	2.488	2.400	2.362	2.329

Gráfico 11 Comparación de muestra patrón y adicionada rice



El gráfico detalla para cada proporción, tanto para patrones como adiciones, que, a medida que aumenta el contenido de PEN 60/70, disminuye el valor rice; sin embargo, para las adiciones se observa que el valor de rice es menor en comparación que los patrones.

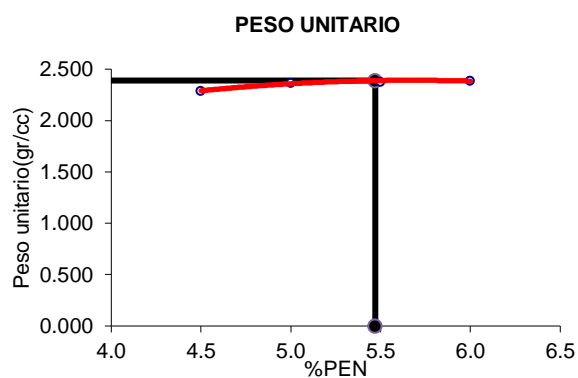
Características adicionales del método:

Características mezcla convencional:

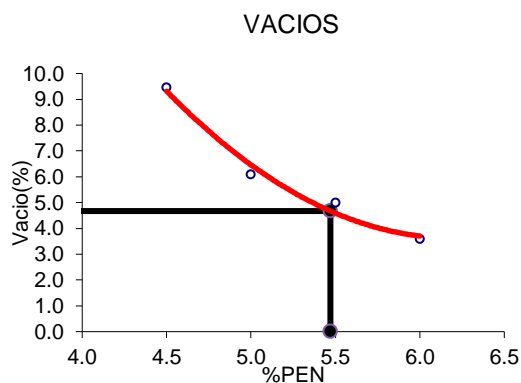
Tabla 23 Características adicionales de Marshall de muestra patrón

C.A	%	4.5	5	5.5	6
AG	%		43		
AF	%		56		
Filler	%		1		
P.U. BRIQUETA	gr/cc.	2.287	2.368	2.379	2.387
VACIOS	%	9.445	6.071	4.980	3.576
V.M.A.	%	16.550	16.393	16.429	16.617
V.LL.A	%	42.998	63.006	69.703	78.527
POLVO / ASF.	-	0.613	0.860	0.949	1.078

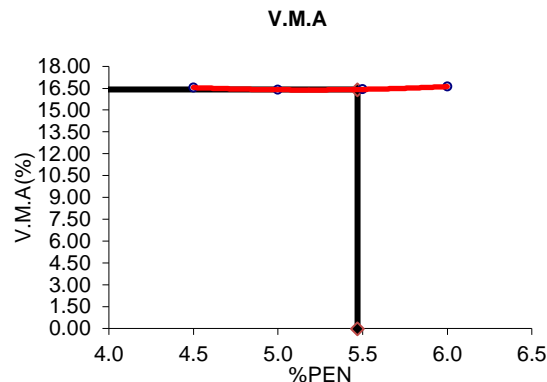
Se muestran las características adicionales de Marshall para cada porcentaje de PEN 60/70, el cual se grafica a continuación.



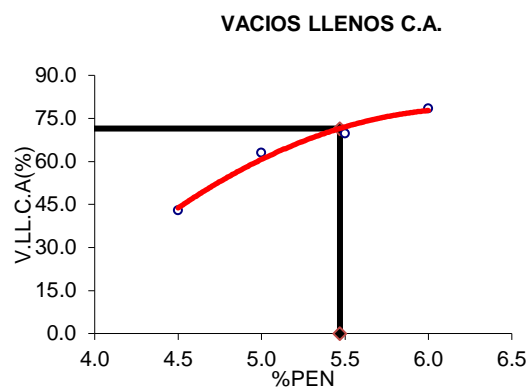
Se observa que la densidad empieza a subir a medida que aumenta el porcentaje de PEN 60/70.



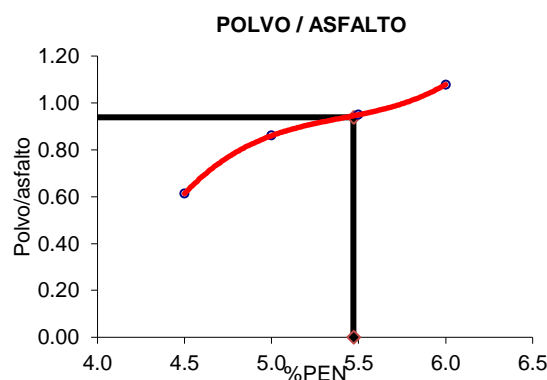
El gráfico muestra que el % de vacíos tienen a disminuir a medida que aumenta el contenido de PEN 60/70.



El gráfico nos muestra que el % de VMA se mantiene sobre 16; es decir, se mantiene constante, ya que inicia con % mayor, luego disminuye y vuelve a subir a medida que aumenta el contenido de PEN 60/70.



El gráfico nos muestra que a medida que aumenta el contenido de PEN 60/70, también aumenta el % de VFA; es decir, a medida que aumenta el PEN, los vacíos ocupados por el asfalto en la mezcla aumentan.



El gráfico nos muestra la relación polvo-asfalto el cual tiende a subir a medida que aumenta el contenido de PEN 60/70; es decir, las muestras patrones con el 1% de filler están en equilibrio adecuado el cual permite optimizar la mezcla.

Características mezcla adición:

Las tablas que se muestran son de las 3 adiciones, el cual muestra las características adicionales del método ya mencionado.

Tabla 24 Características Marshall al 1.5%PC

C.A	%	4.5	5	5.5	6
PC	%		1.5		
AG	%		43		
AF	%		56		
Filler	%		1		
P.U. BRIQUETA	gr/cc.	2.222	2.229	2.239	2.238
VACIOS	gr/cc.	9.039	8.300	4.638	3.913
V.M.A.	%	14.201	14.049	14.458	14.913
V.LL.A	%	36.362	41.157	68.231	73.856
POLVO / ASF.	%	0.458	0.509	0.866	0.971

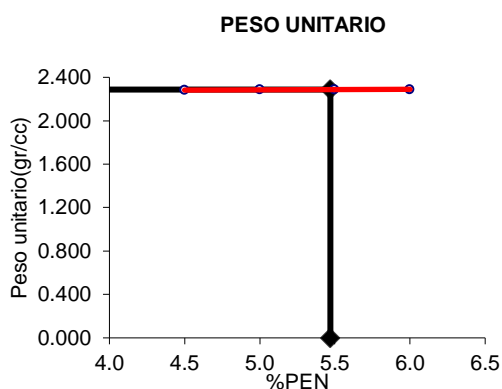
Tabla 25 Características Marshall al 2.5%PC

C.A	%	4.5	5	5.5	6
PC	%		2.5		
AG	%		43		
AF	%		56		
Filler	%		1		
P.U. BRIQUETA	gr/cc.	2.281	2.286	2.287	2.289
VACIOS	gr/cc.	8.440	6.874	4.866	3.850
V.M.A.	%	14.172	14.103	14.840	15.173
V.LL.A	%	40.503	51.531	67.259	75.097
POLVO / ASF.	%	0.496	0.624	0.861	0.977

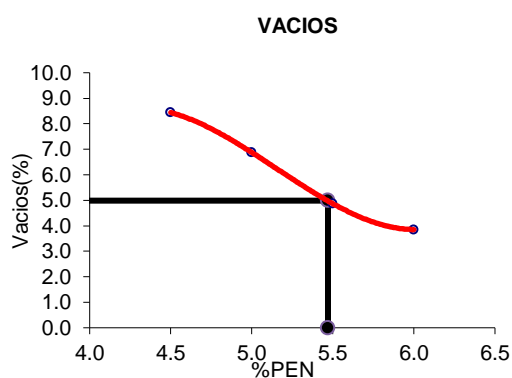
Tabla 26 Características Marshall al 3%PC

C.A	%	4.5	5	5.5	6
PC	%		3		
AG	%		43		
AF	%		56		
Filler	%		1		
P.U. BRIQUETA	gr/cc.	2.225	2.230	2.246	2.247
VACIOS	gr/cc.	7.289	7.083	4.926	3.530
V.M.A.	%	12.634	12.570	12.711	13.095
V.LL.A	%	43.713	43.960	61.254	73.467
POLVO / ASF.	%	0.474	0.486	0.684	0.842

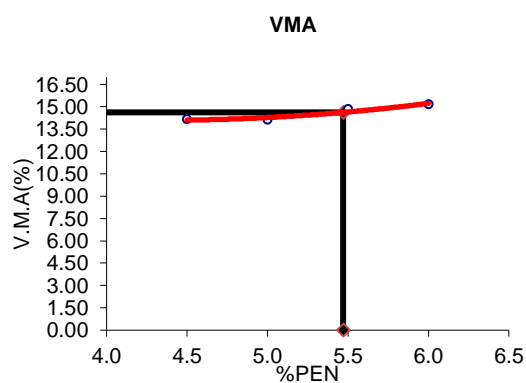
A continuación, se presentan las gráficas de adición al 2.5% de PC; dicha adición es seleccionada, ya que presentan mejores resultados en comparación a las demás; y además de está cumpliendo con los requerimientos del MTC.



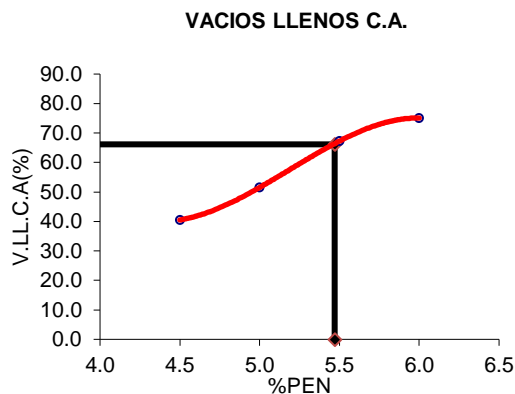
En la gráfica se muestra que, para una adición de 2.5 de PC, tiende a subir en pequeñas cantidades a medida que aumenta el PEN 60/70; es decir, tiene mucha similitud en comparación a la gráfica de muestra patrón.



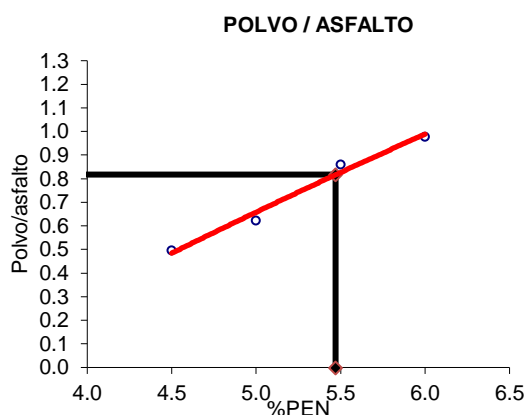
La grafica muestra que el porcentaje de vacíos decrece a medida que aumenta el contenido de PC, siendo mayor a 3% y menor que 9%.



La grafica de adición muestra que el VMA va de manera creciente a medida que aumenta el contenido de PEN 60/70, siendo mayor a 14% y menor que 15.5%.



El gráfico de % VFA muestra que aumenta, debido al aumento de PEN 60/70, encontrándose dentro del intervalo mayor a 40 % y menor a 75%.



El gráfico muestra que la relación polvo/asfalto, se encuentra mayor a 0.4 y menor a 1, el cual va de manera creciente a medida que aumenta el PEN 60/70.

Porcentaje optimo del método:

Los gráficos a continuación muestran el porcentaje óptimo de PEN 60/70, los cuales se determinaron relacionando todas las características del diseño de Marshall, de tal forma que cumplan con la normativa del MTC. De lo antes mencionado se obtuvo porcentaje óptimo 5.47 % de PEN.

Tabla 27 Característica óptima convencional

CARACTERÍSTICAS MARSHALL CONVENCIONAL		
GOLPES	75	75
% C. A.	5.47	
P. UNITARIO	2.389	
VACIOS	4.67	3 - 5
V.M.A.	16.4	14.0
V. LL.C.A.	71.46	65-75
POLVO / ASFALTO	0.9	0.6 - 1.3
FLUJO	13.73	8 - 14
ESTABILIDAD	1115.3	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJ	3250.1	1700 - 4000

Tabla 28 Características óptima 1.5%PC

CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	75
% C. A.	5.60	
P. UNITARIO	2.239	
VACIOS	4.9	3 - 5
V.M.A.	14.5	14.0
V. LL.C.A.	64.7	65-75
POLVO / ASFALTO	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO	14.0	8 - 14
ESTABILIDAD	1241.2	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3545.5	1700 - 4000

Tabla 29 Característica óptima 2.5%PC

CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	75
% C. A.	5.47	
P. UNITARIO	2.287	
VACIOS	4.98	3 - 5
V.M.A.	14.6	14
V. LL.C.A.	66.16	65-75
POLVO / ASFALTO	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO	13.98	8 - 14
ESTABILIDAD	1369.8	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3919.4	1700 - 4000

Tabla 30 Característica óptima 3%PC

CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	75
% C. A.	5.75	
P. UNITARIO	2.245	
VACIOS	4.4	3 - 5
V.M.A.	12.9	14.0
V. LL.C.A.	66.3	65-75
POLVO / ASFALTO	0.7	0.6 - 1.3
FLUJO	16.8	8 - 14
ESTABILIDAD	1536.0	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3652.6	1700 - 4000

Módulo de resiliencia:

Tabla 31 Módulo resiliente para cada tipo de muestra

FRECUENCIA TEMPERATURA ESPECIMEN	10 HZ			MUESTRA
	5 °C	25 °C	40 °C	
	1	1	1	
Carga (N)	4022.10	3776.85	3041.10	Patron
Módulo de resiliencia (MPa) T	4082.79	3178.79	2081.59	
Carga (N)	4659.75	3973.05	3727.80	Adicionada
Módulo de resiliencia (MPa) T	6880.11	5144.49	3393.12	

Según los datos presentados en la tabla, se obtuvieron resultados para muestras tanto patrones como adicionadas; se observa que, para ambas muestras, al estar sometidas a temperaturas de 5°C, el módulo de resiliencia es mayor, mientras que tiende a disminuir a temperaturas más altas. El módulo de resiliencia más alto para la muestra patrón es de 4082.79 MPa, mientras que el más bajo es de 2081.59 MPa; en contraste, para la muestra adicionada se observa un valor más alto de 6880.11 MPa y un mínimo de 3393.12 MPa.

Resistencia a la humedad inducida:

Tabla 32 Lottman de muestra patrón húmeda y seca

DATOS	Und	N° de briqueta				Promedio
		1	2	3	4	
RESISTENCIA HÚMEDA	Kg/cm2	5.08	4.85	4.78	4.92	4.91
RESISTENCIA SECA	Kg/cm2	5.98	4.87	6.51	6.38	5.94
RESISTENCIA RETENIDA	%	82.71				

La tabla muestra resultados tanto como la resistencia húmeda como seca, la cual se obtuvo mediante la tracción indirecta; se observa que la resistencia seca es mayor que la resistencia húmeda, con 5.90 Kg/cm2 y 4.92 Kg/cm2, del cual sirve para sacar la resistencia retenida, teniendo como resultado 82.71, el cual es mayor que el requerido del MTC (80% mín).

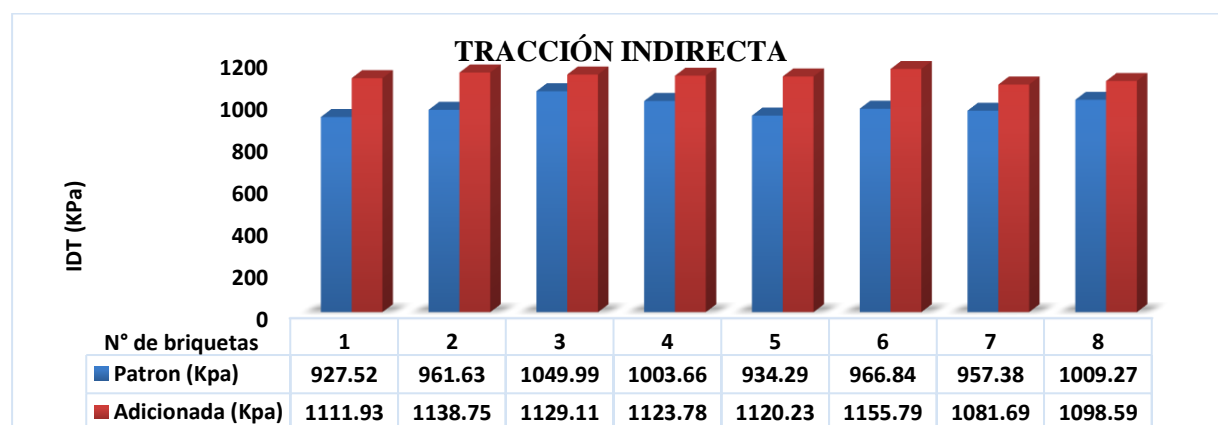
Tabla 33 Lottman de muestra modificada húmeda y seca

DATOS	Und	N° de briqueta				Promedio
		1	2	3	4	
RESISTENCIA HÚMEDA	Kg/cm2	5.95	6.07	5.81	5.74	5.89
RESISTENCIA SECA	Kg/cm2	6.80	6.92	6.47	6.63	6.71
RESISTENCIA RETENIDA	%	87.86				

En la tabla se observa resultados de la muestra con adición de PC, el cual se obtuvo 6.71Kg/cm2 para tracción de muestra seca y 5.89 Kg/cm2 de resistencia húmeda; asimismo como resistencia retenida se obtuvo 87.86%.

Tracción Indirecta:

Gráfico 12 IDT para muestra patrón y adicionada



La tabla muestra la resistencia a la tracción ensayada para un total de 16 briquetas, que comprende tanto a patrón como adicionada. Asimismo, se puede observar que la MAC adicionada tiene mayores valores en comparación que la convencional; en los cuales, el valor mínimo fue de 927.52 KPa, y el más alto 1049.99 KPa. Por otro lado, la mezcla modificada tuvo como valor mínimo 1081.69 KPa y máximo valor de 1155.79 KPa.

Comparación de mezcla convencional y adición:

Tabla 34 Comparación de MAC convencional y adicionada

C.A	%	5.47	
PC	%	-	2.5
AG	%	43	43
AF	%	56	56
Filler	%	1	1
Estabilidad	Kg	1112.48	1359.58
Flujo	mm	13.67	13.83
M. Resiliencia 5°C	Mpa	4082.79	6880.11
M. Resiliencia 25°C	Mpa	3178.79	5144.49
M. Resiliencia 40°C	Mpa	2081.59	3393.12
Húmedad	%	82.71	87.86
Tracción indirecta	Kpa	976.32	1119.98
Desgaste S	%	3.11	2.74
Desgaste H	%	8.86	7.49

La tabla muestra valores tanto para la mezcla patrón como para la mezcla adicionada, la cual engloba los resultados de los ensayos realizados. Se detalla que la mezcla adicionada presenta una mejora significativa en comparación con el patrón

Análisis económico de MAC:

La siguiente tabla muestra el costo calculado por metro cúbico para la producción de MAC, considerando el porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 5.47%, se obtuvo resultado de S/732.92.

Tabla 35 Costo de mezcla asfáltica convencional (m3)

MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
RECURSO	UND	CANTIDAD	PRECIO S/	PARCIAL S/	TOTAL S/
MATERIALES					732.92
ASFALTO PEN 60/70	gal	33.7295	20.00	674.59	
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.3793	63.56	24.11	
ARENA GRUESA	m3	0.4891	42.37	20.72	
FILLER	Bls	0.5309	25.42	13.50	

Por otro lado, la siguiente tabla nos muestra el costo calculado por metro cúbico para la producción de mezcla asfáltica adicionada, el cual al incluir PC dio un precio de S/996.09.

Tabla 36 Costo de mezcla asfáltica adicional (m3)

MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONADA					
RECURSO	UND	CANTIDAD	PRECIO S/	PARCIAL S/	TOTAL S/
MATERIALES					996.09
ASFALTO PEN 60/70	gal	32.7586	20.00	655.17	
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.3587	63.56	22.80	
ARENA GRUESA	m3	0.4625	42.37	19.60	
PC	Kg	57.9627	4.93	285.76	
FILLER	Bls	0.5020	25.42	12.76	

A continuación, se analiza por m2 considerando el porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 5.47%, se obtuvo resultado de S/67.48.

Tabla 37 APU de MAC convencional (m2)

CARPETA ASFÁLTICA CONVENCIONAL e=3"						
Rendimiento	m2/día	MO. 2050	EQ. 2050	Costo unitario por m2		67.48
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/	PARCIAL S/	TOTAL S/
MANO DE OBRA						
Operario	hh	2	0.0078	28.12	0.22	1.18
Oficial	hh	4	0.0156	22.11	0.34	
Peon	hh	8	0.0312	20.02	0.62	
MATERIALES						
ASFALTO PEN 60/70	gal		2.5702	20.00	51.40	55.89
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.0289	63.56	1.84	
ARENA GRUESA	m3		0.0373	42.37	1.58	
FILLER	Bls		0.0405	25.42	1.03	
ESCOBA DE PAJA	Und		0.0020	19.58	0.04	
EQUIPOS						
Herramientas Manuales	%mo		5	1.18	0.06	10.41
Pavimentadora 72 HP	hm	1	0.0039	350.00	1.37	
Rodillo neumatico 81-150HP8-23 ton	hm	1	0.0039	240.00	0.94	
Rodillo tanden 58-70 HP 8-10 ton	hm	1	0.0039	230.00	0.90	
Cargador frontal de 125-135HP 3 yd3	hm	1	0.0039	230.00	0.90	
Volquete de 15 m3	hm	5	0.0195	160.00	3.12	
Planta de asfalto 115 ton	hm	1	0.0039	800.00	3.12	

Por otro lado, la siguiente tabla nos muestra el costo por m² de MAC adicionada, el cual al incluir PC dio un precio de S/87.52.

Tabla 38 APU de MAC adicionada (m²)

CARPETA ASFÁLTICA ADICIONADA e=3"							
Rendimiento	m ² /dia	MO. 2050	EQ. 2050		Costo unitario por m ²		87.52
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/	PARCIAL S/	TOTAL S/	
MANO DE OBRA							
Operario	hh		2	0.0078	28.12	0.22	1.18
Oficial	hh		4	0.0156	22.11	0.34	
Peon	hh		8	0.0312	20.02	0.62	
MATERIALES							
ASFALTO PEN 60/70	gal		2.4962	20.00	49.92		75.93
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.0273	63.56	1.74		
ARENA GRUESA	m ³		0.0352	42.37	1.49		
Pc	Kg		4.4168	4.93	21.77		
FILLER	Bls		0.0383	25.42	0.97		
ESCOBA DE PAJA	Und		0.0020	19.58	0.04		
EQUIPOS							
Herramientas Manuales	%mo		5.0000	1.18	0.06		10.41
Pavimentadora 72 HP	hm	1	0.0039	350.00	1.37		
Rodillo neumatico 81-150HP8-23 ton	hm	1	0.0039	240.00	0.94		
Rodillo tanden 58-70 HP 8-10 ton	hm	1	0.0039	230.00	0.90		
Cargador frontal de 125-135HP 3 yd3	hm	1	0.0039	230.00	0.90		
Volquete de 15 m ³	hm	5	0.0195	160.00	3.12		
Planta de asfalto 115 ton	hm	1	0.0039	800.00	3.12		

Impacto ambiental de MAC:

1. Resumen de EIA:

El proyecto tiene como finalidad determinar y mitigar los efectos adversos resultantes del uso del policarbonato en la mezcla asfáltica caliente (MAC). Se busca reutilizar el policarbonato, un tipo de plástico el cual es añadirlo a la MAC para mejorar sus propiedades mecánicas, reduciendo así la necesidad de mantenimiento de las carreteras y evitando daños ambientales.

Se mencionan varios marcos legales relacionados con EIA, así como la gestión ambiental en Perú, estableciendo normativas y estándares para evaluar y abordar los posibles impactos ambientales del proyecto.

La descripción y análisis del proyecto incluye antecedentes sobre la influencia del clima en la durabilidad de las carreteras, así como los altos costos asociados con su mantenimiento. Se detalla la ubicación del proyecto y el área donde se genera la influencia, así como aspectos ambientales como la calidad del aire y del ruido. Se identifican pasivos ambientales y se realiza una evaluación de impacto ambiental, destacando la importancia de la elaboración de la MAC y la emisión de gases como los factores más relevantes.

Se propone un plan con respecto al manejo ambiental que incluye medidas que son tanto preventivas, mitigadoras y correctivas, así como un programa llamado monitoreo ambiental y finalmente uno de cierre. Se destaca la importancia de la compensación ambiental para contrarrestar los impactos negativos del proyecto, y se concluye enfatizando la necesidad de realizar una EIA para identificar y mitigar los efectos adversos en los factores ambientales (Factor más frágil fue el aire en lo que respecta a Emisión de gases, mientras que dentro de la acción más agresiva fue la elaboración de MAC).

2. Objetivo:

Su objetivo es identificar los efectos resultantes del estudio "influencia del policarbonato en las propiedades mecánicas del MAC", establecer una medida de reducción a un nivel aceptable y prevenir el daño ambiental que podría traer consigo la elaboración de la mezcla asfáltica.

3. Marco legal:

El marco legal relacionado con la EIA consta de varias normas y requisitos legales a nivel nacional. Estas reglas y directrices establecen los estándares necesarios para evaluar y abordar posibles IA del proyecto, así garantizar un enfoque eficaz y sostenible para la implementación.

3.1. Constitución política del Perú:

Es fundamental por el cual rige el ordenamiento jurídico del país. Fue lanzado 29 de diciembre de 1993 y ha estado en continuo desarrollo desde entonces. La Constitución determina la estructura del Estado del Perú, los deberes y derechos fundamentales de la ciudadanía, así como el modo de funcionamiento y organización del poder nacional.

3.2. Reglamento Nacional de Edificaciones:

La RNE del Perú es una agrupación de reglas técnicas que establecen requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir todas las edificaciones del país. Su objetivo principal es garantizar que todo ciudadano se encuentre seguro durante la etapa de construcción de un proyecto y uso de los edificios, proteger sus bienes y proteger el medio ambiente. Esta lista de criterios cubre temas desde la durabilidad estructural hasta la adecuación de los servicios esenciales y garantizar que los edificios cumplan con los más altos estándares.

3.3. Ley que crea el ministerio de transportes y comunicaciones:

Nos señala que ha sido creada en base de la Ley N° 17526 en el año 1969. Sus responsabilidades se relacionan la implementación y poner a la vanguardia en todo lo que tenga que ver el sistema del cual lleva el nombre, y esto aplica a todo nivel. Además, este ministerio contribuye al desarrollo integral y eficiente del país en el ámbito de la infraestructura de transportes y comunicaciones, estableciendo reglas que engloban la mejora de áreas del cual lleva su nombre.

3.4.Ley General del Ambiente:

La Ley N.º 28611, que entró en vigor el 13 de octubre del 2005, representa un paso importante en la gestión ambiental en nuestro país. Tiene como objetivo principal establecer normas y principios estables que garanticen un lugar seguro y equilibrado, sano lo cual es necesario para el desarrollo básico del ser humano. También pretende respetar la responsabilidad pública de participar de la buena dirección ambiental y promover la atención y conservación del MA y todos sus elementos. La finalidad es mejorar la condición de vida del pueblo peruano y lograr un desarrollo sostenible, que combine el desarrollo económico.

3.5.Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental:

La disposición N.º 27446, divulgada en el 2005, representa un paso importante en el establecimiento del SEIA, estructura concebida como un ente integrador y sincrónico destinado a identificar, prevenir, supervisar, anticipar la mejora de las consecuencias de las enfermedades ambientales. En el artículo 10 se establecen lineamientos para los EIA, los cuales deben abordar un inventario detallado de acción a llevarse a cabo, así como su área de influencia, así como la búsqueda exhaustiva de los IA a lo largo de duración del proyecto. Además, es necesario introducir medidas de gestión ambiental o definir objetivos ambientales incluidos, cuando corresponda, programas como los de gestión, contingencia, compensación y abandono. También se consideró necesario incluir un sistema de seguimiento y control.

3.6.Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental:

El DS N° 019-2009-MINAM, promulgado en el año 2009, representa un paso en la adopción de la disposición del SEIA. Este reglamento, señala que en el artículo 1º, establece el requisito para el control de identificación temprana de los IA generados por proyectos. El objetivo principal de este artículo es preservar el medio ambiente y promover el crecimiento sostenible, logrando una mejor dinámica entre el desarrollo económico y la prevención del entorno natural para las presentes y futuras generaciones. Este enfoque integrado refleja el compromiso del gobierno para la protección del medio natural y el bienestar colectivo de la ciudadanía, en modo que todas las actividades de inversión lleven al crecimiento sostenible.

3.7.Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades:

La disposición N° 26786, divulgada en 1997, establece la obligatoriedad de dar parte al CONAM en todo aquello que tenga que ver con actividades que se está llevando a cabo un proyecto, que puedan permitir aquellos límites máximos permisibles de contaminación e impacto al medio ambiente. Esta medida busca fortalecer en lo que corresponde a la gestión del medio ambiente y prevenir la degradación de este.

3.8.Ley del sistema Nacional de Evaluación y fiscalización Ambiental:

La disposición N° 29325, divulgada en el 2009, crea el SNEFA, bajo la rectoría del Organismo de OEFA. El objetivo principal de SNEFA es velar por que tanto individuos como empresas cumplan con las normativas ambientales. Asimismo, vigila y vela por que los poderes públicos cumplan con sus obligaciones, vigilancia, control, en relación con el medio ambiente. De esta manera, se busca, proteger el medio en el que nos desarrollamos de tal forma que sea sostenible.

3.9.Código penal:

En el Capítulo 13, cuando se trate de delitos ambientales. Artículo 304 es delito violar las leyes sobre protección medio ambiente, arroje desechos sólidos, líquidos, gaseosos u otros desechos fuera de lo normal, contamine el medio ambiente o cause o pueda causar daños o alteraciones a animales y plantas. El que malversare los recursos biológicos acuáticos será privado menor de 3 y mayor de 1 año, o multa no menor de 180 días sin embargo no mayor de 365 días. El artículo 305 define la contaminación grave, al tanto que el artículo 313 se ocupa de los daños al medio ambiente natural, completando así el código de delitos contra el medio ambiente.

3.10. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental:

Aprobada el 2004 en una legislación el cual establece que su finalidad es fortalecer el sistema de gestión ambiental asumiendo un papel similar al de CONAM, tanto a escala nacional como en el sectorial. Esta ley se centra en la implementación de responsabilidad ambiental en instituciones, lo cual es importante para cumplir eficazmente con sus responsabilidades y evitar errores, duplicaciones o conflictos y permitir una mejor coordinación y uso de los recursos,

3.11. Decreto de Urgencia para el Fortalecimiento de la Identificación y Gestión de Pasivos Ambientales:

El 24 del mes de enero del 2020 se divulgó bajo el DU N° 022-2020, en el cual establece objetivo fortalecer la atención a las responsabilidades ambientales en el sector terrestre y marino que se encuentre en el territorio que compete, derivadas de productos, deducciones o servicio. Es importante resaltar que esta ley eliminará actividades en los pequeños sectores de minería e hidrocarburos.

3.12. Ley Orgánica de Gobiernos Regionales:

La disposición N° 27867, divulgada en el 2002, detalla el concepto de gobiernos locales en su artículo 5, el cual señala que tienen la responsabilidad de organizar y gestionar la administración de la población local en función de su autonomía, distribución y prestación. Esto debe hacerse en políticas que comprendan tanto a nivel nacional como sectorial, a fin de mejorar

la sostenibilidad regional. Además, el art 8 muestra el compromiso territorial de buscar armonía en aprovechamiento de recursos naturales, con fines de desarrollo, protegiendo el medio en el que nos desarrollamos y conservación de la biodiversidad.

3.13. Ley General de la Salud:

La Ley N° 26842, divulgada en 1997, contiene en su Capítulo VIII disposiciones relacionadas con todo el tema ambiental en cuanto a su protección, y esto a su vez entabladas con la salud. Esta ley nos da detalle que cualquier persona o empresa tiene prohibido arrojar desperdicios, así como todo aquello que contamina aire, agua y suelo sin seguir los procedimientos de depuración necesarios, de acuerdo la disposición que garantiza la protección del medio.

3.14. Ley de Seguridad y Salud en el trabajo:

Divulgada en el 2011 mediante Ley N° 29783, tiene como finalidad ayudar a prevenir cualquier riesgo laboral en el ámbito nacional. Para llegar a la meta de lo establecido da acción de prevención por parte de la unidad económica, el servicio en lo que engloba la supervisión y control que ejerce el Gobierno, así como también los mismos trabajadores y los sindicatos que estos presentan. Por medio de la comunicación, estos actores podrán promover, difundir y seguir las leyes relacionadas con este sector. Tenga en cuenta que esta regla tiene amplia aplicabilidad en todo el ámbito económico y de servicios, según el artículo 2.

3.15. Reglamento de Estándares de Calidad del Aire:

El DS N° 003-2017-MINAM, que establece los ECA el cual involucra al factor aire, fue divulgado en el 2017. En el Art 2, se indica que el ECA del Aire es una referencia obligatoria, el cual lo hace importante para el diseño y uso de equipos de control ambiental, en todo lo relacionado a la actividad de producción, tanto si trabajan en la extracción o la prestación de servicios. Asimismo, estas normas se relacionan con los parámetros en el cual están las emisiones provenientes de las actividades mencionadas anteriormente, confirmando así su significado como marco de referencia básico para proyectos de protección ambiental.

3.16. Límites Permisibles para Ruido:

Divulgada en el 2003 por medio del DS N° 085-2003-PCM para promover políticas públicas y privadas cuya finalidad es dar mayor relevancia a las inversiones en ambos sectores para aumentar mejores estándares de calidad de vida. por ello da medidas para controlar la contaminación acústica.

3.17. Ley General de Residuos Sólidos:

El DL N° 1278, publicado en el 2016, detalla una serie de parámetros relacionadas con la recuperación de áreas, tratamiento o clarificación de suelos y otras formas de impedir su liberación definitiva. Esta ley es de aplicabilidad en toda actividad, así como aquellos procesos y acciones relacionadas al tema de conducción y tratamiento final de residuos, el cual abarca desde la generación de estos, hasta la disposición final, abarcando por diferentes generadores de residuos en el ámbito económico, social y demográfico. El capítulo 2 de esta ley tiene como objetivo gestionar de manera autónoma la gestión y tratamiento en lo que se refiere a residuos procedentes de la minería, energía, industria, pesquero, agricultura, construcción, servicios e instalaciones de limpieza y salud, servicios de apoyo médico y otros sectores competitivos.

3.18. Ley que Establece la Obligación de Elaborar y Presentar Planes de Contingencia:

La disposición N° 28551, vigente desde el 19 de junio de 2010, establece que los planes de emergencia son herramientas en lo que corresponde a la gestión, el cual define tanto objetivos como estrategias, así mismo de programas en lo que confiere a prevención y reducción de riesgo, dando respuesta a emergencia y recuperación cuando ocurra desastres. Estos programas tienen como objetivo reducir o minimizar cuando ocurran daños, así como también pérdidas que pueden presentarse como resultado de fenómenos que pueden dañar los bienes naturales, tecnológicos o industriales (artículo 2).

4. Descripción y análisis:

4.1. Antecedentes:

La vida útil de las carreteras se ve afectada por las condiciones ambientales que se presentan en la región, así como el cambio climático afecta la vida útil de los pavimentos flexibles. Además, se generan altos costos de mantenimiento, sumado a la contaminación producida por las máquinas, el retiro de agregados, transporte e instalación de la mezcla asfáltica; Es por eso que buscamos agregar PC a la mezcla de asfáltica. Por lo tanto, la introducción del policarbonato puede dar una mejora en lo que respecta a la durabilidad y vida útil, reduciendo la necesidad de mantenimiento y reconstrucción regulares. Esta extensión de la vida del pavimento, el cual reducirá la generación de residuos y ahorrar recursos ambientales, energía y costos asociados con el mantenimiento de las carreteras.

4.2. Ubicación y extensión:

la puesta en ejecución de la de la investigación “Influencia del policarbonato en las propiedades mecánicas de una MAC” el cual se realizó en el laboratorio de la Universidad:

Esta dentro de la coordenada UTM 9252585 625631 17M, así mismo sus límites son:

- Norte: calle Río Ayaviri.
- sur: hospital regional de Lambayeque.
- Este: panamericano norte.
- Oeste: Mz “J”.

Ilustración 26 Ubicación



Fuente: Microsoft Star

5. Área de influencia:

El área en el que influye la puesta en marcha la investigación se define como la aplicación de la zona en el que pueden presentar impacto tanto en los ámbitos físicos, como el biológico, sociales, culturales y por último el económico, como resultado de la preparación de mezclas asfálticas en el área de estudio.

Ilustración 27 Área de influencia



Fuente: Google earth

6. Línea base medioambiental:

dado que el laboratorio de construcción desempeña un papel importante, el procesamiento de policarbonato en asfalto caliente puede tener consecuencias medioambientales positivas. Para establecer estándares ambientales básicos, es necesario tener en cuenta muchos factores, como el impacto de la producción de policarbonato, y la generación de residuos que conlleva elaborar MAC. Otro punto importante para tomar en cuenta es sobre el impacto en la vida útil del recubrimiento. También es necesario tener en cuenta los aspectos económicos; Esto significa que también hay que tener en cuenta los costes de producción y mantenimiento.

6.1. Aspecto físico:

6.1.1. Clima:

El clima es cálido y húmedo, caracterizado por la sequía y recibe la mayor parte del sol y vientos moderados, lo cual ocurre en gran parte del año. así mismo las lluvias son muy escasas, presentándose en épocas de fenómenos

6.1.2. Temperatura:

En este sector se experimentan condiciones climáticas normales, así mismo abarca temperaturas altas de 28.27 °C entre enero y marzo, que es la temporada calurosa, y una temperatura mínima de 15.37 °C en lo que respecta a invierno. teniendo en cuenta que la línea temperamental es de 21°C.

6.2. Calidad ambiental:

6.2.1. Calidad del aire:

Antes de que comenzara el proyecto, la calidad del aire en Chiclayo según la investigación realizada es buena. Además, el riesgo de contaminación del aire es bajo, lo que decimos que no afecta a la salud.

Así mismo [59], establece los valores permitidos y su criterio de medición:

Tabla 39 Criterios para la medición de la calidad del aire

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año
	Anual	100	Media aritmética anual
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año
	Anual	25	Media aritmética anual
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año
	Anual	50	Media aritmética anual
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ^[2]	24 horas	2	No exceder
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año
	8 horas	10000	Media aritmética móvil
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética

Fuente: MINAN

6.2.2. Calidad del ruido:

La Ciudad de Chiclayo experimenta un nivel de ruido que se sitúa en la categoría de media-alta, ya que los niveles promedio de decibelios (dBa) superan los límites permitidos de 85 dBa [60].

7. Pasivos ambientales:

El proyecto en el cual se trabaja MAC con adición de PC se centrará en la evaluación e identificación del impacto del daño ambiental y las actividades humanas durante la implementación de esta investigación. Estos costes, conocidos como daños medioambientales, no se reducen y causan problemas a las personas.

Se utilizarán procedimientos detallados para determinar la responsabilidad ambiental. Esta característica proporciona una evaluación detallada de la responsabilidad ambiental y la clasifica por nivel de riesgo: bajo, medio y alto. El proceso incluye una evaluación y descripción detallada de cada factor ambiental. Este marco incluye un análisis en profundidad de las características, parámetros e impactos ambientales y proporciona una base sólida para activar disposiciones de mitigación y prevención.

Para asignar un puntaje nos guiaremos de [61]:

Tabla 40 Tabla importancia del impacto

Cuadro 36. Importancia del impacto

<p>NATURALEZA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impacto beneficioso + - Impacto perjudicial - 	<p>INTENSIDAD (IN) (Grado de Destrucción)*</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baja o mínima 1 - Media 2 - Alta 4 - Muy alta 8 - Total 1 12
<p>EXTENSION (EX) (Area de influencia)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puntual 1 - Parcial 2 - Amplio o Extenso 4 - Total 8 - Crítico (+4) 	<p>MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Largo plazo 1 - Medio plazo 2 - Corto plazo 3 - Inmediato 4 - Crítico (+4)
<p>PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fugaz o Efímero 1 - Momentáneo 1 - Temporal o Transitorio 2 - Pertinaz o Persistente 3 - Permanente y Constante 4 	<p>REVERSIBILIDAD (RV) (Reconstrucción por medios naturales)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corto Plazo 1 - Medio Plazo 2 - Largo plazo 3 - Irreversible 4
<p>SINERGIA (SI) (Potencialización de la manifestación)**</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sin sinergismo o Simple 1 - Sinergismo moderado 2 - Muy sinérgico 4 	<p>ACUMULACION (AC) (Incréments progresivos)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simple 1 - Acumulativo 4
<p>EFEECTO (EF) (Relación causa - efecto)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indirecto o Secundario 1 - Directo o Primario 4 	<p>PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Irregular (Aperiódico y Esporádico)*** 1 - Periódico o de Regularidad Intermitente 2 - Continuo 4
<p>RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recuperable de manera inmediata 1 - Recuperable a corto plazo 2 - Recuperable a medio plazo 3 - Recuperable a largo plazo 4 - Mitigable, sustituible y compensable 4 - Irrecuperable 8 	<p>IMPORTANCIA (I) (Grado de manifestación cualitativa del efecto)</p> $I = \pm (3 IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$

Fuente: Conesa

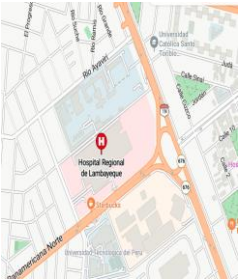
7.1. Identificación de PA:

Luego de identificar los pasivos ambientales, la evaluación se realiza según el formato de ficha propuesta. Además, identifica las causas y consecuencias de los pasivos ambientales que deben ser considerados, así como las medidas correctivas.

Una vez determinada la PA, la evaluación se realiza según los criterios anteriores. Dado que es importante considerar esto, se discutirán las causas y consecuencias de las PA, así como las posibles medidas correctivas.

Tabla 41 Identificación de PA

POSIBLE PA	CAUSA
Material excedente	Acción antropológica

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES N°1									
Material excedente producto de la elaboración de MAC									
1. UBICACIÓN									
Distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque y provincia Chiclayo									
									
2. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL									
Material excedente									
3. CAUSA/ORIGEN									
Debido a la conexión que se hace para el uso del baño portátil durante la obra									
4. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES									
Contaminación del aire		Daños ecológicos y paisajísticos	X	Botaderos					
Accesos a las calles interrumpidas		Contaminación del suelo	X	calidad de vida de los pobladores					
5. MATRIZ DE IMPORTANCIA									
Fórmula del índice de importancia del pasivo ambiental			$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$						
Intensidad (IN)	Área de influencia (EX)	Plazo de manifestación (MO)	Permanencia de afecto (PE)		Reversibilidad (RV)		Importancia		
Baja	1 Puntual	1 Largo plazo	Fugaz		Corto plazo		Irrelevante		
Media	Local	Medio plazo	Momentáneo		Medio plazo				
Alta	Regional	Inmediato	4 Temporal		Largo plazo				
Muy Alta	Extraregional		Permanente		Irreversible				
Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Relación causa/efecto (EF)	Regularidad de manifestación (PR)		Recuperabilidad	Puntuación			
Sin sinergia	Simple	1 Indirecto	Irregular		Mitigable	4			
Sinérgico	2 Acumulativo	Directo	4 Periódico		Irrecuperable	24			
Muy Sinérgico			Continuo		4				
6. Categoría Ambiental									
Ecología		Aspecto Paisajístico		Contaminación Ambiental	X	Aspectos referidos a pobladores			
7. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y CORRECTIVAS									
Que sean transportados a un lugar correcto									
8. RESPONSABLES DE EJECUCIÓN DE OBRA									
Entidades que ejecuta el proyecto									

8. Identificación y evaluación de impactos ambientales:

8.1. Posibles causantes de impacto:

Se realizó una identificación con el propósito de evaluar el IVA generado por el proyecto, el cual comprende a aquellos de índole positiva como negativa, directos o indirectos, el cual interviene con los componentes del área en que influye.

Tabla 42 Posibles causantes de IA

EQUIPOS DE PROTECCIÓN	
AGREGADOS	OBTENCIÓN DE AGREGADO FINO
	OBTENCIÓN DE AGREGADO GRUESO
	OBTENCIÓN PEN Y PC
	ENSAYO DE AGREGADOS
MAC EN LABORATORIO	ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
	MAC
	COMPACTACIÓN DE BRIQUETAS
	EXTRACCIÓN DE BRIQUETAS
	ENSAYO RICE
	ENSAYO MARSHALL
	MÓDULO DE RESILIENCIA
	LOTTMAN
	TRACCIÓN INDIRECTA
	CÁTABRO
ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA	ELIMINACIÓN DE MATERIAL
	LIMPIEZA FINAL

Fuente: Elaboración propia

Se detallan los efectos ocasionados al poner en actividad el proyecto:

- **Equipos de protección:**

Esto incluye señalización para que personal no esté cerca del lugar ya que el área está contaminada producto del calentamiento del asfalto. Así mismo si el personal que no está protegido puede sufrir daños a la salud.

- **Agregados:**

Para el traslado del material se utiliza movilidad el cual contamina el medio ambiente, así mismo para los ensayos a los agregados se genera contaminación ya se usan insumos químicos que están incluso en contacto con el agua contaminándola.

- **MAC en laboratorio:**

Engloba desde la elaboración de briquetas hasta el proceso de ensayos, el cual pone en riesgo la salud, así como también la calidad de vida, producto de la contaminación del aire, así como el ruido que genera la manipulación de máquinas.

- **Actividades complementarias:**

Esta acción tendrá impacto positivo como negativo, así mismo lo resaltante es que generará empleo.

8.2. Componentes ambientales amenazados:

En la tabla se muestran con componentes amenazados:

Tabla 43 Componentes ambientales

FACTOR	COMPONENTE
AIRE	Nivel de partículas en suspensión
	Emisión de gases
	Nivel de ruidos
AGUA	Uso de agua potable
FAUNA	Aves
	Insectos
FACTORES SOCIOECONÓMICOS	Empleo
	Transporte
FACTORES HUMANOS	Calidad de vida
	Salud y Seguridad

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen aquellos componentes:

- **Aire:**

Se verá afectado el aire, aunque en poca proporción, ya sea en ensayos previos debido a la caracterización de estos. Así mismo como es MAC se verá afectado debido a las altas temperaturas por medio del cual el cemento asfáltico emite gases. Por otro lado, el nivel de ruido se procede debido a los equipos que se utilizan al momento de ejecutar los ensayos.

- **Agua:**

Durante el proceso de desmolde de briquetas se usa petróleo para limpiar los moldes, así mismo para lavar los demás equipos se usa agua, es decir está en contacto directo.

- **Fauna:**

En el entorno hay áreas verdes por el cual circulan ciertas aves, así mismo hay insectos, lo cual el humo de la MAC puede ahuyentar a estos.

- **Socioeconómico:**

El empleo se considera a pesar de que beneficia a una parte mínima, así mismo se considera el transporte que es necesario para el traslado del material.

- **Humano:**

La actividad realizada en el estado de ejecución va disminuir en lo que respecta a calidad de la vida, ello es debido a eventos como el ruido de equipos, así como la contaminación del aire producto de la MAC. Así mismo la seguridad y salud se ve comprometida ya que se trabaja a altas temperaturas.

8.3. Matriz de Leopold:

8.3.1. Identificación de impactos:

MAGNITUD IMPORTANCIA		Matriz de identificación de impactos "Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente"																
		SEGURIDAD Y SALUD EQUIPOS DE PROTECCIÓN	AGREGADOS				MAC EN LABORATORIO										ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA	
			OBTENCIÓN DE AGREGADO FINO	OBTENCIÓN DE AGREGADO GRISES	OBTENCIÓN PEN Y PC	ENSAYO DE AGREGADOS	ELABORACIÓN DE BRIQUETAS			ENSAYOS REALIZADOS							ELIMINACIÓN DE MATERIAL	LIMPIEZA FINAL
							MAC	COMPACTACIÓN DE BRIQUETAS	EXTRACCIÓN DE BRIQUETAS	ENSAYO RUCÉ	ENSAYO MARSHALL	MÓDULO DE RESISTENCIA	LOTTMAN	TRACCIÓN INDIRECTA	CÁTBRO			
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	Nivel de partículas en suspensión	Red	Red	Red	Red	Red			Red						Red	Red	
		Emisión de gases					Red			Red								
		Nivel de ruidos	Red	Red		Red		Red	Red		Red	Red	Red	Red	Red			
	AGUA	Uso de agua potable									Red	Red	Red	Red	Red		Red	
		FAUNA	Aves					Red										
	Insectos						Red											
	FACTORES SOCIOECONÓMICOS	Empleo		Green	Green		Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
		Transporte	Red	Red	Red													
	FACTORES HUMANOS	Calidad de vida	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
		Salud y Seguridad	Green															Green

LEYENDA	
IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO	Green
NO HAY IMPACTO	White
IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO	Red

8.3.2. Evaluación de IA:

Para la EIA se calificó teniendo en cuenta la magnitud e importancia [61], así mismo para poder identificar los IA se hizo uso de la matriz de Leopold. en el cual se determinó que la acción más agresiva de este proyecto fue la “MAC”, el cual puntuó -65, mientras que el componente más frágil fue la emisión de gases con -86. Por otro lado, el IA positivo dio lugar a la elaboración de MAC con su componente de empleo.

MAGNITUD IMPORTANCIA		Matriz de identificación de impactos "Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente"																			
		EQUIPOS DE PROTECCIÓN	AGREGADOS				MAC EN LABORATORIO										ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA		MAGNITUD (+/-)	IMPORTANCIA (+)	PROMEDIO
			OBTENCIÓN DE AGREGADO FINO	OBTENCIÓN DE AGREGADO GRUESO	OBTENCIÓN PEN Y PC	ENSAYO DE AGREGADOS	MAC	ELABORACIÓN DE BRIQUETAS			ENSAYOS REALIZADOS				ELIMINACIÓN DE MATERIAL	LIMPIEZA FINAL					
								COMPACTACIÓN DE BRIQUETAS	EXTRACCIÓN DE BRIQUETAS	ENSAYO RICE	ENSAYO MARSHALL	MORDELO DE RESILIENCIA	LOTTMAN	TRACCIÓN INDIRECTA			CÁMBIO				
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	Nivel de partículas en suspensión	-2	-1		-3	-1			-1							3	4	-17	-43	
		Emisión de gases					8			6									-14	-86	
		Nivel de ruidos	-1	-2		-2		7	5	-1		5	-2	-2	2	-2	-4		-23	-70	
	AGUA	Uso de agua potable																	-10	-20	
		FAUNA	Aves					-2												-2	-4
	Insectos						-2			2									-2	-4	
	FACTORES SOCIOECONÓMICOS	Empleo	2	2	1		5	4	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	25	87	
		Transporte	-2	-2	1	1		7	6	2	1	3	1	1	1	1	2	2	-5	-9	
	FACTORES HUMANOS	Calidad de vida	-1	-1	1	-3	-5	-4	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1		1	-23	-83	
		Salud y Seguridad	5		2	1	2	7	6	1	3	1	1	1	1	1	2	2	7	34	
		6														2	2	8			
MAGNITUD (+/-)		5	-4	-4	-1	-11	-13	-5	0	-9	-3	-3	-3	-2	-7	-1	-3				
IMPORTANCIA (+)		6	9	8	3	10	26	18	4	10	7	5	5	4	10	5	14				
PROMEDIO		30	-7	-5	-1	-27	-65	-30	2	-39	-2	-5	-5	-4	-19	-5	-16		-182		

9. Plan de manejo ambiental:

Surge del análisis de IA y comprende estrategias de mejora ambientalmente durante la construcción. Protege factores ambientales vulnerables y propone medidas para evitar o reducir daños. Involucra a responsables del proyecto y participación ciudadana. Los programas propuestos abordan estas medidas.

9.1. Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas:

Está enfocado en implementar medidas del mismo nombre del programa en cuando a impactos adversos generados por el proyecto, al mismo tiempo que establece consideraciones ambientales para las actividades durante la construcción. Las medidas preventivas buscan evitar la ocurrencia de efectos ambientales negativos, mientras que las mitigadoras se aplican cuando el impacto es inevitable o difícil de corregir, con el objetivo de generar aspectos positivos que compensen los negativos. Por otro lado, las medidas correctivas se emplean para atenuar el impacto y reducir su importancia, siendo adoptadas únicamente cuando la afectación es inevitable.

Residuos sólidos:

El objetivo es disminuir los impactos de origen negativo asociados con la producción, manipulación y eliminación de residuos durante las actividades de construcción. Se establece un sistema de control para cada tipo de desecho originado en el proyecto, como restos en este caso de briquetas rotas y asfalto, clasificándolos en residuos de construcción, peligrosos y domésticos. Los residuos peligrosos, que incluyen aquellos con características inflamables, como los productos utilizados para limpiar los moldes de las briquetas, están sujetos a medidas especiales de manejo.

Segregación:

Nos detalla la NTP 900.058.2019, el cual menciona que a través de colores se identifican los depósitos de almacenamiento de residuos. Con la finalidad de dar el almacenamiento adecuado tanto para el ámbito público como privado. Para la implementación de estos se hará dentro del laboratorio.

Almacenamiento:

Durante la fase de construcción, se almacenarán los materiales en espacios que no interfieran con la comodidad de los alumnos, utilizando cobertores para prevenir la dispersión de partículas. Los residuos generados por la limpieza de moldes serán colocados en bolsas convencionales para su recolección por parte del camión municipal. Los productos inflamables se almacenarán de manera individual para evitar riesgos. En cuanto a aquellos desechos de

origen doméstico tendrán un almacenaje adecuado y luego trasladados a puntos de acopio para su recolección por el camión de basura municipal.

Transporte y disposición final:

los componentes sólidos ya no útiles, es decir de desecho serán llevados por una empresa encargada de residuos sólidos.

Subprograma de salud local:

Para eventos fortuitos de índole de accidente se acudirán a tópico de la misma casa de estudios, si es caso grave se acudirán al hospital regional de Lambayeque.

Subprograma de seguridad de EIA:

Este subprograma tiene como fin la protección y resguardo de la vida del ciudadano el medio en el que se realiza el EIA.

Dentro de las funciones, se dispondrá de una unidad de desplazamiento rápido el cual integrará a las brigadas de contingencia para responder eficazmente ante emergencias. El personal de seguridad de la entidad estará equipado con dispositivos de protección adecuados para prevenir accidentes, adaptados a las tareas realizadas PMA. Además, se dispondrá de un centro médico equipado para atender incidentes graves, evitando así posibles contingencias en el traslado de heridos a hospitales.

9.2. Programa de monitoreo ambiental:

Este programa lo que hace es supervisar diversas actividades durante la construcción, el cual comprende la calidad de aire y ruido, utilizando parámetros para evaluar su impacto en los componentes ambientales. el cual debe cumplir con el estándar nacional.

Durante la producción de asfaltos en caliente implica la vigilancia constante de las emisiones de gases para cumplir con los estándares exigidos. Durante este proceso, se miden y controlan una variedad de gases, incluidos NO_x, CO, SO₂. Estos gases pueden ser liberados durante la combustión de combustibles utilizados para calentar el asfalto, así como durante la evaporación de los materiales durante el proceso de mezcla. El monitoreo preciso de estas emisiones es esencial para la reducción de IA, así como para proteger la salud tanto del empleado como de la comunidad aledaña. Además, permite identificar mejores opciones el cual conlleva a reducir el IA negativo a lo largo del proceso de ejecución.

9.3. Programa de cierre o fin:

Este programa tiene como fin que el lugar alterado en el proceso de ejecución del proyecto tiene que ser superiormente positivas de cómo se encontraban inicialmente.

Como actividad se tiene: tareas de limpieza para asegurar que quede en condiciones adecuadas para futuros proyectos de investigación, así mismo implementar lugares apropiados para la disposición y almacenamiento de materiales utilizados.

10. Plan de compensación ambiental:

El enfoque de gestión ambiental integra procedimientos que buscan contrarrestar impacto de índole negativa ocasionados durante la realización del proyecto, procurando beneficios ambientales proporcionales. La compensación del medio se activa cuando hay fallas en la prevención, mitigación, y restauración no son viables, siguiendo el principio de jerarquía de mitigación. Según la normativa peruana SEIA, un plan de compensación ambiental es esencial en un estudio de impacto ambiental detallado. El cumplimiento de este plan está sujeto a supervisión y posibles sanciones administrativas en el futuro. La compensación debe ser efectiva mientras no sea posible aplicar medidas de prevención o rehabilitación en los elementos afectados. En este proyecto específico, se considera la reutilización de briquetas de desecho para sellar calles en Chiclayo, evitando así la contaminación del suelo por su disposición en otras áreas.

11. Conclusión:

Se han identificado el IA ocasionado por la ejecución del proyecto MAC con PC a los componentes ambientales, siguiendo el método de la matriz de Leopold, obteniendo:

- Factor más frágil: Emisión de gases.
- Acción más agresiva: Elaboración de MAC.

La EIA es necesaria en todo proyecto de obra para identificar, tratar y minimizar los efectos adversos que puedan ocurrirles a los diversos factores ambientales.

La elaboración de MAC es la acción más afecta la emisión de gases, por lo tanto, este es el factor ambiental en el que se debe brindar especial atención para dar una correcta compensación ambiental.

Resistencia al desgaste:**En seco:***Tabla 44 Resistencia al desgaste de muestra convencional en estado seco*

MUESTRA PATRON/SECA										
N° de briquetas		1	2	3	4	5	6	7	8	
Estado de probeta inicial P1	gr.	1184.90	1153.94	1177.59	1188.77	1196.46	1200.56	1172.66	1190.15	
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1149.56	1110.97	1137.74	1143.43	1160.86	1170.68	1132.83	1165.36	
Pérdida por desgaste	%	2.98	3.72	3.38	3.81	2.98	2.49	3.40	2.08	
Promedio de pérdida por desgaste	%								3.11	

La tabla muestra las pérdidas por desgaste de 8 briquetas el cual fueron sometidos a 300 revoluciones en la máquina de abrasión: las briquetas fueron trabajadas en seco, es decir, a temperatura ambiente, del cual el porcentaje de desgaste máximo fue de 3.72 y el mínimo de 2.08, así mismo se obtuvo un promedio de 3.11%.

Tabla 45 Resistencia al desgaste de muestra adicionada en estado seco

MUESTRA ÓPTIMA ADICIONADA/SECA										
N° de briquetas		1	2	3	4	5	6	7	8	
Estado de probeta inicial P1	gr.	1187.50	1176.60	1174.94	1174.68	1181.26	1178.42	1163.43	1185.79	
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1154.82	1153.78	1133.57	1136.50	1161.86	1157.75	1129.39	1170.33	
Pérdida por desgaste	%	2.75	1.94	3.52	3.25	1.64	1.75	2.93	1.30	
Promedio de pérdida por desgaste	%								2.74	

Los resultados que se observan muestran el desgaste en condición seca de briquetas con adición óptima, el cual, está compuesta al igual que el anterior por 8 briquetas; teniendo de esta forma el desgaste máximo 3.25% y el mínimo de 1.30, teniendo de tal forma un promedio de 2.74%.

*En húmedo:**Tabla 46 Resistencia al desgaste de muestra convencional en estado húmedo*

MUESTRA PATRON/HÚMEDA										
N° de briquetas		1	2	3	4	5	6	7	8	
Estado de probeta inicial P1	gr.	1196.82	1190.64	1189.59	1188.77	1191.90	1178.56	1182.66	1199.15	
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1089.74	1088.88	1083.23	1091.21	1085.44	1070.19	1077.16	1088.95	
Pérdida por desgaste	%	8.95	8.55	8.94	8.21	8.93	9.20	8.92	9.19	
Promedio de pérdida por desgaste	%								8.86	

La tabla muestras resultados tras 24 horas de exposición a 60°C, sumergido el agua, del cual se tiene el desgaste por humedad en la muestra, el cual varía entre un máximo del 9.20% y un mínimo del 8.21%. En estas circunstancias, el promedio de pérdida por desgaste es del 8.86%.

Tabla 47 Resistencia al desgaste de muestra adicionada en estado húmedo

MUESTRA OPTIMA/HÚMEDA										
N° de briquetas		1	2	3	4	5	6	7	8	
Estado de probeta inicial P1	gr.	1190.21	1197.85	1189.14	1179.15	1196.06	1199.02	1173.90	1199.79	
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1095.49	1105.54	1103.61	1095.05	1108.69	1117.69	1085.46	1100.07	
Pérdida por desgaste	%	7.96	7.71	7.19	7.13	7.30	6.78	7.53	8.31	
Promedio de pérdida por desgaste	%								7.49	

La tabla muestra el promedio de pérdida por desgaste, el cual se sitúa en el 7.49%, calculado a partir de los datos obtenidos en las pruebas realizadas; destaca que la briqueta que registró el mayor grado de desgaste alcanzó un porcentaje del 8.31%, mientras que la que mostró el menor desgaste presentó un porcentaje del 7.13%. Estos datos reflejan tanto la consistencia como la posible variación en la resistencia al desgaste de las muestras en estas condiciones específicas.

Tabla 48 % de perdidas al desgaste de MAC patrón y adicionada

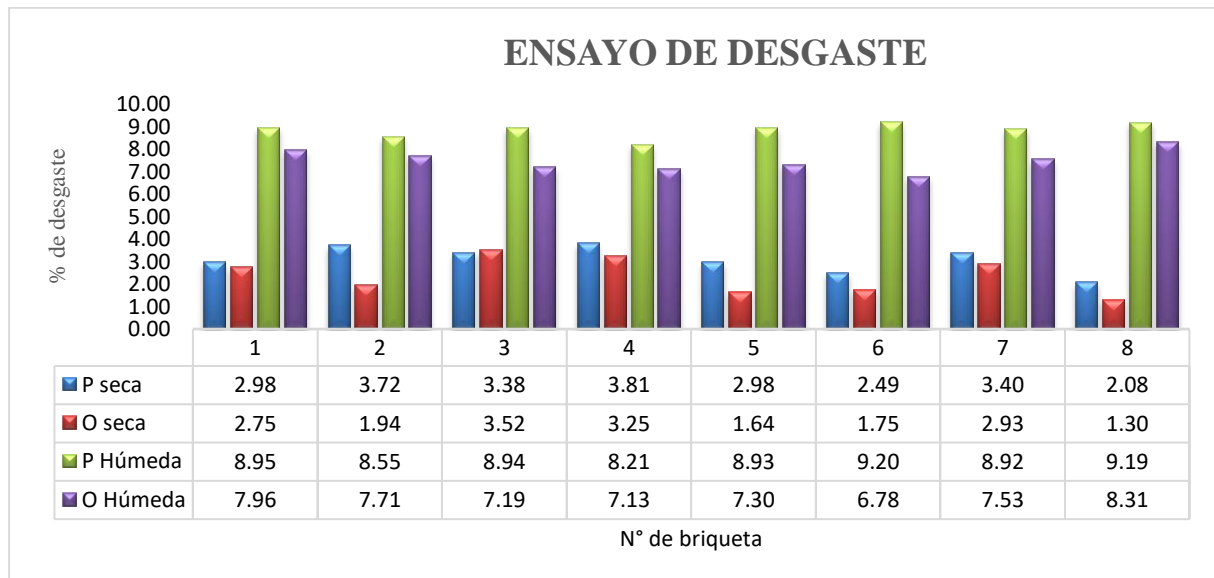
Muestra	Seco	Húmedo	% de pérdidas
Patron	3.11	8.86	2.852
Adicionada	2.74	7.49	2.736

Se obtuvo el porcentaje pérdida para muestras en estado seco y húmedo, el cual resulta de dividir la muestra en estado húmedo con el seco; de tal forma que, se obtuvo que hay mayor

pérdida para la muestra convencional de 2.852 %, mientras que la adicionada se obtuvo un porcentaje menor de 2.736%.

A continuación, se detalla en el grafico el desgaste para muestras con un contenido de PEN 5.37 patrón y 5.47adición, para muestras tanto secas como húmedas:

Gráfico 13 Desgaste de MAC



Discusión:**Caracterización:**

De acuerdo con el objetivo caracterización del agregado, se determinó la granulometría del policarbonato, el cual fue el pasante por la malla N° 4, optando por seleccionar como agregado fino retenido por la malla N°10, a fin de evitar exceder la curva granulométrica establecida por la MAC-2 si se añadía más material grueso; asimismo, se evaluó su resistencia a la temperatura mediante el ensayo de espectrometría de rayos X, evidenciando una pérdida gradual a partir de los 150 °C; por lo que, finalmente los agregados tanto fino como grueso cumplieron con los requisitos del MTC-EG 2013. Estos datos se pueden comparar con Delgadillo [27] ya que su investigación trabaja con el agregado fino pasante por la malla #200; lo logra porque el disco CDs reciclados tienen menos propiedades mecánicas en comparación con el PC utilizado para esta investigación (resistencia a la tracción en el límite elástico de 60 MPa, módulo de tracción de 2300 MPa y resistencia al impacto superior a 65 kJ/m²); asimismo en cuanto a su temperatura, el MTC-EG 2013 establece una temperatura máxima es de 140°C, excepto si la ficha técnica del PEN 60/70 indica lo contrario [47], del cual se infiere que este policarbonato si se puede a trabajar a temperaturas altas, de acuerdo al resultado dado.

Proporción de PC:

De acuerdo con el objetivo de estimar la proporción de PC, con base en datos al diseño de mezclas por método de Marshall ASTM-D6926 para cada porcentaje de adición de 1.5%, 2.5% y 3 % de PC, del cual se determinaron las proporciones para el diseño de mezclas, que fueron 18 g, 30 g, 36 g respectivamente; cabe mencionar que tal diseño inicial es solo para muestreo inicial, el cual componen 48 briquetas; asimismo, las restantes que son para optimo porcentaje de PEN 60/70, el cual no hace variar en masa al PC. Estos datos difieren con otras investigaciones [25, 27], ya a medida que cambiaron sus porcentajes de PEN, varía sus proporciones de plástico; esta diferencia se da porque lo trabajan en función a la masa de agregado PEN, mientras que para esta investigación es trabajada en función a la mezcla total.

Estabilidad y flujo:

En concordancia con el objetivo de evaluar la estabilidad y flujo, teniendo los valores de estabilidad para muestra patrón, el cual fue de 1112.48 kg; mientras que para las adiciones al 1.5%, 2.5% y 3% de PC, se obtuvo valor de estabilidad de 1246.32 kg, 1359.58 kg, 1519.86 kg. Asimismo, en cuanto al flujo, se observó que tiende a aumentar a medida que aumentaba el contenido de PEN, en el cual, para la mezcla convencional, fue de 13.67; mientras que, para las adiciones al 1.5%, 2.5% y 3% de PC, se obtuvo 13.75mm, 13.83mm, 15.92 mm, siendo este

último valor que no cumple con la normativa para tránsito pesado el cual el MTC-EG2013 establece el máximo de 14 mm. Sin embargo, en la investigación realizada por Lopez [26], en la cual hace una combinación de PC y PP para tráfico pesado, se obtuvieron diferentes valores de estabilidad: al 4% de combinación, 786.02 Kg; mientras que el valor más alto fue de 2645.42 Kg al 5.5%, y 1708.08 Kg al 7% de combinación; asimismo los valores de flujo fueron de 18 mm, 26.25 mm, 24.8 mm. Estos datos se corroboran que la estabilidad va en aumento a medida que aumenta el plástico, mientras que los valores de flujo también aumentaron; sin embargo, para la investigación comparada no cumplió con la norma ya que el máximo valor es de 14 mm.

Módulo resiliente:

De acuerdo con el objetivo de evaluar la capacidad de la MAC para recuperar su forma original, es relevante destacar que las muestras adicionadas presentan un módulo de resiliencia significativamente mayor en comparación con las muestras patrón, registrando valores por rangos de temperatura; a 25°C, el cual fue 3178.79 Mpa para la convencional y 5144.49 °C Mpa muestra adicionada, con porcentaje de mejora de 38.21%. Esto sugiere que las mezclas adicionadas muestran una mayor capacidad para recuperar su forma original después de ser sometidas a cargas por tracción, lo que indica una mayor resistencia a las deformaciones permanentes. En comparación con otros estudios, estos resultados son consistentes con investigaciones previas, ya que el estudio realizado por Ansar et al. [22] determinó que las mezclas asfálticas modificadas con PC y PTFE son más rígidas y muestran una mejor resistencia a las deformaciones permanentes. Adicionalmente a lo anterior, los resultados presentados por Jitsangiam et al. [28], en el cual trabajo a 25°C, indican que la mezcla convencional obtuvo un valor de 3192 Mpa, y la mezcla adicionada de 4768 Mpa, con porcentaje de mejora de 49.37%. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas y respaldan la viabilidad de utilizar plástico en mezclas asfálticas.

Resistencia a la humedad:

De acuerdo con el objetivo de evaluar la resistencia a la humedad inducida, se obtuvo, para la muestra convencional, una resistencia retenida de 82.71%, mientras que para la adicionada al 2.5% de PC fue de 87.86%. En comparación con los estudios realizados por [23], en el cual encontró valores de resistencia retenida para la mezcla control de 84%, mientras que las mezclas modificadas con 1% de blíster de PVC obtuvo 84.6%; Asimismo, otra investigación realizada por [24] observo que la adición de plástico, en concentraciones de hasta el 1.5% del peso de la mezcla, no afectó negativamente la resistencia a la humedad, manteniendo una resistencia retenida del 97%. Aunque el valor para la muestra convencional obtenido en esta investigación puede ser menor en comparación con estudio comparado, es importante destacar que cumplen

con los estándares establecidos por la normativa ASTM D4867, que indica un porcentaje mínimo del 80% para la resistencia retenida. Además, las diferencias en los resultados pueden atribuirse a las variaciones en los materiales empleados en cada estudio.

Tracción indirecta:

Al evaluar la resistencia a la tracción de mezcla asfáltica convencional y adicionada, se obtuvo como resultado una mejora sustancial, con un promedio del 12.83% respecto al patrón; los cuales oscilan entre 976.32 Kpa para convencional y 1119.98 Kpa para muestra adicionada. Sin embargo, en otra investigación realizada por [28] se menciona que la muestra modificada obtuvo una mejora de 0.62% entre la mezcla convencional y la adicionada. Estas diferencias pueden atribuirse a diversas variables, como diferencias en los materiales empleados, ya que el PC tiene propiedades mecánicas altas.

Comparación de MAC:

Con respecto al objetivo de realizar una comparación de MAC convencional y adicionada, los resultados encontrados muestran un incremento significativo, lo cual supone mejoras notables. Es decir, se observaron valores de estabilidad y flujo superiores para las muestras convencionales, alcanzando 1369.8 kg y 13.98 mm, respectivamente, en comparación con 1115.3 kg y 13.73 mm. Estos resultados, en comparación con la normativa establecida por el MTC-EG 2013 donde la estabilidad debe estar en el rango de 1700 a 4000 kg, y el flujo, a pesar de estar cerca del límite de 14 mm, también cumple con los requisitos normativos; además, se registró un aumento en el módulo para temperaturas menores y mayores en las muestras adicionadas, con incrementos del 33.36%, 35.52% y 28.27%, respectivamente. El ensayo de Lottman también mostró una mejora del 5.15%, dentro de los parámetros normativos del MTC EG-2013, que requieren valores superiores al 80%. Asimismo, la evaluación del desgaste reveló mejoras notables, con una pérdida de masa del 2.852% para la muestra patrón y del 2.736% para las muestras adicionadas.

Análisis económico:

Con respecto al objetivo de analizar los costos que implica la fabricación de MAC, se obtuvo como resultados obtuvo un incremento de 29.70% con respecto a la muestra patrón, lo cual representa a un aumento de S/20.04 por cada m² de mezcla adicionada; estos resultados reflejan que hay aumento en costos de producción para MAC con adición. Sin embargo, para [25] encontró una reducción del costo de 5.18% respecto a la muestra patrón, dicha reducción lo determino debido al reemplazo de agregado pétreo por plástico, lo cual difiere con los resultados de esta investigación; Asimismo, utiliza plástico de reciclaje, cuyo costo es significativamente menor.

Impacto ambiental:

Con respecto al objetivo de evaluar el impacto ambiental de la MAC, de acuerdo con la EIA, se identificó factores y acciones en el proyecto de investigación, las que posteriormente se sometieron a evaluación previa, y del cual se obtuvo resultados de los ya mencionados, en el que la acción más agresiva de este proyecto fue la elaboración de MAC, el cual puntuó -65; mientras que el componente más frágil fue el aire, por la emisión que genera, con -86. Asimismo, el impacto no se puede revertir durante la elaboración de MAC; al respecto [29] en su investigación señala que, al añadir plásticos reciclados, ya sea por método seco o húmedo, se reduce la emisión de gases de VOC y PAH, ya que estos actúan absorbiéndolo, siendo, de esta forma el método seco (14.7 % -25.9%) el que más absorbe en comparación con el húmedo (2.6% -3.6%). Tomando en consideración lo ya mencionado, esta investigación se trabajó en seco, en la que, de alguna manera, se ayudó en la posible reducción de gases, aunque de manera mínima.

Desgaste:

Con respecto al objetivo de evaluar la resistencia al desgaste de la MAC, se obtuvieron mejores resultados al evaluar la pérdida por desgaste al adicionar 2.5% de PC, comparándola con la muestra convencional, revelando una mayor susceptibilidad al desgaste en estado húmedo (8.86% convencional vs. 7.49% adicionada), mientras que en estado seco se obtuvieron mejores resultados (3.11% convencional vs. 2.74% adicionada); asimismo, en comparación con Murana et al. [21] indicó que, al reemplazar un 10% de policarbonato en el cemento asfáltico, se mejora la resistencia a la formación de rodadura, atribuyendo esta diferencia porcentual a la composición del PC; por otro lado, en la investigación realizada por Jitsangiam et al. [28], cuya muestra modificada con una combinación de plásticos mostró una pérdida de peso del 3.88%, menor que las convencionales 4.38%. Finalmente, en la tesis de Delgadillo 2023 [27], que sustituyó un 10% de asfalto por PC, también respaldó la tendencia a la mejora, demostrando una mejor resistencia al desgaste (8.078% frente a 9.76% de la muestra convencional en estado húmedo), atribuyendo las variaciones en los porcentajes de PC a la sustitución del cemento asfáltico y respaldando la mejora en la adherencia en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles. En resumen, los resultados mostraron menores pérdidas tanto en estado seco como húmedo, posiblemente debido a su inclusión como adición en la mezcla en comparación con las ya mencionadas.

Conclusiones

Se caracterizó los agregados y en su gradación para la mezcla asfáltica cumplía con las especificaciones de MAC-2, según el MTC-EG 2013, con un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ ". En cuanto al policarbonato, se utilizó como agregado fino debido a su retención en la malla 10; además, se determinó su temperatura de quemado el cual ronda en 150 °C. Asimismo, no se realizó ensayos adicionales para determinar sus propiedades mecánicas, ya que estas están detalladas en la ficha técnica. Además, los ensayos realizados a los agregados revelaron resultados satisfactorios el cual cumplían con todos los requisitos que exige el MTC EG 2013.

Se estimó la proporción de agregado PC en lo que respecta al diseño de MAC, donde se determinó que la proporción de agregados se veía afectada por los porcentajes de PEN, pero que a su vez no influía en la cantidad de PC. Asimismo, se estableció que para adiciones del 1.5%, 2.5% y 3% de PC, se necesita 18gr, 30gr y 36gr, respectivamente, por cada 1200 gr de masa.

Se evaluó la estabilidad y el flujo a través del ensayo Marshall, en el cual se concluye que la estabilidad y flujo más bajos se obtuvieron para la muestra convencional (1112.48 Kg-13.67mm), mientras que la más alta se registró al 3% de PC (1519.86Kg-15.92mm). Sin embargo, con relación al ensayo Marshall, se identificó un porcentaje óptimo de PEN, tanto para muestras convencionales como adicionadas (5.47%), y un 2.5% de PC; del cual se obtuvo para MAC convencional, 13.73 mm de flujo y 1115.3 kg de estabilidad, mientras que para la adicionada se obtuvo 13.98 mm y 1369.8 kg.

Se evaluó la capacidad que tienen las MAC para recuperar su forma original después de ser sometidas a cargas, del cual se concluye que, a temperaturas más bajas (5°C), el módulo resiliente es más elevado para ambas muestras (4082.79Mpa-6880.11Mpa); así mismo, esta disminuye a temperaturas más elevadas (2081.59Mpa-3393.12Mpa). En específico, de las 3 temperaturas analizadas (5°C, 25°C y 40°C), en comparación con las muestras patrones, las adicionadas tuvieron mejoras entre 40.66%, 38.21% y 38.65%; es decir dicha adición mejoro significativamente la propiedad mecánica de la MAC.

Se evaluó la resistencia a la humedad inducida de la MAC, en el cual la incorporación de PC mejoró su resistencia retenida en un 5.15% con respecto al patrón, esta incorporación contribuye positivamente en la capacidad de la MAC para resistir efectos adversos, lo cual puede traducirse en una mayor vida útil de las carreteras y una reducción en cuanto a costos de en lo que es el mantenimiento en periodo de largo plazo.

Se analizó el ensayo de tracción indirecta, y se concluyó que la adición del 2.5% de PC a la MAC resultó en una mejora del 12.83% en comparación con la muestra convencional; este

hallazgo sugiere que la inclusión de ciertos componentes (PC) en la mezcla asfáltica conlleva a mejoras significativas en su resistencia y capacidad de carga

Se realizó la comparación de MAC convencional y adicionada, teniendo como base los ensayos realizados, en el cual se concluye que, para estabilidad y flujo, hubo un incremento de 22.82% y 1.8%. Además, se observaron mejoras notables de resistencia retenida a humedad de 5.16%, módulo de resiliencia mejoró 32.35%, así como también la resistencia a tracción aumentó un 12.19%; finalmente se obtuvo un porcentaje de pérdidas al desgaste de 0.116% mejor en comparación con la convencional.

Se analizó el costo que genera la producción de MAC, el cual revela que, al incluir PC incrementa el costo por metro cuadrado en un 29.70% (equivalente a S/20.04 por m²) en comparación con la mezcla estándar (convencional). Es decir, el costo es algo mayor, lo que podría considerarse aceptable si se requieren mejoras en el desempeño y la durabilidad de la pavimentación.

Se evaluó el IA, concluyendo que se identificaron dos puntos críticos: la emisión de gases, considerada como el factor más frágil; y la elaboración de la mezcla asfáltica catalogada como la acción más agresiva. Es decir, la elaboración de la mezcla asfáltica con PC fue la actividad que más incidió en la emisión de gases, lo que la convierte en la más irreversible durante la ejecución del proyecto; mientras que el impacto más positivo fue la generación de empleo.

Se evaluó la resistencia al desgaste de la MAC, en el cual se concluye que las mezclas adicionadas presentan una menor pérdida de masa después de someterse a ciclo de humedad y temperatura simulados (60°C); es decir, tienen una mayor resistencia al desgaste. Asimismo, el porcentaje de índice de aumento de pérdidas fue menor con respecto a la convencional (2.736%-2.852%), aunque en proporción mínima.

Recomendaciones

Con respecto a la caracterización, se recomienda a futuras investigaciones realizar toda la evaluación calidad de los materiales, ya que la elaboración de MAC requiere de una correcta granulometría y calidad de materiales; los cuales, durante la elaboración de MAC en el laboratorio, garanticen un rendimiento consistente en la mezcla asfáltica e implique el cumplimiento con los estándares mínimos.

Se sugiere que futuras investigaciones amplíen el rango de proporciones de agregado PC evaluadas, y que consideren un enfoque general, en lugar de limitarse solo a las proporciones óptimas. Además, sería beneficioso trabajar las proporciones en relación con el peso del cemento asfáltico para obtener una comprensión adicional del impacto en la mezcla.

Para evaluar la estabilidad y el flujo mediante el ensayo Marshall, se recomienda considerar la granulometría del material para evitar excesos tanto en finos como en gruesos, ya que un exceso de finos podría resultar en muestras poco resistentes a cargas. Antes de compactar, se debe considerar el proceso de colocación en capas, colocando primero el agregado fino, luego el grueso, lo que garantizará una compactación homogénea. Además, es esencial tener en cuenta la temperatura de compactación adecuada para asegurar la resistencia de la mezcla, así como la temperatura de desmoldeo de las briquetas para prevenir deformaciones.

Con respecto a la evaluación del módulo de resiliencia en MAC con adición de polímero es crucial considerar una mayor diversidad de temperaturas durante el ensayo, para comprender mejor cómo afecta el PC a la capacidad de la mezcla para recuperar su forma original bajo diferentes condiciones climáticas.

En lo referente a la resistencia a la humedad inducida, se recomienda realizar pruebas adicionales para comprender mejor el impacto del PC en la resistencia a la humedad, en todas las proporciones de adición de PC.

En lo concerniente a la resistencia a la tracción indirecta en mezclas asfálticas con adición de PC, se recomienda realizar ensayos para todas las proporciones porcentuales de PC, es decir no solo trabajar con la óptima.

En cuanto a la comparación de MAC patrón y adición, se sugiere a futuras investigaciones realizar todos los ensayos para todas las proporciones de adición de PC, con la finalidad de tener un mayor panorama a analizar, para así tener un mayor panorama al momento de realizar las comparaciones respectivas.

De acuerdo con la evaluación económica, se recomienda para futuras investigaciones o a quienes requieran realizar pavimentación flexible, buscar otras alternativas con un tipo de

plástico que sea más económico u optar por el uso del reciclaje, así como también trabajarlo como reemplazo de una porción del asfalto.

Para mejorar la evaluación del impacto ambiental en mezclas asfálticas con adición de polímero, se recomienda explorar alternativas para reducir la emisión de gases durante la elaboración de la mezcla asfáltica. Esto podría incluir el uso de tecnologías más limpias o el cual optimicen el proceso de elaboración de MAC y contribuya a minimizar el impacto ambiental.

Con respecto al desgaste se recomienda utilizar aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el ligante asfáltico, además podría contribuir a una mayor durabilidad de la capa asfáltica.

Referencias

- [1] “Mercado global de asfalto – análisis por producto, tipo, aplicación, usuario Final y región (2025-2034)”, *EMR Informes de Expertos*, 2024, Consultado: el 8 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-asfalto>
- [2] Organización Meteorológica Mundial, “La Organización Meteorológica Mundial confirma que en 2023 la temperatura mundial batió todos los récords”, wmo.int. Consultado: el 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://wmo.int/es/news/media-centre/la-organizacion-meteorologica-mundial-confirma-que-en-2023-la-temperatura-mundial-batio-todos-los>
- [3] “Bitumen modifier market size & share, by type (atactic polypropylene, crumb, natural rubber, styrene-butadiene-styrene); application (hot, cold asphalt, torch applied); end-user (construction, infrastructure) - global supply & demand analysis, growth forecasts, statistics report 2023-2035”, *Research Nester*, 2023, Consultado: el 8 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchnester.com/reports/bitumen-modifier-market/4089>
- [4] A. H. Albayati y A. F. Alani, “Influence of Temperature on Mechanical Properties of Asphalt Concrete Mixture”, *IOPscience*, vol. 856, núm. 1, p. 012025, sep. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/856/1/012025.
- [5] L. Song, X. Xie, P. Tu, J. Fan, y J. Gao, “Study on Aging Mechanism and High-Temperature Rheological Properties of Low-Grade Hard Asphalt”, *Materials*, vol. 16, núm. 16, ago. 2023, doi: 10.3390/MA16165641.
- [6] W. Jiang, J. Xiao, D. Yuan, H. Lu, S. Xu, y Y. Huang, “Design and experiment of thermoelectric asphalt pavements with power-generation and temperature-reduction functions”, *Energy Build*, vol. 169, pp. 39–47, jun. 2018, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2018.03.049.
- [7] K. Diouri, T. El-Korchi, N. Karanjaokar, y R. B. Mallick, “Aging and temperature effects on the dynamic characteristics of asphalt mortar under impact loading”, *Constr Build Mater*, vol. 369, p. 130572, mar. 2023, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.130572.
- [8] H. Wu *et al.*, “Multi-scale analysis on fracture behaviors of asphalt mixture considering moisture damage”, *Constr Build Mater*, vol. 416, p. 135234, feb. 2024, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2024.135234.

- [9] V. Najafi Moghaddam Gilani, S. M. Hosseinian, H. Behbahani, y G. H. Hamed, “Prediction and pareto-based multi-objective optimization of moisture and fatigue damages of asphalt mixtures modified with nano hydrated lime”, *Constr Build Mater*, vol. 261, p. 120509, nov. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.120509.
- [10] W. Wang, R. Luo, J. Li, y L. Wang, “Evaluation on the influence of dynamic water pressure environment on viscoelastic mechanical performance of asphalt mixture using the bending beam rheometer method”, *Constr Build Mater*, vol. 321, p. 126428, feb. 2022, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.126428.
- [11] N. Guerrero Huamán y C. M. Chang Albitres, “La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú”, *Perfiles de Ingeniería URP*, vol. 11, núm. 11, pp. 75–82, may 2015, doi: 10.31381/PERFILES_INGENIERIA.V2I11.402.
- [12] M. R. Kakar, M. O. Hamzah, y J. Valentin, “A review on moisture damages of hot and warm mix asphalt and related investigations”, *J Clean Prod*, vol. 99, pp. 39–58, jul. 2015, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2015.03.028.
- [13] C. Vásquez Romero, “Lambayeque: transportistas en peligro por mal estado de las calles”, Republica. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://larepublica.pe/sociedad/2023/04/04/lambayeque-transportistas-en-peligro-por-mal-estado-de-las-calles-lrnd-382644>
- [14] Ministerio de transportes y comunicaciones, “Red Vial Existente del Sistema Nacional de Carreteras, según Superficie de Rodadura”, MTC. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>
- [15] D. Carhuavilca Bonett *et al.*, “Estadística de la criminalidad, seguridad ciudadana y violencia una visión desde los registros administrativos”, *INEI*, 2022, Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_estadisticas-de-la-criminalidad-seguridad-ciudadana-y-violencia.pdf
- [16] Contraloría TV, *Deficiencias en la conservación del corredor vial Tacna-Moquegua de S/ 65 millones*, (el 10 de junio de 2022). Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea Video]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=2_nLfV_nPOI

- [17] Precedence research, “Polycarbonate Market (By Product Type: Sheets, Films Blends, Other; By Application: Automotive and Transportation, Electrical and Electronics, Construction, Medical, Other End-user Applications: Sheets, Films Blends, Other; By Application: Automotive and Transportation, Electrical and Electronics, Construction, Medical, Other End-user Applications) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032”. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.precedenceresearch.com/polycarbonate-market>
- [18] J. A. Pérez Saldaña, P. A. Urrea Gómez, y J. D. Barahona Puentes, “Deformaciones permanentes y fatiga en concreto asfáltico (C.A)”, *LACCEI*, 2015, Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.laccei.org/LACCEI2015-SantoDomingo/StudentPapers/SP002.pdf>
- [19] R. Rodríguez Talavera, V. M. Castaño Meneses, y M. Martínez Madrid, “Emulsiones asfálticas”, México, 23, 2001. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://imt.mx/descarga-archivo.html?l=YXJjaGl2b3MvUHVibGljYWNPb25lc9Eb2N1bWVudG9UZWNuaWNvL2R0MjMucGRm>
- [20] R. José. Freire Santa Cruz y J. Carlos. Ramos Guadix, *El acto gráfico como construcción positivo autográfico y plancha de fotopolímero evolución histórica, estética y técnica*. Universidad de Castilla-La Mancha, 2022. Consultado: el 2 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/El_acto_gr%C3%A1fico_como_construcci%C3%B3n_Posivo/o-JvEAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- [21] A. A. Murana, A. M. Umar, M. Tyogo, A. A. Shuaibu, y Y. A. Nabage, “Performance evaluation of waste polycarbonate as bitumen modifier”, *Proceedings of the Nigerian Academy of Science*, vol. 15, núm. 1, p. 2022, jul. 2022, doi: 10.57046/UGJH5013.
- [22] M. Ansar, M. A. Sikandar, F. Althoey, M. A. U. R. Tariq, S. H. Alyami, y S. Elsayed Elkhatib, “Rheological, aging, and microstructural properties of polycarbonate and polytetrafluoroethylene modified nitumen”, *Polymers*, vol. 14, núm. 16, pp. 2–20, ago. 2022, doi: 10.3390/POLYM14163283.
- [23] N. Cajina Cruz, A. Baldi, E. Camacho Garita, y J. P. Aguiar Moya, “Evaluación de desempeño de la mezcla asfáltica modificada con residuos de PVC tipo blíster”,

- Infraestructura Vial*, vol. 23, núm. 42, pp. 13–22, jul. 2021, doi: 10.15517/IV.V23I42.44688.
- [24] M. Pasetto, A. Baliello, E. Pasquini, y L. Poulidakos, “Dry addition of recycled waste polyethylene in asphalt mixtures: a laboratory study”, *Materials*, vol. 15, núm. 14, pp. 1–19, jul. 2022, doi: 10.3390/MA15144739.
- [25] S. L. Hake, R. M. Damgir, y P. R. Awsarmal, “Utilization of plastic waste in bitumen mixes for flexible pavement”, *Transportation Research Procedia*, vol. 48, pp. 3779–3785, ene. 2020, doi: 10.1016/J.TRPRO.2020.08.041.
- [26] Omar Alexander López Estrada y Johan Enrique Mantilla Quinto, “Pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato”, Proyecto de investigación, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil, 2022.
- [27] B. Delgadillo Quispe Max Martyn, “Plástico policarbonato reciclado de discos compactos para optimizar las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles”, Tesis de investigación, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2023. Consultado: el 9 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/10302>
- [28] P. Jitsangiam, K. Nusit, P. Teeratitayangkul, G. Ping Ong, y C. Thienchai, “Development of a modified Marshall mix design for hot-mix asphalt concrete mixed with recycled plastic based on dry mixing processes”, *Constr Build Mater*, vol. 404, pp. 1–18, nov. 2023, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.133127.
- [29] Y. J. Boom, M. Enfrin, D. L. Xuan, S. Grist, D. Robert, y F. Giustozzi, “Laboratory evaluation of PAH and VOC emission from plastic-modified asphalt”, *J Clean Prod*, vol. 377, pp. 1–29, dic. 2022, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.134489.
- [30] T. Harmsen, *Diseño de estructuras de concreto armado*, 5ta ed. Pontificia Universidad Católica de Perú, 2019. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Dise%C3%B1o_de_estructuras_de_concreto_armado/mfR5EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- [31] R. Menendez Acurio, *Ingeniería de pavimentos: materiales, diseño y conservación*, 1era edición. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2009. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

- https://tienda.construccion.org/producto/coleccion_de_ingenieria_de_pavimentos
- [32] J. Toirac Corral, “Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón”, *Cienc Soc*, vol. 37, núm. 3, pp. 293–334, 2012, Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7415852>
- [33] S. Luisa Reynoso, *Los polímeros plásticos: los conceptos básicos que debes conocer durante y al salir de la universidad*, 1era edición. Zapopan: Independently Published, 2021. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/_/M1vhzgEACAAJ?hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiYhLqFwaiDAXlp5UCHTb9DwMQre8FegQIFhAH
- [34] S. Kalpakjian y S. Schmid, *Manufactura, ingeniería y tecnología*, 4ta edición. Atlacomulco: Pearson Educación, 2002. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Manufactura_ingenier%C3%ADa_y_tecnolog%C3%ADa/gilYI9_KKAoC?hl=es&gbpv=0
- [35] M. L. Cornish Alvarez, *El ABC de los plásticos*, 1era edición. Universidad Iberoamericana, 1997. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/El_ABC_de_los_pl%C3%A1sticos/QW8UyW9YO9QC?hl=es&gbpv=0
- [36] Cámara Argentina de la industria plástica, “Tipos de plásticos”, Caip.org.ar. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- [37] J. F. Camuña Rodríguez, *Acondicionado de materiales termoplásticos para su transformación*. IC editorial, 2014. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Acondicionado_de_materiales_termopl%C3%A1sti/f04pEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- [38] L. Bilurbina y F. Liesa, *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión*. Marcombo, 1990. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

- https://www.google.com.pe/books/edition/Materiales_no_met%C3%A1licos_resistentes_a_1/DzVLB11fofUC?hl=es&gbpv=0
- [39] M. P. Groover, *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*, 1era edición. Pearson Educación, 1997. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos_de_manufactura_moderna/tcV0l37tUr0C?hl=es&gbpv=1&dq=policarbonato&pg=PA201&printsec=frontcover
- [40] M. Beltrán Rico y A. Marcilla Gomis, *Tecnología de polímeros: procesado y propiedades*. San Vicente del Raspeig: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012. Consultado: el 23 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Tecnolog%C3%ADa_de_pol%C3%A1meros_Procesado_y_pr/jxilUUn4_QAC?hl=es&gbpv=1&dq=Tipos+de+pl%C3%A1sticos&pg=PA61&printsec=frontcover
- [41] J. M. López Romero, *Transformación de materiales termoplásticos*, 1era edición. Antequera: IC Editorial, 2014. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Transformaci%C3%B3n_de_materiales_termopl%C3%A1s/qkspEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=temperatura+de+fusi%C3%B3n+policarbonato&pg=PT42&printsec=frontcover
- [42] J. M. Sánchez Rivero, T. Palomino Márquez, y J. M. González Barriga, *El coordinador de seguridad y salud*. Fundación Confemetal, 2006. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/El_coordinador_de_seguridad_y_salud_2%C2%AA_e/24NtCcEtZZ0C?hl=es&gbpv=1&dq=asfaltos&pg=PA558&printsec=frontcover
- [43] H. A. Rondón Quintana y F. A. Reyes Lizcano, *Pavimentos materiales, construcción y diseño*, 2da edición. Bogotá: Ecoe Ediciones S.A.S, 2022. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Pavimentos_2da_edici%C3%B3n.html?id=UBt1EAAAQBAJ&redir_esc=y
- [44] J. H. Gary y G. E. Handwerk, *Refino de petróleo*. Barcelona: Editorial Reverte, 2021. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

- https://www.google.com.pe/books/edition/Refino_de_petr%C3%B3leo/roFJEA-AAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=los+asfaltos+contienen&pg=PA24&printsec=frontcover
- [45] Asphalt institute, *Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfálticas en caliente (MS-22)*, vol. 22. 1992. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://my.asphaltinstitute.org/Shop/Product-Details?productid=66E0AEB7-301E-E811-80F2-000D3A011CEC>
- [46] *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos*, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- [47] *Manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción*, Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- [48] *Standard method of test for resistance of compacted asphalt mixtures to moisture-induced damage*, AASTHO T283, American Association Standards Highway Transportation Officials, 2022. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://standards.globalspec.com/std/14554255/t-283>
- [49] *Standard Test Method for Determining the Resilient Modulus of Bituminous Mixtures by Indirect Tension Test*, ASTM D7369-11, American Society for Testing and Materials, 2020. doi: 10.1520/D7369-11.
- [50] A. Ruiz Rubio, “Control de mezclas bituminosas en el borrador de la normativa CEN”, *Revista Digital del Cedex*, pp. 105–124, abr. 2001, Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/issue/view/104>
- [51] M. S. Mamlouk y J. P. Zaniewski, *Materiales para ingeniería civil*, 2a ed., vol. 2. Prentice Hall, 2009. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Materiales_para_ingenier%C3%ADa_civil/8eCZcQAACAAJ?hl=es
- [52] *Manual de ensayo de materiales*, MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea].

- Disponible en:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- [53] *The qualitative detection of harmful clayr of the smectite group in aggregates using methylene blue*, AASHTO T 330-22, American Association Standards Highway Transportation Officials, 2022. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&document_name=AASHTO%20T%20330&item_s_key=00496311&item_key_date=771231
- [54] *Standard test method for flat particles, elongated particles, or flat and elongated particles in coarse aggregate*, ASTM D4791-19, American Society for Testing and Materials, 2023. doi: 10.1520/D4791-19.
- [55] Asphalt Institute, *Manual del asfalto*. Bilbao: Urmo, 1982. Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
https://www.google.com.pe/books/edition/Manual_del_asfalto/ai5RzwEACAAJ?hl=es
- [56] J. Chaverri Jiménez, V. Cervantes Calvo, y E. Rodríguez Castro, “Evaluación de los diseños de mezcla asfáltica en caliente utilizados en actividades de conservación vial ‘cumplimiento de los requisitos técnicos de las especificaciones contractuales y normativa vigente’”, *Universidad de Costa Rica*, 2009, Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1396>
- [57] V. Cervantes Calvo y W. Sequeira Rojas, “Consistencia de los diseños de mezcla según la metodología Marshall”, *Universidad de Costa Rica*, 2014, Consultado: el 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/889>
- [58] *Standard test method for indirect tensile (IDT) strength of asphalt mixtures*, ASTM D6931-17, American Society for Testing and Materials, 2017. Consultado: el 18 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/d6931-17.html>
- [59] *Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias*, DS N° 003, Ministerio del Ambiente, 2017. Consultado: el 17 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2017-minam/>

- [60] V. G. Rumiche Hernandez y L. D. Yamunaque Chaya, “Propuesta de un programa de vigilancia y monitoreo del nivel de ruido para controlar la contaminación sonora en la ciudad de Chiclayo”, Tesis de investigación, Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2021. Consultado: el 17 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/119522>
- [61] V. C. Fernández Vítora, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Mundi-Prensa. Madrid, 2009. Consultado: el 19 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Gu%C3%ADa_metodol%C3%B3gica_para_la_evaluaci%C3%B3n/wa4SAQAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Anexos

Anexo 1: Ficha técnica del policarbonato.



Catálogo Policarbonatos

Policarbonato Corrugado Clear 0.6mm
3.05x0.81m
 Polygal 148414



FICHA TÉCNICA

Características Plancha de policarbonato corrugado de 0.6mm con medida de 0.81 x 3.05 m.	Observaciones Ninguna
Profundidad Del Producto 0.06 cm	Recomendaciones De Uso Ninguna
Altura Del Producto 305 cm	Resistencia rayos UV Si
Modelo Policarbonato	Tipo de Producto Policarbonato
Ancho Del Producto 81 cm	Material Policarbonato
Color Incoloro	Tipo de Color Traslúcido
Resistencia al fuego Si	Resistencia al impacto Si
Marca Polygal	Rendimiento 2.47 m ²
Peso Del Producto 2 kg	Medida de productos en combo 0.81 x 3.05 m
Espesor 0.6 mm	Advertencia de uso Ninguna

CORRUGAL®**PLASKOLITE****CORRUGAL POLYCARBONATE SHEETS****DESCRIPTION**

PLASKOLITE EXTRUDED CORRUGATED POLYCARBONATE SHEETS are produced according to internal ISO standards and are cost-effective in a wide range of outdoor applications, such as canopies, industrial areas covers and others.

CORRUGAL extruded polycarbonate sheets provide long-life products with high transparency, outstanding impact strength, weathering and ageing resistance with UV protective layer, safe and easy fabrication and handling. Corrugated sheets can be anti-fog coated upon request, orders may be subject to minimum quantities.

CORRUGAL extruded sheets are available in a wide range of shapes, thicknesses and colors.







TYPICAL PROPERTY

Properties	Method	Units	Value
GENERAL			
Density	ISO 1183	g/cm ³	1.2
Water Absorption	ISO 62 (I)	%	0.15
Mechanical			
Tensile Strength at Yield	ISO 527-2	MPa	60
Elongation at Yield	ISO 527-2	%	6
Elongation at Break	ISO 527-2	%	> 100
Tensile Modulus	ISO 527-2	MPa	2300
Flexural Strength	ISO 178	MPa	90
Flexural Modulus	ISO 178	MPa	2300
Impact Resistance (Charpy unnotched)	ISO 179/1fu	kJ/m ²	No Break
Impact Resistance (Izod notched)	ISO 180/1A	kJ/m ²	> 65
OPTICAL			
Refractive Index	ISO 489		1.585
Light Transmission	ASTM D1003	%	90
Haze (3 mm transparent sheet)	ASTM D1003	%	< 1
THERMAL			
Vicat Softening Temp.(50N)	ISO 306	°C	144
Heat Deflection Temp. (1.82 MPa)	ISO 75-1	°C	130
Coeff. of Linear Thermal Expansion (0-500C)		m/m/m °C	6.5
Thermal Conductivity	ASTM C177	W/mK	0.2
Maximum Continuous Service Temp.		°C	85
Maximum Short Time Service Temp.		°C	120
Minimum Continuous Service Temp.		°C	-25
Minimum Short Time Service Temp.		°C	-40
ELECTRICAL			
Dielectric Constant (50Hz)	DIN 53483		3.0
Dissipation Factor tanδ (100Hz)	DIN 53483		0.0006
Dissipation Factor tanδ (1 MHz)	DIN 53483		0.009
Volume Resistivity	IEC 60093	Ohm.cm	>10 ¹⁴

CORRUGAL POLYCARBONATE SHEETS

Properties	Method	Units	Value
Surface Resistivity	IEC 60093	Ohm	>10 ¹⁵

DIMENSIONS

Type	Shape	Profile	Thickness, mm	Width, mm	Length, mm
Sinus		76/18	0.5-1.2	516, 875, 880, 900, 810, 1100, 1260	1.5-11.80
Greca		76/18	0.6-1.2	900, 956, 990, 1032, 1108, 1260	
P-7 (Big Wave)		177/51	0.8-1.2	580, 920, 1100	
TR-40 (Trapezoid-Shaped)		196/40	0.8-1.2	1118	
R-101		145/20	0.8-1.2	1070	
DV-4		333/50	0.8-1.2	1095	

Sheets are also available cut-to-size according to customer requirements.

THEORETICAL WEIGHT

Thickness, mm / Type	Weight, kg/m					
	Sinus 76/18	Greca 76/18	P-7 177/51	TR-40 196/40	R-101 145/20	DV-4 333/50
0.5	0.673					
0.6	0.808	0.892		0.862		
0.65	0.875					
0.7	0.942	1.041			0.954	
0.75	1.010	1.115				
0.8	1.077	1.190		1.149	1.090	
0.9	1.211	1.338	1.269		1.227	
1.0	1.346	1.487	1.410	1.436	1.363	1.455
1.1	1.481	1.636	1.551			
1.2	1.615	1.785	1.692	1.723		

OPTICAL PROPERTIES

Typical Colors are: clear, bronze and opal.

Optical property / Spectrum values for standard / special colors are available upon request.

Colors	Light Transmission, %
Clear	90
Opal	50
Bronze	50
Gray	35
Blue	50
Green	50
Pearl	60

Colors	Light Transmission, %
Turquoise	76
Metallic green < 0.8	35*
Metallic blue < 0.8	35*
Metallic gray < 0.8	35*
Metallic green < 0.8	18**
Metallic blue < 0.8	18**
Metallic gray < 0.8	18**

* Without diffuser

** With diffuser

Anexo 2: Validación de ensayos de laboratorio:



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N°	LEM USAT 043-2024-I
FECHA:	24 de mayo del 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Mendoza Rojas Franklin Javier

TITULO DE LA TESIS: "Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente".

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Caracterización del policarbonato: Análisis térmico diferencial (Laboratorio Trujillo)
- Requerimientos para los agregados finos:
 - Equivalente de arena
 - Angularidad del agregado fino
 - Azul de metileno
 - Índice de plasticidad (Malla N°40)
 - Durabilidad al sulfato de magnesio
 - Índice de durabilidad
 - Índice de plasticidad (Malla N°200)
 - Sales solubles totales
 - Absorción
- Requerimientos para agregados gruesos:
 - Durabilidad (Sulfato de magnesio)
 - Abrasión Los Ángeles
 - Adherencia
 - Índice de durabilidad
 - Partículas chatas y alargadas
 - Caras fracturadas



USAT
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



- Sales solubles Totales
- Absorción
- Ensayo Marshall (estabilidad y flujo)
- Ensayo de Desgaste – Cantabro
- Ensayo de humedad inducida- Lottman
- Ensayo de Tracción Indirecta – IDT
- Ensayo de Módulo de Resiliencia



Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.
Observación: Adjunto


Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Anexo 3: Ficha técnica de PEN 60/70.

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO		Fecha efectiva:		Febrero 2024	
TIPO DE PRODUCTO		CEMENTO ASFÁLTICO		Reemplaza edición de:		Enero 2019	
NOMBRE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN					
PROPIEDADES	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO DE ENSAYO				
	MIN.	MAX.	ASTM		AASHTO		
PENETRACIÓN, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5		T-49		
VOLATILIDAD							
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70		T-228		
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92		T-48		
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113		T-51		
SOLUBILIDAD en tricloroetileno, % masa	99.0		D-2042		T-44		
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA							
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754		T-179		
Pérdida por calentamiento, % masa		0.8					
Penetración retenida, % del original	52+		D-5		T-49		
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113		T-51		
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0			Francés RLB		
FLUIDEZ							
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170		T-201		
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170		T-201		
Punto de ablandamiento, °C	46		D-36		T-53		
REQUERIMIENTO GENERAL:	El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.						
OBSERVACIONES:	(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.						
Pág. 1 de 1							



Anexo 4: Ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos x.

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	FRANKLIN JAVIER MENDOZA ROJAS
TESIS	INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL POLICARBONATO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
MUESTRA	POLICARBONATO
FECHA	30 DE OCTUBRE DEL 2023

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca BRUKER, MODELO S2-PICOFOX

Fuente de rayos x: Tubo de Mo

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACIÓN: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: g/l.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 30 mg de la muestra de POLICARBONATO, la cual fue tamizada previamente a malla # 200.

3. METODO

- BASADO EN LA NORMA : ASTM C25
- VOLUMETRIA : USAQ-ME06



JEFE DE LABORATORIO:

ANALISTA RESPONSABLE:

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



AGUAS – SUELOS – ALIMENTOS – MINERALES – ACEITES -CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	FRANKLIN JAVIER MENDOZA ROJAS
TESIS	INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL POLICARBONATO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
MUESTRA	POLICARBONATO
FECHA	30 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: Policarbonato (10. GR)

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
001	500 mg	

2. ENSAYOS A APLICAR:

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL AT
- ANALISIS TERMOGRAVIMÉTRICO TG

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C
SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967,
ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN
51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO-FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25-920°C.
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG



JEFE DE LABORATORIO:
ANALISTA RESPONSABLE:

CARLOS VALQUI MENDOZA
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP 122588

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBÓN - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
NITRATO DE SODIO (NaNO ₃)	15.36	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
CLORURO DE POTASIO (KCl)	54.18	
SULFATO FERROSO (FeSO ₄)	8.30	
FOSFATO BIPOTASICO (K ₂ HPO ₄)	0.62	
SULFATO DE MAGNESIO (MgSO ₄)	1.57	
CARBONATO DIMETILO (C ₃ H ₆ O ₃)	0.21	
BISFENOL (C ₁₅ H ₁₆ O ₂)	1.61	
PÉRDIDA POR QUEMADO	18.21	

FQAPERÚ

LABORATORIO

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente Nitrato de sodio, Cloruro de potasio con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Fosfato bipotasico, carbonato dimetilo.



TECNICO DE LABORATORIO

CARLOS ALBERTO VALDIVIA
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



TRUJILLO, 30 DE OCTUBRE DEL 2023

Henry Rivadeneira Oblitas
Ingeniero Químico
CIP 122588



AGUAS – SUELOS – ALIMENTOS – MINERALES – ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 – 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

Anexo 5: Granulometría del policarbonato.

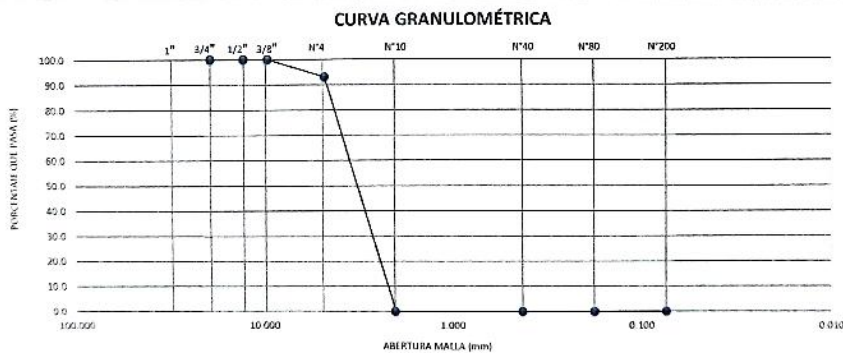


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : 9/09/2023
 ENSAYO : Granulometria del PC
 NORMA : MTC E 204

TAMIZ	ANALISIS GRANULOMÉTRICO					Proporciones Agregados	
	ASTM	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25.400	-	-	-	-	100.0	Muestra 500
3/4"	19.050	-	-	-	-	100.0	Agregado Grueso, 0.00
1/2"	12.700	-	-	-	-	100.0	Agregado Fino, 100.00
3/8"	9.525	-	-	-	-	100.0	% muestra malla N°4 7.3%
1/4"	6.350	-	-	-	-	100.0	% muestra malla N°10 92.7%
N° 4	4.760	34.6	6.92	8.9	93.1	Fino Malla 200, 0.00	
N° 6	3.360	-	-	-	-	-	
N° 8	2.380	-	-	-	-	-	
N° 10	2.000	485.4	93.08	100.0	0.0		
N°16	1.190	-	-	-	-	-	
N° 20	0.840	-	-	100.0	0.0		
N° 30	0.590	-	-	-	-	-	
N° 40	0.426	-	-	100.0	0.0		
N° 50	0.297	-	-	-	-	-	
N° 80	0.177	-	-	100.0	0.0		
N° 100	0.149	-	-	-	-	-	
N° 200	0.074	-	-	100.0	0.0		
-200	-	-	-	100.0			



Anexo 6: Granulometría del agregado fino y grueso.

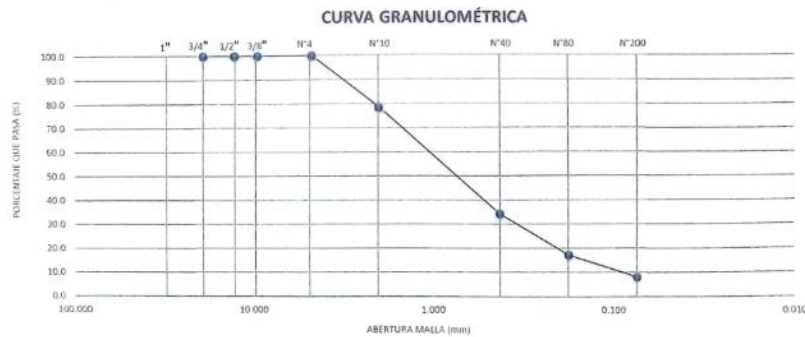


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : 9/09/2023
Ensayo : Granulometría del agregado fino
Cantera : La victoria-Pátapo
Norma : MTC E 204

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					Proporciones Agregados	
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa		
1"	25.400	-	-	-	100.0	Muestra	2280.00
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Agregado Grueso.	0.00
1/2"	12.700	-	-	-	100.0	Agregado Fino.	91.93
3/8"	9.525	-	-	-	100.0	Fino Malla 200.	8.08
1/4"	6.350	-	-	-	100.0		
N° 4	4.750	-	-	-	100.0		
N° 6	3.350	-	-	-			
N° 8	2.350	-	-	-			
N° 10	2.000	490.7	21.52	21.5	78.5		
N° 16	1.190	-	-	-			
N° 20	0.840	-	-	21.5	78.5		
N° 30	0.590	-	-	-			
N° 40	0.425	1,005.7	44.1	65.6	34.4		
N° 50	0.297	-	-	-			
N° 60	0.177	381.1	17.2	82.8	17.2		
N° 100	0.149	-	-	-			
N° 200	0.074	208.4	9.1	91.9	8.1		
-200	-	184.1	8.1	100.0	-		

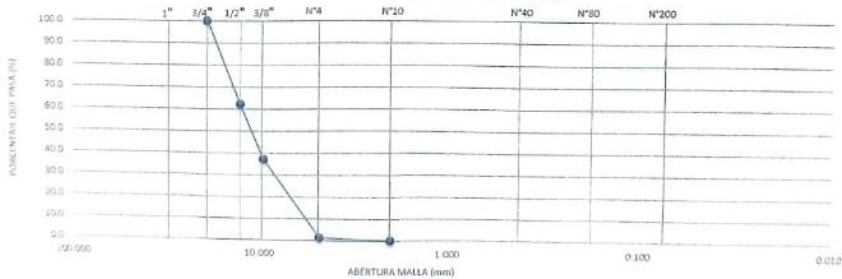




Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Escuela : Escuela de Ingenieria Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : 9/09/2023
 Ensayo : Granulometria del agregado grueso
 Cantera : Tres tomas Ferreñafe
 Norma : MTC E 204

TAMIZ ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25.400	-	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Calculos.
1/2"	12.700	649.6	37.8	37.8	62.2	Muestra Seca 1,720.0 g
3/8"	9.525	432.1	25.1	62.9	37.1	
1/4"	6.350	-	-	-	-	
N° 4	4.750	617.9	35.9	98.8	1.2	
N° 6	3.350	-	-	-	-	
N° 8	2.380	-	-	-	-	
N° 10	2.000	20.4	1.2	-	0.0	
N° 16	1.190	-	-	-	-	
N° 20	0.840	-	-	-	-	
N° 30	0.600	-	-	-	-	
N° 40	0.425	-	-	-	-	
N° 50	0.297	-	-	-	-	
N° 80	0.177	-	-	-	-	Proporciones Agregados.
N° 100	0.149	-	-	-	-	Agregado Grueso. 98.8 %
N° 200	0.074	-	-	-	-	Agregado Fino. 1.2 %
-200	-	-	-	100.0	-	Fino Malla 200. 0.0 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Signature]
 Kennedy Ribadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 7: Ensayo abrasión de los ángeles.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 15/09/2023
Ensayo : Abrasión los ángeles
Norma : MTC E 207

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe
Muestra: 5000 g

I.- Granulometría global

Mallas Pasa	Retiene	Peso retenido	% retenido	Método B
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	2500.0	50.0	2500.0
1/2"	3/8"	2500.0	50.0	2500.0
Total		5000.0	100.0	5000 ±10

II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	5000.0
- Peso final después de las 200 revoluciones	4200.0
- Peso final después de las 500 revoluciones	3870.0

III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	22.6
- % de uniformidad	0.71

OBSERVACIONES :

NOTA :

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 15/09/2023
Ensayo : Abrasión los ángeles
Norma : MTC E 207

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe
Muestra: 5000 g

% de desgaste por abrasión	%	22.6
% de uniformidad	%	0.7

Requerimientc : 40 % Maximo


OBSERVACIONES :

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




Hecho en:
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 8: Ensayo Absorción del F y G.



USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ALTIPLANO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente".
Lugar : Chiclayo-Lambayeque
Fecha de emisión : 11/09/2023
Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Norma : ASTM C-128 ó MTC E 205
Cantera :Las tres tomas-Ferreñafe
 :La victoria-Pátapo

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1007.60	1007.60
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	697.59	697.69
3.- Peso del Agua	(g)	310.01	309.91
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	693.00	694.49
5.- Peso del Frasco	(g)	197.59	197.69
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495.41	496.80
7.- Volumen del frasco	(g)	500.00	500.00

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.61
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.63
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.67
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.38


Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó MTC E 206
Cantera :Tres tomas-Ferreñafe


I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2980	2980
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	3000	3000
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2765	2768
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1883	1885


II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.67
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.69
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.72
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.67





Alcira Rivas Obillas
Enc. Laboratorio
USAT



Anexo 9: Ensayo sales solubles totales AF y AG.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente"
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 28/09/2023
Ensayo : Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
Norma : MTC E 219

Cantera : Tres tomas y Patapo
Muestra : Piedra-Arena

Muestra	g.	50	50
Agua destilada	ml	50	50

01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5.00	5.00
02	Número de beaker		1	2
03	Peso de beaker	g.	49.35	30.75
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	49.43	30.78
05	Peso de residuo de sales	g.	0.08	0.03
06	Volumen de la solución tomada	ml	100	100
07	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	800	300
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	0.08	0.03
			PROMEDIO (ppm) =	550
			PROMEDIO (%) =	0.05

Nota:

03	g.	
04	g.	
05	g.	(4)-(3)
06	ml	
07	ppm	[(5) x (1000000)] / (6)] x (1)
08	(%)	(7) / 10000



Franklin Javier Mendoza Rojas
Franklin Javier Mendoza Rojas
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

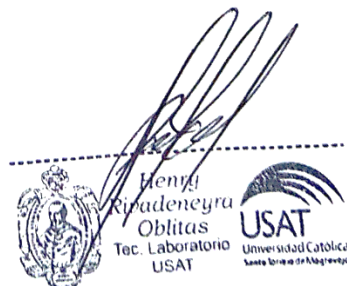


Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 28/09/2023
Ensayo : Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
Norma : MTC E 219
Cantera : La Victoria-Pátapo

<u>Cantera</u>	: Patapo		
<u>Muestra</u>	: Arena		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	300
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.03

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 28/09/2023
Ensayo : Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
Norma : MTC E 219
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe

<u>Cantera</u>	:Las tres tomas		
<u>Muestra</u>	: Piedra-Arena		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	800
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.08

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rindenebra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 10: Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio AF y AG.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



FORMATO INTERNO

Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 31/10/2023
Ensayo : Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio
Norma : MTC E 209
Cantera : La Victoria-Pátapo

Inalterabilidad del agregado fino: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Pasa	Retiene	Gradación Original (peso)	Gradación de muestra Original (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes de ensayo (g)	Peso Ret. después del	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)
3/8"	Nº 4	350.5	16.5	100	81.6	18.5	3.1
9.5 mm	4.75 mm						
Nº 4	Nº 8	500.5	23.5	100	83	17.3	4.1
4.75 mm	2.36 mm						
Nº 8	Nº 16	400.5	18.8	100	85.35	14.9	2.8
2.36 mm	1.18 mm						
Nº 16	Nº 30	350.8	16.5	100	75.59	24.5	4.0
1.18 mm	600 µm						
Nº 30	Nº 50	200.55	9.4	100	89.64	10.4	1.0
600 µm	300 µm						
Nº 50	Nº 100	180.65	8.5	100	92.88	7.4	0.6
300 µm	150 µm						
Nº 100		142.6	6.7	100	92.67	7.4	0.5
150 µm							
Totales		2126.1	100.0	701.41	600.73		16.1

Observaciones:

- Solución usada : Sulfato de Magnesio (densidad = 1.3025 gr/cm³)

- (*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.
(**) Se utiliza la pérdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original <5%
(2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.
(3) Fracciones pesadas después del ensayo
(4) = $\frac{(2)-(3)}{(2)} \times 100$
(5) = $\frac{(1) \cdot (4)}{(100)}$



Henry Rivadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 31/10/2023
Ensayo : Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio
Norma : MTC E 209
Cantera : La Victoria-Pátapo

EXAMEN CUANTITATIVO

I .- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8"	Nº 4	3.1
9.5 mm	4.75 mm	
Nº 4	Nº 8	4.1
4.75 mm	2.36 mm	
Nº 8	Nº 16	2.8
2.36 mm	1.18 mm	
Nº 16	Nº 30	4.0
1.18 mm	600 µm	
Nº 30	Nº 50	1.0
600 µm	300 µm	
Nº 50	Nº 100	0.6
300 µm	150 µm	

II .- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	16.1
----------------	-----	------

OBSERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.



Henry Rivadeneyra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT






UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 31/10/2023
Ensayo : Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio
Norma : MTC E 209
Cantera : Las Tres Tomas-Ferreñafe
Muestra : Piedra chancada

Inalterabilidad del agregado grueso: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Pasa	Retiene	Gradación Original (peso)	Gradación de la Muestra Originales (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Nº de Partículas	Peso Ret. despues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)	Nº de Partículas
2 1/2"	2"								
63 mm	50 mm								
2"	1 1/2"								
50 mm	37.5 mm								
1 1/2"	3/4"								
37.5 mm	19 mm								
3/4"	1/2"	700	66.7	670.35	143	552.56	17.6	11.7	132
19 mm	12.5 mm								
1/2"	3/8"	350	33.3	300.48	145	245.07	18.4	6.1	129
12.5 mm	9.5 mm								
Totales		1050	100.0	970.83		797.63		17.9	

Observaciones

- (2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.
 (3) Contadas antes del ensayo.
 (4) Fracciones pesadas después del ensayo.
 (5) = $\frac{(2)-(4)}{(2)} \times 100$
 (6) = $\frac{(1) \times (5)}{(100)}$
 (7) Se cuentan todas aquellas no desintegradas después del ensayo.



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 31/10/2023
Ensayo : Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio
Norma : MTC E 209
Muestra : Piedra chancada

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Las Tres Tomas-Ferreñafe
Muestra : Piedra chancada

I.- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	11.7
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	6.1
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	Nº 4	0.0
9.5 mm	4.75 mm	

II.- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL	(%)	17.9
----------------	-----	------

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

Henry Ruedencynra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente"

Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 31/10/2023
Ensayo : Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio
Norma : MTC E 209
Muestra : Piedra chancada

EXAMEN CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO EN PARTÍCULAS QUE EXHIBEN FALLA

Cantera : Las Tres Tomas-Ferreñafe
 Muestra : Piedra chancada

Tamices		Rajadas		Desmoronadas		fracturadas		Astilladas		N° total de partículas antes del ensayo
pasa	retiene	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
3/4"	1/2"	0	0	25	17	0	0	0	0	143
1/2"	3/8"	0	0	23	16	0	0	0	0	145

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


Anexo 11: Ensayo partículas chatas y alargadas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASTM 4791

Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 9/10/2023
Ensayo : Partículas chatas y alargadas
Norma : ASTM 4791
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS		ALARGADAS	
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	PESO	(%)
(pulg)	(mm)							
3/4"	19.00			100.00				
1/2"	12.50	1328.1	69.52	30.48	25.76	1.35	50.15	2.63
3/8"	9.50	411.2	21.53	8.95	50.25	2.63	47.36	2.48
1/4"	6.30	170.9	8.95	-	6.22	0.33	7.62	0.40
TOTAL					82.23	4.30	105.13	5.50

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	1910.3
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	9.8

ESPECIFICACIÓN 10% Max.

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Anexo 12: Ensayo de caras fracturadas



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : 2/11/2023
ENSAYO : Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso
NORMA : MTC E 210

CON UNA CARA FRACTURADA

Tamaño de agregado		A	B	C	D	E
PASA	RETIENE	peso retenido	Peso de caras fracturadas g	$c=(B/A)*100$	$(\%)(\text{pesoA}/st)*100$	$(C*D)/100$
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	502.60	263.91	52.51	71.12	37.34
1/2"	3/8"	204.10	141.92	69.53	28.88	20.08
TOTAL		706.70	405.83	122.04	100.00	57.43

CON 2 O MÁS CARAS FRACTURADAS

Tamaño de agregado		A	B	C	D	E
PASA	RETIENE	peso retenido	Peso de caras fracturadas g	$c=(B/A)*100$	$(\%)(\text{pesoA}/st)*100$	$(C*D)/100$
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	502.60	204.56	40.70	71.12	28.95
1/2"	3/8"	204.10	88.30	43.26	28.88	12.49
TOTAL		706.70	292.86	83.96	100.00	41.44

A	Peso de la muestra
B	Peso del material con caras de fractura
C	Porcentaje de caras fracturadas
D	Porcentaje retenido, Grdación original
E	Promedio de caras fracturadas

RESULTADOS:

CON UNA CARA FRACTURADA

87.76 %

CON 2 O MÁS CARAS FRACTURADAS

83.80 %



Henry Rivas
Ingeniero
Civil
Téc. Laboratorio
USAT

Anexo 13: Ensayo equivalente de arena.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 29/09/2023
Ensayo : Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Norma : MTC E 114
Cantera : La Victoria-Pátapo



DESCRIPCION	C - 1		
	1	2	3
MUESTRA Nº	Nº 4	Nº 4	Nº 4
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
HORA DE ENTRADA	8.01	8.05	8.10
HORA DE SALIDA	8.51	8.55	8.60
HORA DE ENTRADA	8.15	8.20	8.25
HORA DE SALIDA	8.35	8.40	8.45
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	5.20	5.50	4.70
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.70	3.20	3.20
EQUIVALENTE DE ARENA	71.2 %	58.2 %	68.1 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	66 %		

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114:	
Min	60 % Minimo

$$\text{Equivalente de arena(EA)} = \frac{\text{Lectura de la Arena}}{\text{Lectura de la Arcilla}} \times 100$$



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 29/09/2023
Ensayo : Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Norma : MTC E 114
Cantera : La Victoria-Pátapo

EXAMEN CUANTITATIVO

I.- DATOS

MUESTRA Nº	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	5.20	5.50	4.70
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.70	3.20	3.20
EQUIVALENTE DE ARENA	71.15 %	58.18 %	68.09 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	66 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 :			
60 % Minimo			



Anexo 14: Ensayo azul de metileno.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : 6/10/2023
Ensayo : Azul de metileno en agregados finos
Norma : AASTHO TP-57
Cantera : La Victoria-Pátapo

CANTERA : La Victoria -Pátapo MUESTRA M-01 FECHA DE ENSAYO : viernes, 6 de Octubre de 2023
 APLICACIÓN : ASFALTO

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución ml	Peso del	Resultado	Especificación EG-213	
	Cada	NUMERO	Material Fino		#Min.	Máx.
AGREGADO FINO - para 200	Cada 0.5 ml	80	5.0	1.6	-	8
		80	5.0	1.6		

RESULTADOS PROMEDIOS : 1.6

FORMULA DE APLICACIÓN

$$AM = \frac{C_{sol}}{p_{finos}}$$



Henry
 Juvaneyra
 Joblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT


Anexo 15: Ensayo índice de plasticidad (malla n°40).



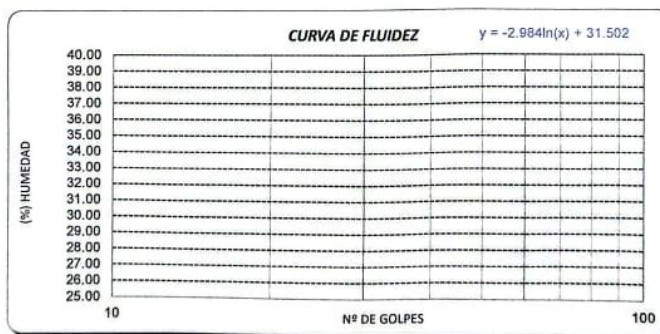
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente.
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 6/09/2023
Ensayo : Determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) (I.P.) malla N° 40.
Norma : MTC E 111
Cantera : La Victoria-Pátapo

Datos de ensayo	Límite líquido			Límite Plástico		
	12	15	16	20		
N° de tarro	12	15	16	20		
N° de golpes	35	23	15			
Tarro + suelo húmedo	27.36	27.86	26.96	26.66		
Tarro + suelo seco	25.41	25.77	24.92	24.76		
Agua	1.95	2.09	2.04	1.9		
Peso del tarro	16.15	16.19	16.24	16.14		
Peso del suelo seco	9.26	9.58	8.68	8.62		
Porcentaje de humedad	21.06	21.82	23.50	22.04		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	21.90
Límite Plástico	22.04
Índice de Plasticidad	-0.15



Observaciones:

El límite plástico resulta mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad es NP (no plástico).



TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 16: Ensayo índice de plasticidad (malla n°200).



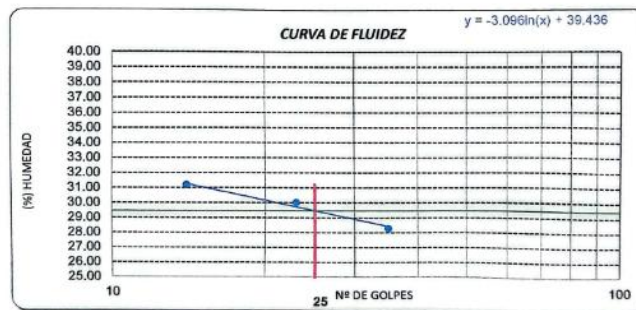
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 6/09/2023
Ensayo : Determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) (I.P.) malla N° 200.
Norma : MTC E 111
Cantera : La Victoria-Pátapo

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	12	15	16	20		
N° de tarro	12	15	16	20		
N° de golpes	35	23	14			
Tarro + suelo húmedo	27.39	26.62	25.82	18.89		
Tarro + suelo seco	25.08	24.24	23.48	18.36		
Agua	2.31	2.38	2.34	0.53		
Peso del tarro	16.91	16.31	15.98	16.34		
Peso del suelo seco	8.17	7.93	7.5	2.02		
Porcentaje de humedad	26.27	30.01	31.20	26.24		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	29.47
Límite Plástico	26.24
Índice de Plasticidad	3.23



Anexo 17: Diseño de mezclas asfálticas

MAC convencional



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Convencional

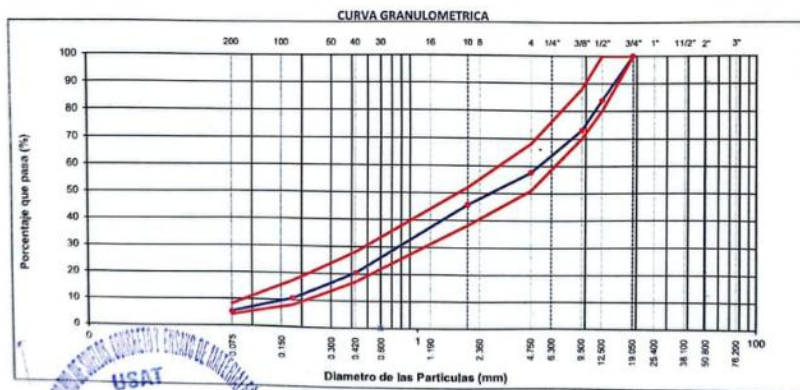
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Fleje)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC-2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	649.59	16.2	16.2	83.8	80	100
3/8"	9.500	432.11	10.8	27.0	73.0	70	88
Nº 4	4.750	617.89	15.4	42.49	57.5	51	68
Nº 10	2.000	469.32	11.8	54.3	45.7	38	52
Nº 40	0.425	1005.66	25.4	79.7	20.3	17	28
Nº 80	0.177	391.06	9.9	89.6	10.4	8	17
Nº 200	0.075	208.42	5.3	94.8	5.2	4	8
< Nº 200	FONDO	205.52	5.2	100.00			



USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TECNICO EN GEOTECNIA
 [Signature]
 USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Convencional

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100.00%

Peso de Muestra	1134	
Peso de C.A	54	4.50%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	40.58
B Arena	56.51	53.97
C Filler	1	5.46

% Que Pasa el Tamis								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2	
100	80	100	70	88	51	68	38	52

Mezcla	
Especificaciones IVB	

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.58	40.58	40.58	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	53.97	53.97	53.97	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa mallo #200)	%	0.96	0.96	0.96	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.02	1.02	1.02	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.67	2.67	2.67	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.72	2.72	2.72	2.69
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.61	2.61	2.61	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.67	2.67	2.67	2.64
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm	6.42	6.46	6.46	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr	1171.20	1179.60	1171.6	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr	1171.00	1181.10	1172.3	
15 Peso de la briqueta en el agua	gr	659.8	670.10	656.1	
16 Volumen de la briqueta	c.c	513.2	511	516.2	
17 Peso unitario de la briqueta	gr/cc	2.282	2.308	2.270	2.29
18 Peso específico técnico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.525	2.525	2.525	
19 Máxima densidad técnica de los agregados $100 / [(2/6) + (3^2/7+8) + (4^2/9+10)]$	gr/cc	2.507	2.507	2.507	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	9.63	8.59	10.12	9.44
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $100 - 2 / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$	gr/cc	2.617	2.617	2.617	
22 Peso específico Aparente del agregado total $100 - 2 / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc	2.717	2.717	2.717	
23 Peso específico efectivo del agregado total $3 + 4 / [(3/P - 8) + (4*P - 10)]$	gr/cc	2.713	2.713	2.713	
24 Asfalto observado por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.38	1.38	1.38	
25 % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	83.28	84.24	82.83	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	7.09	7.17	7.05	
27 % vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	16.72	15.76	17.17	16.55
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.18	3.19	3.19	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	42.42	45.51	41.06	43.00
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1153	1165	1098	
31 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32 Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1153	1165	1098	1139
33 Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	12	13	13	12.67
34 Fluencia	m.m.	3.05	3.30	3.30	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3783	3528	3325	3545



Henry Rivadeneira Obilitas
 Tec. LABORATORIO USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Convencional

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

Peso de Muestra	1128
Peso de C.A	60 5.0%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	40.37
B Arena	56.51	53.68
C Filler	1	5.95

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#200
100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	40.37	40.37	40.37
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	53.68	53.68	53.68
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.95	0.95	0.95
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.02	1.02	1.02
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.67	2.67	2.67
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.72	2.72	2.72
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.61	2.61	2.61
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.67	2.67	2.67
11	Peso específico aparente del filler	1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	6.55	6.31	6.44
13	Peso de la briqueta en el aire	1211.1	1160.9	1188.9
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1212.8	1162.7	1190.7
15	Peso de la briqueta en el agua	698.1	673.3	690.9
16	Volumen de la briqueta 14-15	25 C		
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	514.7	489.4	499.8
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	2.353	2.372	2.379
19	Máxima densidad teórica de las agregadas 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	2.521	2.521	2.521
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	2.488	2.488	2.488
21	Peso específico Bulk del Agregado Total 100-21/((3/7)+(4/9)+(5/11))	6.66	5.91	5.64
22	Peso específico Aparente del agregado total 100-21/((3/8)+(4/10)+(5/11))	2.691	2.691	2.691
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	2.717	2.717	2.717
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	2.732	2.732	2.732
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	0.57	0.57	0.57
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20)	83.08	83.75	83.99
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	10.26	10.34	10.37
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	16.92	16.25	16.01
29	Relación betón vacíos (26/27)*100	4.46	4.46	4.46
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	60.62	63.64	64.76
31	Factor de estabilidad	1108	1128	1027
32	Estabilidad corregida 31*32	1.00	1.09	1.04
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	1108	1230	1068
34	Fluencia	12	13	13
35	Relación Estabilidad / Fluencia	3.05	3.30	3.30
		3635	3724	3531

USAT
 Laboratorio de Geotecnia, Caminos y Ensayos
 Henry Rivas Oblias
 Ing. Oblias
 USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Convencional

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

Peso de Muestra	1122	
Peso de C.A	66	5.5%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	40.15
B Arena	56.51	53.40
C Filler	1	6.45

Mezcla	IVB
--------	-----

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.5	5.5	5.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	40.15	40.15	40.15
4	% de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4)	53.40	53.40	53.40
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.95	0.95	0.95
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.02	1.02	1.02
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.67	2.67	2.67
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.72	2.72	2.72
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.61	2.61	2.61
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.67	2.67	2.67
11	Peso específico aparente del filler	1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	6.36	6.16	6.44
13	Peso de la briqueta en el aire	1168.4	1142	1187.6
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1170.9	1144	1189.3
15	Peso de la briqueta en el agua	681.7	663.5	688.9
16	Volumen de la briqueta 14-15	489.2	480.5	500.4
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	2.388	2.377	2.373
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	2.504	2.504	2.504
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	2.469	2.469	2.469
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	4.52	5.09	5.23
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	2.691	2.691	2.691
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	2.717	2.717	2.717
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	2.735	2.735	2.735
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100 6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	0.61	0.61	0.61
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	83.88	83.47	83.35
26	% vacíos del agregado mineral 100-25	11.49	11.44	11.42
27	Asfalto efectiva / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	16.12	16.53	16.65
28	Relación betún vacíos (26/27)*100	4.93	4.93	4.93
29	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	71.31	69.20	68.60
30	Factor de estabilidad	1173	915	929
31	Estabilidad corregida 31*32	1.09	1.14	1.04
32	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	1279	1043	1018
33	Fluencia	15	13	14
34	Relación Estabilidad / Fluencia	3.81	3.30	3.56
35		3356	3159	3062



Henry Rivas Obitias
Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferrelhate(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Convencional

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1116	
Peso de C.A	72	6.0%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.94
B Arena	56.51	53.12
C Filler	1	6.94

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla	
Especificaciones IVB	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	39.94	39.94	39.94
4	% de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4)	53.12	53.12	53.12
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.94	0.94	0.94
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.02	1.02	1.02
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) [ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206]	gr/cc. 2.67	2.67	2.67
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) [ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206]	gr/cc. 2.72	2.72	2.72
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) [ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205]	gr/cc. 2.61	2.61	2.61
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) [ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205]	gr/cc. 2.67	2.67	2.67
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.5	6.44	6.59
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1196.6	1177.6	1189.7
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1198.2	1179.5	1191.9
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 699.8	683.8	692.8
16	Volumen de la briqueta 14-15	cc. 498.4	495.7	499.1
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 [ASTM D 2726, MTC E 514]	gr/cc. 2.401	2.376	2.384
18	Peso específico teórico máxima (Rice) [ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508]	gr/cc. 2.475	2.475	2.475
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.451	2.451	2.451
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ [ASTM D 3203, MTC E 505]	% 3.00	4.02	3.70
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100 - 2 / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.691	2.691	2.691
22	Peso específico Aparente del agregado total $100 - 21 / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.717	2.717	2.717
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc. 2.722	2.722	2.722
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ [ASTM D 4469, MTC E 511]	% 0.44	0.44	0.44
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 83.88	82.99	83.28
26	% del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 13.12	12.98	13.02
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 16.12	17.01	16.72
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 5.59	5.59	5.59
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 81.37	76.33	77.88
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 996	1014	1007
31	Factor de estabilidad	1.04	1.09	1.04
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 1036	1105	1047
33	Lectura del flexímetro (0.01") [35 / 0.254]	pul. 16	15	15.33
34	Fluencia	m.m. 4.06	3.81	3.81
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 2549	2901	2749



Henry Rivadeneira Oblio
 Tec. LABORATORIO USAT



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Convencional

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70.

Peso de Muestra	1116
Peso de C.A	72 6.0%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.94
B Arena	56.51	53.12
C Filler	1	6.94

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briketa	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.94	39.94	39.94	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	53.12	53.12	53.12	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.02	1.02	1.02	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.67	2.67	2.67	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.72	2.72	2.72	2.69
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.61	2.61	2.61	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.67	2.67	2.67	2.64
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briketa	cm.	6.5	6.44	6.59	
13	Peso de la briketa en el aire	gr.	1196.6	1177.6	1189.7	
14	Peso de la briketa saturada superficialmente seca	gr.	1198.2	1179.5	1191.9	
15	Peso de la briketa en el agua 25 °C	gr.	699.8	683.8	692.8	
16	Volumen de la briketa 14-15	c.c.	498.4	495.7	499.1	
17	Peso unitario de la briketa 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.401	2.376	2.384	2.39
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.475	2.475	2.475	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100/[(2/6)+(3/2)+(7/8)+(4/2)/(9+10)]$	gr/cc.	2.451	2.451	2.451	
20	% de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.00	4.02	3.70	3.58
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)]$	gr/cc.	2.691	2.691	2.691	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$	gr/cc.	2.717	2.717	2.717	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/[(3/P-8)+(4/P-10)]$	gr/cc.	2.722	2.722	2.722	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.44	0.44	0.44	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la briketa $(3+4)*17/21$	%	83.88	82.99	83.28	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briketa $100-(25+20)$	%	13.12	12.98	13.02	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	16.12	17.01	16.72	16.62
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.59	5.59	5.59	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	81.37	76.33	77.88	78.53
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	996	1014	1007	
31	Factor de estabilidad		1.04	1.09	1.04	
32	Estabilidad corregida $31*32$	kg	1036	1105	1047	1063
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	16	15	15	15.33
34	Fluencia	m.m.	4.06	3.81	3.81	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2549	2901	2745	2733



Henry Ruedeney Obledo
Ing. Civil
USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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


TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferrefafo(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Convencional

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2703	2640	2684	2705
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2109	2045	2085	2099
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3609.0	3545.0	3585.0	3599.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	594	595	599	606
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.525	2.521	2.504	2.475



Henry Riuadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

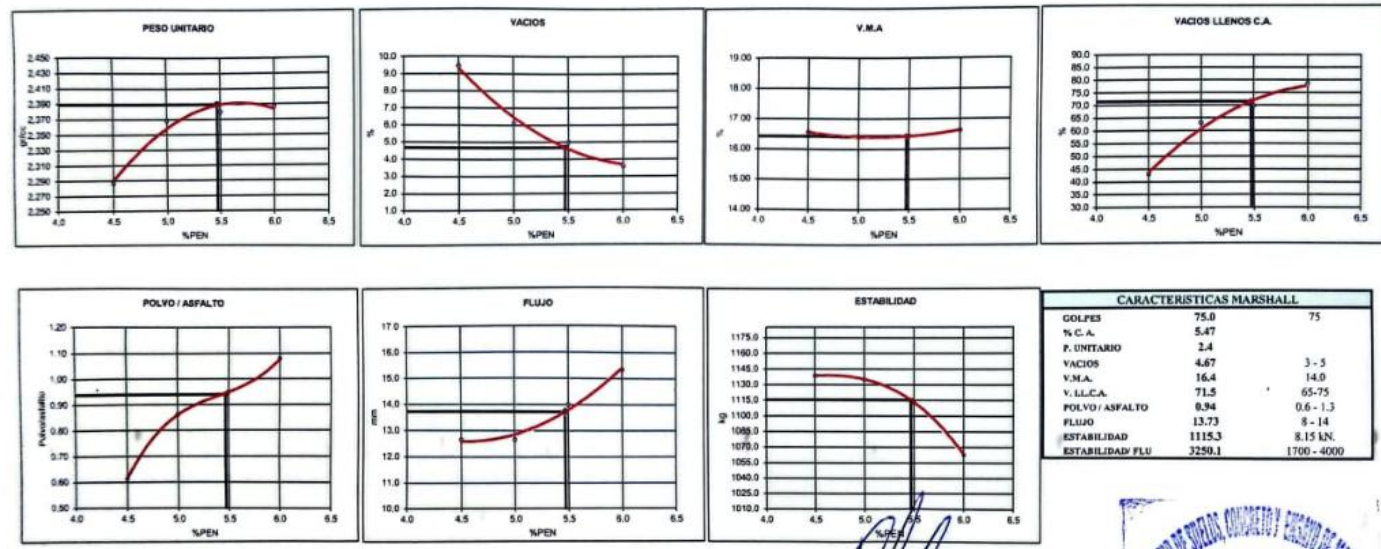
INFORME

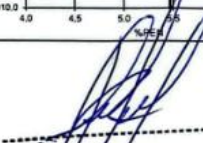
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
MÉTODO MARSHALL**

PROYECTO : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe(AG)
TESISTA : Pátapo - La Victoria(AF)
LUGAR : Mendoza Rojas Franklin Javier
FECHA DE ENSAYO : 28/02/2024


Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO






Henry Rivadeneira Obitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo





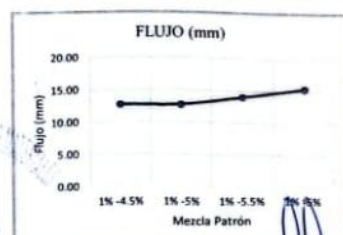
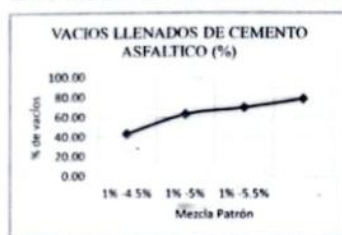
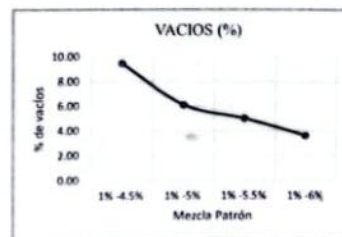
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE PEN

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferretafe (AG)
 : Pátapo - La Victoria (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Convencional

Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm2)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Relación Polvo Asfalto	Estabilidad (Kg)	Flujo (mm)	Relación Estabilidad Flujo
1%-4.5%	2.29	9.44	16.55	43.00	0.61	1138.67	12.67	3545.41
1%-5%	2.37	6.07	16.39	63.01	0.86	1135.20	12.67	3531.13
1%-5.5%	2.38	4.98	16.43	69.70	0.95	1113.28	14.00	3126.01
1%-6%	2.39	3.58	16.62	78.53	1.08	1062.79	15.33	2732.84



Henry Ribadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

MAC adicionada 1.5% de PC



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



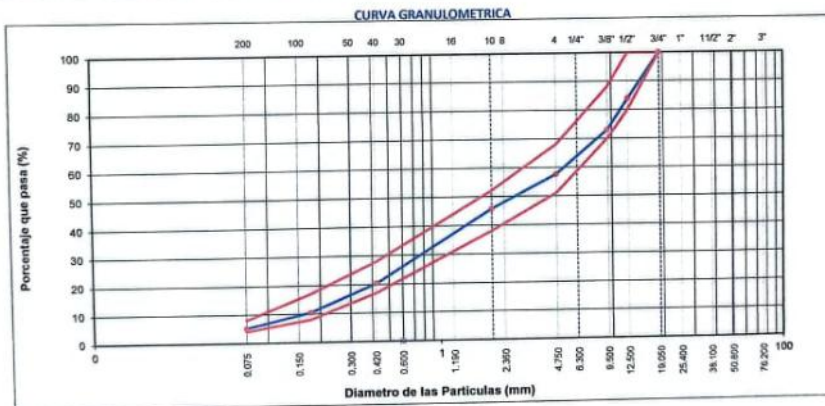
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 1.5% de PC

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 3/4"	56%
Cemento (Filiv)	1%
Total	100%
CEMENTO ASPALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0	MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	649.59	16.2	16.2	83.8	80 100	
3/8"	9.500	432.11	10.8	27.0	73.0	70 88	
Nº 4	4.750	617.89	15.4	42.49	57.5	51 68	
Nº 10	2.000	469.32	11.8	54.3	45.7	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1005.66	25.4	79.7	20.3	17 28	
Nº 80	0.177	391.08	9.9	89.6	10.4	8 17	
Nº 200	0.075	208.42	5.3	94.8	5.2	4 8	
< Nº 200	FONDO	205.52	5.2	100.0			





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 1.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

Peso de Muestra	1134
Peso de C.A	54 4.50%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.94
B Arena	56.51	53.12
C Filler	1.0	5.44
D PC	1.5	1.50

% Que Pasa el Tamiz						
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40

	100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briketa	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.94	39.94	39.94	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	53.12	53.12	53.12	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	
5'	% de policarbonato	%	1.50	1.50	1.50	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltica	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava [=>#4] (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.482	2.482	2.482	
8	Peso específico Aparente de la grava [=>#4] (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.528	2.528	2.528	2.505
9	Peso específico Bulk de la arena[=>#4] (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.575	2.575	2.575	
10	Peso específico Aparente de la arena[=>#4] (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	2.591
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
11*	Peso específico de policarbonato	gr/cc.	1.20	1.20	1.20	1.200
12	Altura promedio de la briketa	cm.	6.62	6.64	6.60	
13	Peso de la briketa en el aire	gr.	1198.30	1198.10	1191.5	
14	Peso de la briketa saturada superficialmente seca	gr.	1200.80	1200.80	1194.4	
15	Peso de la briketa en el agua 25 °C	gr.	661.1	663.80	656.50	
16	Volumen de la briketa 14-15	c.c.	539.7	537	537.9	
17	Peso unitario de la briketa 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.220	2.231	2.215	2.222
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.443	2.443	2.443	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/5) + (3^2/7+8) + (4^2/9+10)]$	gr/cc.	2.376	2.376	2.376	
20	% de vacíos con aire $100 * [(1-17)/18]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	9.12	8.67	9.33	9.04
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100-21 / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$	gr/cc.	2.473	2.473	2.473	
22	Peso específico Aparente del agregado total $100-21 / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc.	2.640	2.640	2.640	
23	Peso específico efectivo del agregado total $3+4 / [(3/P-8) + (4*P-10)]$	gr/cc.	2.614	2.614	2.614	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.22	2.22	2.22	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briketa $(3+4)*17/21$	%	85.73	86.14	85.53	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briketa $100-25+20$	%	5.16	5.18	5.15	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	14.27	13.86	14.47	14.20
28	Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	2.40	2.40	2.40	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$ %PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	36.13	37.40	35.55	36.36
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1357	1345	1365	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1262	1251	1269	1261
33	Lectura del flexímetro (0.01") [35 / 0.254]	pul	12	14	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.05	3.56	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4140	3518	3844	3834



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la Incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 1.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

Peso de Muestra	1128
Peso de C.A	60 5.0%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.73
B Arena	56.51	52.84
C Filler	1	5.94
D PC	1.5	1.50

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta	5.0	5.0	5.0	
2 C.A. en peso de la mezcla	39.73	39.73	39.73	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	52.84	52.84	52.84	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	0.94	0.94	0.94	
5 % de filler en peso de mezcla (mínima 65% pasa malla #200)	1.50	1.50	1.50	
6 % de policarbonato	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico aparente de cemento asfáltico	2.482	2.482	2.482	
8 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.528	2.528	2.528	2.505
9 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.575	2.575	2.575	
10 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.607	2.607	2.607	2.591
11 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	1.20	1.20	1.20	1.200
12 Peso específico de policarbonato	1.20	1.20	1.20	1.200
13 Altura promedio de la briqueta	6.56	6.46	6.60	
14 Peso de la briqueta en el aire	1178.90	1169.80	1186.1	
15 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1189.80	1174.30	1190.0	
16 Peso de la briqueta en el agua	660.7	642.20	665.50	
17 Volumen de la briqueta 14-15	529.1	532.1	524.5	
18 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	2.228	2.198	2.261	2.229
19 Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	2.431	2.431	2.431	
20 Máxima densidad teórica de los agregados 100/(2/6)+(3*2/7+8)+(4*2/9+10)	2.359	2.359	2.359	
21 % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	8.35	9.57	6.98	8.30
22 Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/((13/7)+(4/9)+(5/11))	2.464	2.464	2.464	
23 Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	2.640	2.640	2.640	
24 Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((1/3)*P-8)+(4*P-10)	2.621	2.621	2.621	
25 Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/((23*21)) (ASTM D 4469, MTC E 511)	2.49	2.49	2.49	
26 % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	85.90	84.76	87.19	
27 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20)	5.75	5.67	5.83	
28 % vacíos del agregado mineral 100-25	14.10	15.24	12.81	14.05
29 Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2-(24/100)*(3+4)	2.66	2.66	2.66	
30 Relación betún vacíos (26/27)*100. %PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	40.76	37.20	45.51	41.16
31 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	1305	1325	1335	
32 Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96	
33 Estabilidad corregida 31*32	1253	1272	1282	1269
34 Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	12	14	14	13
35 Fluencia	3.05	3.56	3.56	
36 Relación Estabilidad / Fluencia	4110	3577	3604	3764

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivas de la Cruz
 Obilitas
 Tcc Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 1.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1122
Peso de C.A	66 5.5%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.52
B Arena	56.51	52.55
C Filler	1	6.43
F PC	1.5	1.50

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.5	5.5	5.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	39.52	39.52	39.52
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	52.55	52.55	52.55
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.93	0.93	0.93
5'	% de policarbonato	1.50	1.50	1.50
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.482	2.482	2.482
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.528	2.528	2.528
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.575	2.575	2.575
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.607	2.607	2.607
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc. 1.20	1.20	1.20
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.40	6.67	6.38
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1186.50	1223.80	1184.7
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1188.00	1225.40	1186.0
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 662.5	670.30	660.20
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 525.5	555.1	525.8
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.258	2.205	2.253
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.347	2.347	2.347
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/5) + (3/2)(7+8) + (4/2)(9+10)]$	gr/cc. 2.343	2.343	2.343
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 3.82	6.08	4.02
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$	gr/cc. 2.473	2.473	2.473
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc. 2.640	2.640	2.640
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/P - 8) + (4*P - 10)]$	gr/cc. 2.539	2.539	2.539
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 1.07	1.07	1.07
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 86.28	84.25	86.10
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 9.91	9.67	9.88
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 13.72	15.75	13.90
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 4.50	4.50	4.50
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$. %PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	% 72.19	61.39	71.11
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1298	1378	1303
31	Factor de estabilidad	0.96	0.89	0.96
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg 1246	1226	1251
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul 13	13	15
34	Fluencia	m.m. 3.30	3.30	3.81
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 3774	3714	3283



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 1.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

Peso de Muestra	1116	
Peso de C.A	72	6.0%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.30
B Arena	56.51	52.27
C Filler	1	6.93
D PC	1.5	1.50

% Que Pasa el Tamia						
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40

Mezcla	100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	39.30	39.30	39.30
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	52.27	52.27	52.27
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.93	0.94	0.94
5'	% de policarbonato	1.50	1.50	1.50
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.482	2.482	2.482
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.528	2.528	2.528
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.575	2.575	2.575
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.607	2.607	2.607
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc. 1.20	1.20	1.20
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.60	6.50	6.35
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1216.90	1201.20	1173.1
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1219.00	1202.70	1175.4
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 671.7	665.50	655.10
16	Volumen de la briqueta 14-15	cc. 547.3	537.2	520.3
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.223	2.236	2.255
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.329	2.329	2.329
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/6) + (3^2/7+8) + (4^2/9+10)]$	gr/cc. 2.327	2.327	2.327
20	% de vacíos con aire $100 * [1 - 17/18]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 4.54	4.00	3.20
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100 \cdot 2 / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$	gr/cc. 2.473	2.473	2.473
22	Peso específico Aparente del agregado total $100 \cdot 21 / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc. 2.641	2.641	2.641
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/P-8) + (4^2/P-10)]$	gr/cc. 2.536	2.536	2.536
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 \cdot 6 [23-21] / [23 \cdot 21]$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 1.03	1.03	1.03
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	% 84.52	85.01	85.72
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 \cdot (25+20)$	% 10.94	10.99	11.08
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 15.48	14.99	14.28
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 \cdot (24/100) \cdot (3+4)$	% 5.04	5.04	5.04
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100 \cdot \% \text{PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA}$	% 70.67	73.31	77.59
30	Estabilidad sin correjo (tabla de calibración del anillo)	kg 1295	1297	1285
31	Factor de estabilidad	0.89	0.93	1.00
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg 1153	1206	1285
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	mil. 16	14	15
34	Fluencia	m.m. 4.06	3.56	3.81
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 2836	3422	3200



Henry Rivadeneyra Obitias
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS




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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
: Pátapo - La Victoria
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 1.5% de PC

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2664	2656	2701	2724
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2050	2039	2062	2080
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3550.0	3539.0	3562.0	3580.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	614	617	639	644
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.443	2.431	2.347	2.329

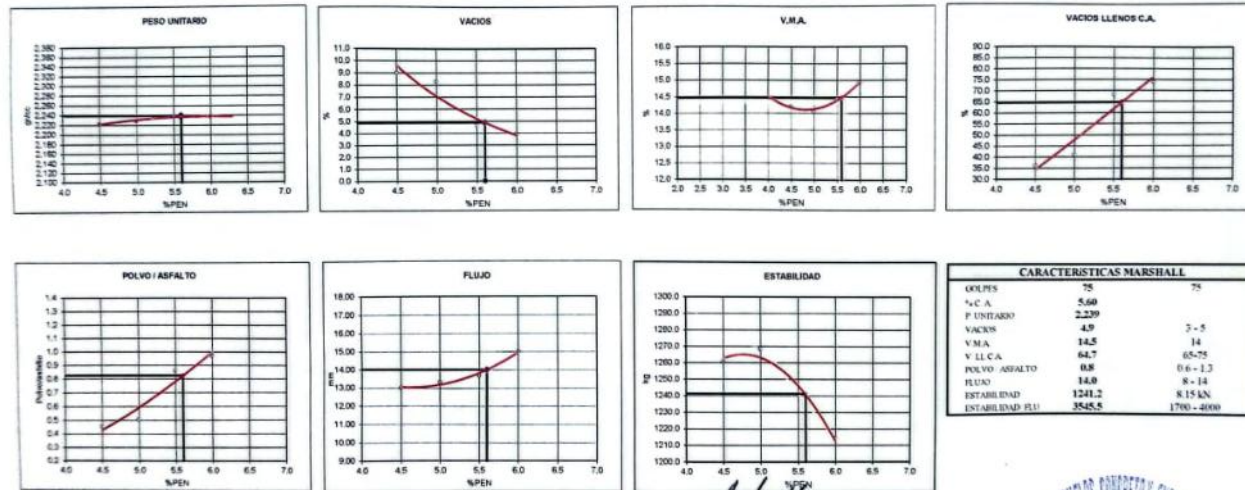


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

 <p>USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo</p>	<p>INFORME</p> <p>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL</p>
--	---

PROYECTO	Influencia de la incorporación del polcarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente			
CANTERA	Tres Tomas - Ferreñale(AG) Pátapo - La Victoria(AF)			
TESISTA	Mendoza Rojas Franklin Javier			
LUGAR	Chiclayo-Lambayeque			FECHA DE ENSAYO : 28/02/2024
Tipo de muestra	Mezcla asfáltica en caliente (MAC)			
Descripción	Diseño MAC con 1.5%PC			

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO




 Henry Roldeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



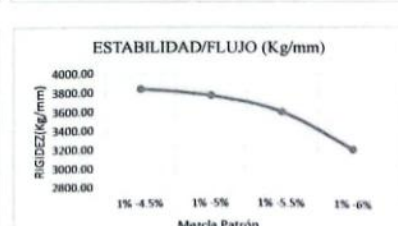
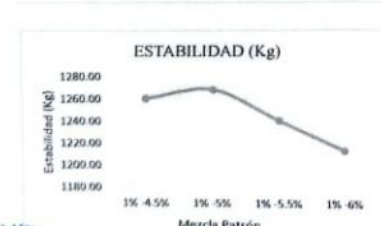
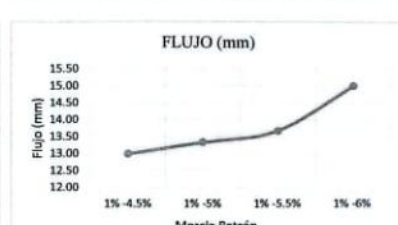
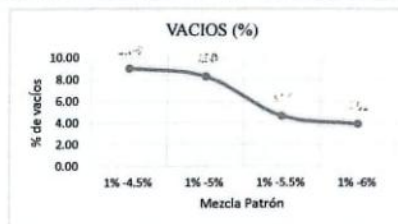
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE PEN Y 1.5%PC

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 1.5% de PC

Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Relación Polvo Asfalto	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Estabilidad Flujo
1% -4.5%	2.22	9.04	14.20	36.36	0.46	13.00	1260.77	3834.17
1% -5%	2.23	8.30	14.05	41.16	0.51	13.33	1268.80	3763.78
1% -5.5%	2.24	4.64	14.46	68.23	0.87	13.67	1241.13	3590.35
1% -6%	2.24	3.91	14.91	73.86	0.97	15.00	1214.59	3200.25



Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

MAC adicionada 2.5% de PC



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



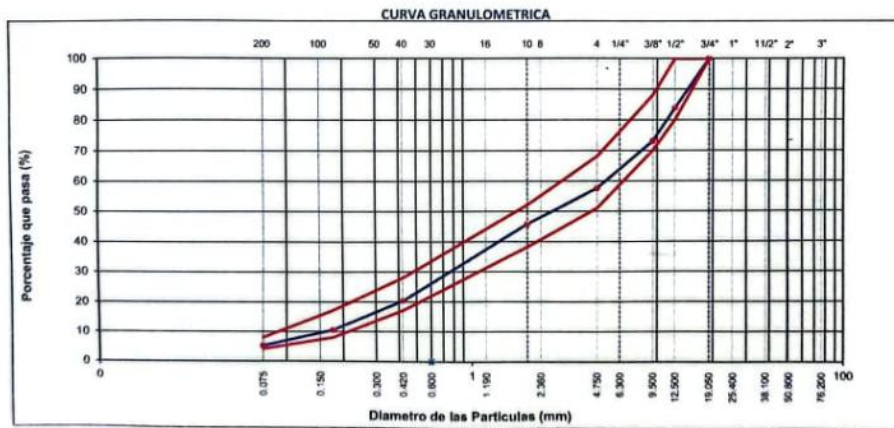
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 2.5% de PC
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filer)	1%
Total	100%

TAMAÑO MAXIMO : 1/2" -
 Peso inicial seco : 4000 g

TRAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	649.59	16.2	16.2	83.8	80 100	
3/8"	9.500	432.11	10.8	27.0	73.0	70 88	
Nº 4	4.750	617.89	15.4	42.49	57.5	51 68	
Nº 10	2.000	469.32	11.8	54.3	45.7	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1005.66	25.4	79.7	20.3	17 28	
Nº 80	0.177	391.08	9.9	89.6	10.4	8 17	
Nº 200	0.075	208.42	5.3	94.8	5.2	4 8	
< Nº 200	FONDO	205.52	5.2	100.0			



Henry Rivas Obilias
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente

LUGAR : Chiclayo-Lambayeque

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)

: Pátapo - La Victoria(AF)

TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier

MUESTRA : Adicionada 2.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100.00%

Peso de Muestra	1134	
Peso de C.A	54	4.50%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Muestra	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.49	39.52
Arena	56.51	52.55
Filler	1.0	5.43
PC	2.5	2.50

% Que Pasa el Tamiz						
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40

	100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla	Especificaciones IVB
--------	----------------------

		100.00			
#		1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta				
2	C.A. en peso de la mezcla	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	39.52	39.52	39.52	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	52.55	52.55	52.55	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.93	0.93	0.93	
5'	% de policarbonato	2.50	2.50	2.50	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.670	2.670	2.670	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.715	2.715	2.715	2.693
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.614	2.614	2.614	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.671	2.671	2.671	2.643
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47	1.470
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc. 1.20	1.20	1.20	1.200
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.78	6.61	6.80	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1218.30	1187.10	1198.4	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1220.60	1189.30	1200.5	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 682.2	671.60	676.80	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 538.4	517.7	523.7	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.263	2.293	2.288	2.281
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.492	2.492	2.492	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc. 2.436	2.436	2.436	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 9.19	7.97	8.16	8.44
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.538	2.538	2.538	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.790	2.790	2.790	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc. 2.672	2.672	2.672	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 2.02	2.02	2.02	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 85.13	86.27	86.09	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 5.69	5.76	5.75	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 14.87	13.73	13.91	14.17
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 2.59	2.59	2.59	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100 - \% \text{PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA}$	% 38.23	41.95	41.33	40.50
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1410	1415	1392	
31	Factor de estabilidad	0.93	1.00	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 1311	1415	1366	1354
33	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 13	14	13	13.3
34	Fluencia	m.m. 3.30	2.96	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 397	479	404.7	3999



Henry Rivadeneira Oblitas
 Ing. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 2.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

Peso de Muestra	1128
Peso de C.A	60 5.0%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.49	39.30
Arena	56.51	52.27
Filler	1	5.93
PC	2.5	2.50

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	39.30	39.30	39.30
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	52.27	52.27	52.27
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.93	0.93	0.93
5'	% de policarbonato	2.50	2.50	2.50
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.670	2.670	2.670
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.715	2.715	2.715
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.614	2.614	2.614
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.671	2.671	2.671
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.20	1.20	1.20
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc. 1.20	1.20	1.20
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.72	6.74	6.54
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1206.30	1220.90	1176.2
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1208.60	1222.20	1177.2
15	Peso de la briqueta en el agua	gr. 687.0	690.10	654.80
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 521.6	532.1	522.4
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.313	2.294	2.252
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.455	2.455	2.455
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.418	2.418	2.418
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 5.80	6.54	8.29
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.529	2.529	2.529
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.790	2.790	2.790
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc. 2.650	2.650	2.650
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 2) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 1.86	1.86	1.86
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 86.89	86.21	84.59
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 7.31	7.26	7.12
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 13.11	13.79	15.41
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 3.25	3.25	3.25
29	Relación betón vacíos $(26/27) * 100$... %PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	% 55.78	52.60	46.21
30	Estabilidad sin corrección (tabla de calibración del anillo)	kg 1403	1357	1417
31	Factor de estabilidad	1.00	0.96	1.00
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 1403	1303	1417
33	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 14	14	13.7
34	Fluencia	m.m. 3.56	3.56	3.30
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 3945	363	3967





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 Pátapo - La Victoria(AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 2.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

Peso de Muestra	1122	
Peso de C.A	66	5.5%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.49	39.09
Arena	56.51	51.99
Filler	1	6.42
PC	2.5	2.50

% Que Pasa el Tamiz						
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº200

100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla	Especificaciones IVB
--------	----------------------

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.09	39.09	39.09	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	51.99	51.99	51.99	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.92	0.92	0.92	
5' % de policarbonato	%	2.50	2.50	2.50	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.670	2.670	2.670	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.715	2.715	2.715	2.693
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.614	2.614	2.614	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.671	2.671	2.671	2.643
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
11' Peso específico de policarbonato	gr/cc.	1.20	1.20	1.20	1.200
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.68	6.64	6.67	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1202.50	1204.50	1193.9	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1204.90	1206.50	1196.3	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	679.8	682.20	671.10	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	525.1	524.3	525.2	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.290	2.297	2.273	2.287
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.404	2.404	2.404	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/6) + (3/2)(7+8) + (4/2)(9+10)]$	gr/cc.	2.401	2.401	2.401	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.73	4.43	5.43	4.87
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$	gr/cc.	2.538	2.538	2.538	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc.	2.791	2.791	2.791	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / [(3/P - 8) + (4/P - 10)]$	gr/cc.	2.609	2.609	2.609	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.10	1.10	1.10	
25 % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	85.28	85.55	84.65	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	9.99	10.02	9.91	
27 % vacíos del agregado mineral 100 25	%	14.72	14.45	15.35	14.8
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	4.47	4.47	4.47	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100 - \% \text{PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA}$	%	67.84	69.34	64.60	67.26
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1441	1399	1434	
31 Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
32 Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1383	1343	1377	1368
33 Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	mil.	14	15	14	14
34 Fluencia	m.m.	3.56	3.81	3.92	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3890	3527	3469	3861



Henry Ruvadenevira Oblitas
 Tec. LABORATORIO USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
 TESTISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 2.5% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

Peso de Muestra	1116
Peso de C.A	72 6.0%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.49	38.88
Arena	56.51	51.71
Filler	1	6.92
PC	2.5	2.50

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla	
Modificaciones IVB	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briquea			
2	C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	38.88	38.88	38.88
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	51.71	51.71	51.71
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.92	0.94	0.94
5'	% de policarbonato	2.50	2.50	2.50
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.670	2.670	2.670
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.715	2.715	2.715
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.614	2.614	2.614
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.671	2.671	2.671
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc. 1.20	1.20	1.20
12	Altura promedio de la briquea	cm. 6.64	6.50	6.46
13	Peso de la briquea en el aire	gr. 1209.60	1185.30	1192.9
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr. 1210.70	1186.70	1193.9
15	Peso de la briquea en el agua	gr. 685.3	659.20	679.40
16	Volumen de la briquea	c.c. 525.4	527.5	514.5
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.302	2.247	2.319
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.381	2.381	2.381
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10))]$	gr/cc. 2.383	2.383	2.383
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 3.31	5.63	2.62
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(13/7) + (4/9) + (5/11)]$	gr/cc. 2.537	2.537	2.537
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc. 2.791	2.791	2.791
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/P - 8) + (4^2/P - 10)]$	gr/cc. 2.601	2.601	2.601
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6[(23 - 21) / (23 * 21)]$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.99	0.99	0.99
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4) * 17/21$	% 85.29	83.27	85.92
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25+20)$	% 11.40	11.11	11.46
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	% 14.71	16.73	14.08
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 5.08	5.08	5.08
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 77.52	66.38	81.39
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1362	1373	1401
31	Factor de estabilidad	0.96	0.96	1.00
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg 1308	1318	1401
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 14	15	14.3
34	Fluencia	m.m. 3.56	3.81	3.56
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 3677	3460	3940



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente

LUGAR : Chiclayo-Lambayeque

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)

: Pátapo - La Victoria


TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier

MUESTRA : Adicionada 2.5% de PC

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2590	2590	2649	2639
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1988	1979	2025	2009
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3488.0	3479.0	3525.0	3509.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	602	611	624	630
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.492	2.455	2.404	2.381



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

INFORME

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
MÉTODO MARSHALL**

PROYECTO : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
Pátao - La Victoria(AF)

TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier

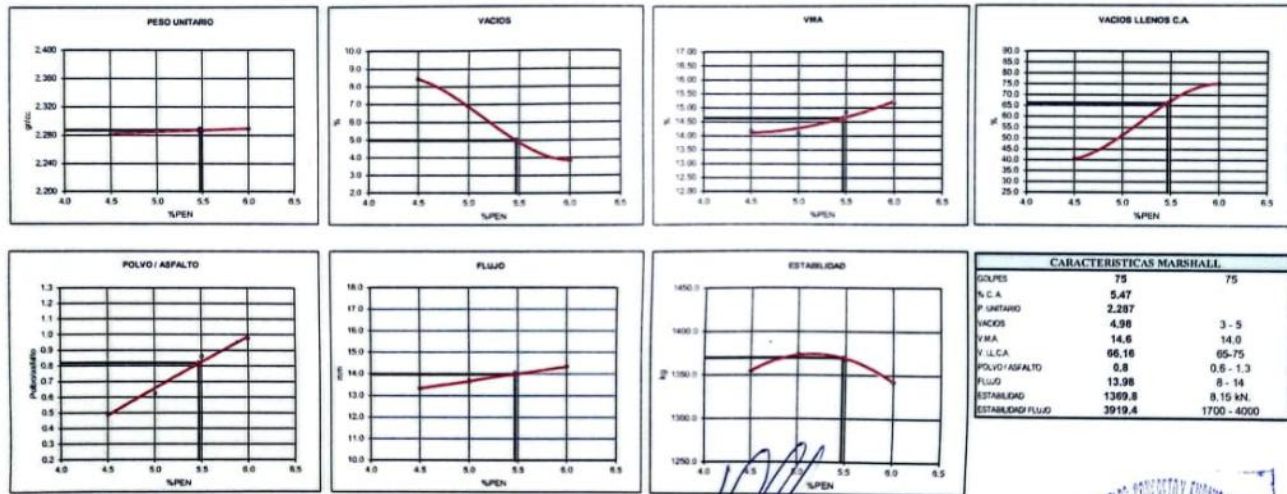
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque

FECHA DE ENSAYO : 28/02/2024

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Descripción : Diseño MAC con 2.5%PC

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



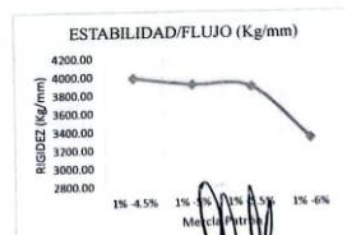
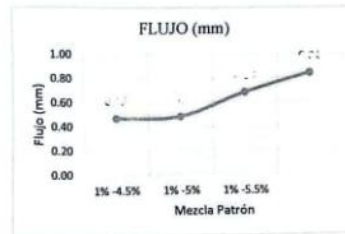
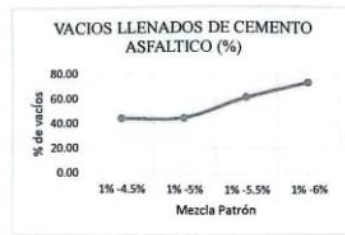
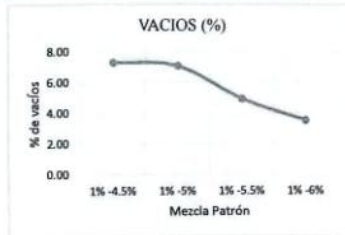
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE PEN Y 3%PC

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafé(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 3% de PC

Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Relación Polvo Asfalto	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Estabilidad Flujo
1% -4.5%	2.23	7.29	12.63	43.71	0.47	14.67	1483.30	3986.84
1% -5%	2.23	7.08	12.57	43.96	0.49	15.33	1523.34	3914.87
1% -5.5%	2.25	4.93	12.71	61.25	0.68	16.00	1581.92	3892.52
1% -6%	2.25	3.53	13.10	73.47	0.84	17.67	1490.88	3324.50



Henry Obitas
 Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

MAC adicionada 3% de PC



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 3% de PC

DATOS DE DISEÑO

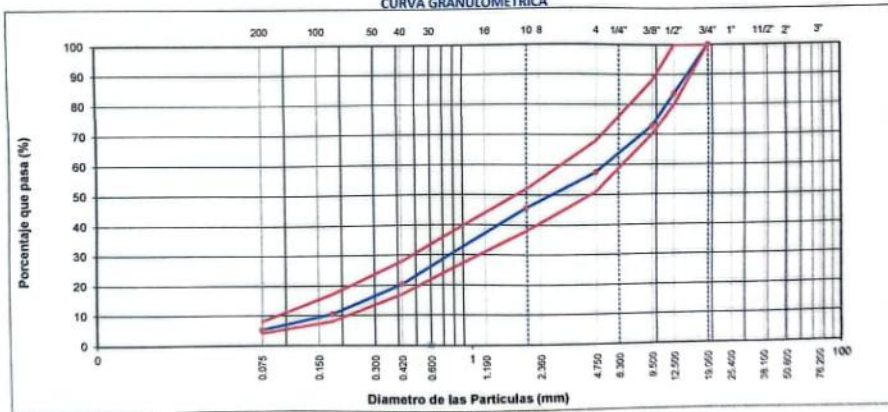
Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filer)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PER 60/70

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
Peso inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	649.59	16.2	16.2	83.8	80 100	
3/8"	9.500	432.11	10.8	27.0	73.0	70 88	
Nº 4	4.750	617.89	15.4	42.49	57.5	51 68	
Nº 10	2.000	469.32	11.8	54.3	45.7	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1005.66	25.4	79.7	20.3	17 28	
Nº 80	0.177	391.08	9.9	89.6	10.4	8 17	
Nº 200	0.075	208.42	5.3	94.8	5.2	4 8	
< Nº 200	FONDO	205.52	5.2	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Henry Maldeneyra Oblitas
 Henry Maldeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente

LUGAR : Chiclayo-Lambayeque

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)

: Pátapo - La Victoria(AF)

TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier

MUESTRA : Adicionada 3% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1134	
Peso de C.A	54	4.50%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.30
B Arena	56.51	52.27
C Filler	1.0	5.43
D PC	3	3.00

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

	100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.30	39.30	39.30	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	52.27	52.27	52.27	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.93	0.93	0.93	
5' % de policarbonato	%	3.00	3.00	3.00	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205)	gr/cc.	2.482	2.482	2.482	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.528	2.528	2.528	2.505
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.575	2.575	2.575	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	2.591
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
11' Peso específico de policarbonato	gr/cc.	1.20	1.20	1.20	1.200
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.69	6.76	6.69	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1184.80	1199.50	1189.9	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1186.80	1201.30	1191.5	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	641.3	678.70	652.60	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	545.5	522.6	538.9	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.172	2.295	2.208	2.225
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.400	2.400	2.400	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.338	2.338	2.338	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	9.50	4.36	8.00	7.29
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.432	2.432	2.432	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.683	2.683	2.683	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.563	2.563	2.563	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 2) / (23 * 2)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.14	2.14	2.14	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	85.28	90.12	86.70	
26 % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	5.22	5.51	5.30	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	14.72	9.88	13.30	12.63
28 Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	2.48	2.48	2.48	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	35.45	55.82	39.87	43.71
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1579	1499	1594	
31 Factor de estabilidad		0.93	1.00	0.93	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	1468	1499	1482	1483
33 Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	15	14	15	14.7
34 Fluencia	m.m.	3.81	3.56	3.81	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3854	4215	3891	3987



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 3% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

Peso de Muestra	1128
Peso de C.A	60
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

5.0%

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	39.09
B Arena	56.51	51.99
C Filler	1	5.92
D PC	3	3.00

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla	Especificaciones	IVB
--------	------------------	-----

	100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	39.09	39.09	39.09
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	51.99	51.99	51.99
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.92	0.92	0.92
5'	% de policarbonato	3.00	3.00	3.00
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.482	2.482	2.482
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.528	2.528	2.528
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.575	2.575	2.575
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.607	2.607	2.607
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.20	1.20	1.20
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc. 1.20	1.20	1.20
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.70	6.96	6.93
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1201.60	1214.00	1190.4
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1204.70	1217.80	1195.8
15	Peso de la briqueta en el agua	gr. 666.6	680.50	654.10
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 538.1	537.3	541.7
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.233	2.259	2.198
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.400	2.400	2.400
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))	gr/cc. 2.322	2.322	2.322
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 6.96	5.86	8.44
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc. 2.423	2.423	2.423
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc. 2.683	2.683	2.683
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc. 2.583	2.583	2.583
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 2.61	2.61	2.61
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	% 87.55	88.58	86.16
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20)	% 5.49	5.56	5.41
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 12.45	11.42	13.84
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	% 2.54	2.54	2.54
29	Relación betún vacíos (26/27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	% 44.13	48.70	39.06
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1640	1667	1607
31	Factor de estabilidad	0.93	0.93	0.93
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 1525	1550	1495
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	mil 16	15	15
34	Fluencia	m.m. 4.06	3.81	3.81
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 375.3	4069	3915



Henry Rivas Obitos
 Tec. Laboratorio
 USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
: Pátapo - La Victoria(AF)
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 3% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filer)	1%
Total	100%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1122
Peso de C.A	66 5.5%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	38.88
B Arena	56.51	51.71
C Filler	1	6.42
F PC	3	3.00

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

100.00							
1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	38.88	38.88	38.88		
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	51.71	51.71	51.71		
5	% de filler en peso de mezcla (mínima 65% pasa malla #200)	%	0.92	0.92	0.92		
5'	% de policarbonato	%	3.00	3.00	3.00		
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023		
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.482	2.482	2.482		
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.528	2.528	2.528		2.505
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.575	2.575	2.575		
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.607	2.607	2.607		2.591
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47		1.470
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc.	1.20	1.20	1.20		1.200
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.67	6.66	6.74		
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1193.00	1194.60	1217.4		
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1195.00	1195.30	1219.9		
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	663.6	664.30	677.10		
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	531.4	531	542.8		
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.245	2.250	2.243		2.246
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.362	2.362	2.362		
19	Máxima densidad teórica de las agregadas $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.307	2.307	2.307		
20	% de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.96	4.76	5.05		4.93
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.431	2.431	2.431		
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.684	2.684	2.684		
23	Peso específico efectiva del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$	gr/cc.	2.557	2.557	2.557		
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.07	2.07	2.07		
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)*17/21$	%	87.26	87.44	87.17		
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$	%	7.78	7.80	7.77		
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	12.74	12.56	12.83		12.71
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	3.57	3.57	3.57		
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100...$ %PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	61.07	62.09	60.60		61.25
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1650	1666	1680		
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.93		
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1584	1599	1562		1582
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	16	16	16		16
34	Fluencia	m.m.	4.06	4.06	4.06		
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3898	3922	3844		3893



Henry Rivas Obitias
Téc. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 MUESTRA : Adicionada 3% de PC

Grava Chancada 1/2"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filler)	1%
Total	100%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

Peso de Muestra	1116	
Peso de C.A	72	6.0%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.49	38.67
B Arena	56.51	51.42
C Filler	1	6.91
D PC	3	3.00

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#200

Mezcla
Especificaciones IVB

100	83.8	73.0	57.5	45.7	20.3	10.4	5.2
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

		#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueata					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	38.67	38.67	38.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	51.42	51.42	51.42	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.91	0.94	0.94	
5'	% de policarbonato	%	3.00	3.00	3.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.482	2.482	2.482	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.528	2.528	2.528	2.505
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.575	2.575	2.575	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	2.591
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
11'	Peso específico de policarbonato	gr/cc.	1.20	1.20	1.20	1.200
12	Altura promedio de la briqueata	cm.	6.60	6.52	6.68	
13	Peso de la briqueata en el aire	gr.	1198.80	1183.90	1209.7	
14	Peso de la briqueata saturada superficialmente seca	gr.	1200.00	1185.00	1210.4	
15	Peso de la briqueata en el agua 25 °C	gr.	666.1	651.40	679.10	
16	Volumen de la briqueata 14-15	c.c.	533.9	533.6	531.3	
17	Peso unitario de la briqueata 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.245	2.219	2.277	2.247
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.329	2.329	2.329	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7+8) + (4^2/2) + (9+10))$	gr/cc.	2.291	2.291	2.291	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.60	4.74	2.25	3.53
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.431	2.431	2.431	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.684	2.684	2.684	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^2/P-10))$	gr/cc.	2.536	2.536	2.536	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23^2-21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.74	1.74	1.74	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueata $(3+4) * 17/21$	%	86.82	85.82	88.07	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueata $100 - (25+20)$	%	9.58	9.44	9.68	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	13.18	14.18	11.93	13.10
28	Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.38	4.38	4.38	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	72.69	66.55	81.17	73.47
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1536	1545	1578	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1475	1483	1515	1491
33	Lectura del flexímetro $[0.01"] (35 / 0.254)$	pul.	18	17	18	18
34	Fluencia	m.m.	4.57	4.32	4.57	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3225	3313	3313	3325



Henry Rivas Encina
 Obispo
 Fac. Laboratorio
 USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
: Pátapo - La Victoria
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 3% de PC

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2664	2656	2701	2724
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2061	2031	2066	2080
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3561.0	3531.0	3566.0	3580.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	603	625	635	644
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.488	2.400	2.362	2.329



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

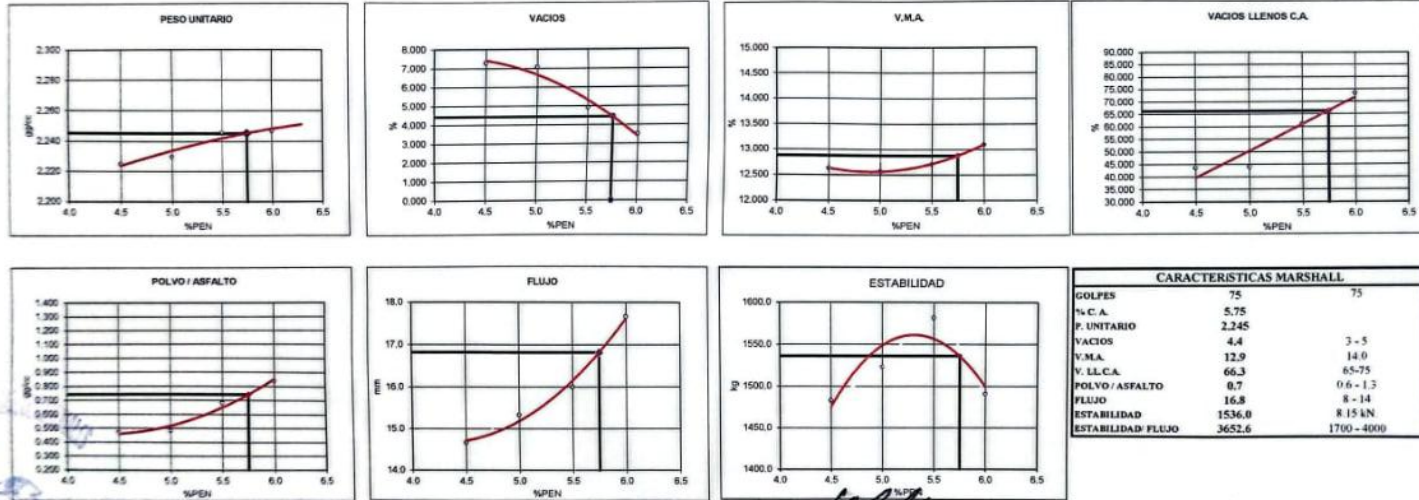
INFORME

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
MÉTODO MARSHALL**

PROYECTO: Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 Pátapo - La Victoria(AF)
 TESISISTA: Mendoza Rojas Franklin Javier
 LUGAR: Chiclayo-Lambayeque
 FECHA DE ENSAYO: 28/02/2024

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Descripción: Diseño MAC con 3%PC

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO




 TÉCNICO LABORATORIO

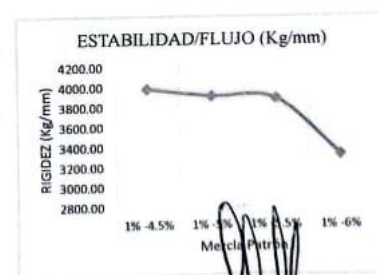
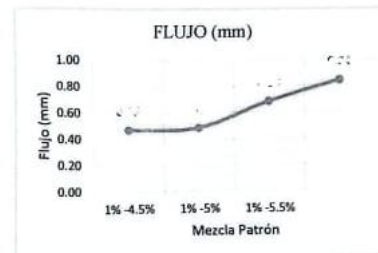
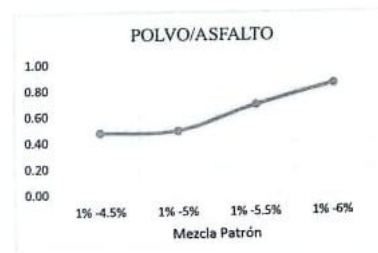
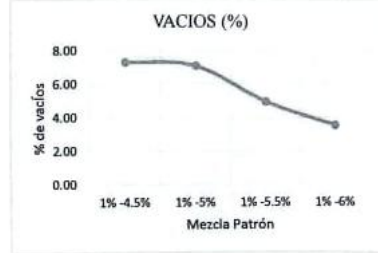

 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE PEN Y 3%PC

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : Pátapo - La Victoria(AF)
TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
MUESTRA : Adicionada 3% de PC

Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Relación Polvo Asfalto	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Estabilidad Flujo
1% -4.5%	2.23	7.29	12.63	43.71	0.47	14.67	1483.30	3986.84
1% -5%	2.23	7.08	12.57	43.96	0.49	15.33	1523.34	3914.87
1% -5.5%	2.25	4.93	12.71	61.25	0.68	16.00	1581.92	3892.52
1% -6%	2.25	3.53	13.10	73.47	0.84	17.67	1490.88	3324.50



USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Ruedeneyra Obilitas
 Tec. Laboratorio USAT
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 18: Ensayo módulo resiliencia



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 8/05/2024
Ensayo : Módulo resiliente por tracción indirecta
Norma : ASTM D4123
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
: La Victoria-Pátapo (AF)

**ASTM D4123-82- INDIRECT TENSILE MODULUS TEST
MEZCLA ASFÁLTICA: MAC-2 -BRIQUETA PATRON**

FRECUENCIA DE ENSAYO		10 HZ		
TEMPERATURA DE ENSAYO		5 °C	25 °C	40 °C
Especimen		1	1	1
Deformación horizontal I	ΔH_I	2.54	3.05	4.83
Deformación vertical I	ΔV_I	2.29	3.81	4.32
Deformación horizontal T	ΔH_T	4.06	5.08	6.35
Deformación vertical T	ΔV_T	5.33	5.59	6.86
Carga (N)	P	4022.10	3776.85	3041.10
Coefficiente Poisson I	V_{RI}	3.72	2.60	3.74
Coefficiente Poisson T	V_{RT}	2.47	2.99	3.05
Espeor de a probeta	t	65450	63150	62120
Módulo de resiliencia (MPa) I	E_{RI}	6532.50	5297.97	2738.93
Módulo de resiliencia (MPa) T	E_{RT}	4082.79	3178.79	2081.59





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIVIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 8/05/2024
Ensayo : Módulo resiliente por tracción indirecta
Norma : ASTM D4123
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)

**ASTM D4123-82- INDIRECT TENSILE MODULUS TEST
 MEZCLA ASFÁLTICA: MAC-2 -BRIQUETA ADICIONADAS**

FRECUENCIA DE ENSAYO		10 HZ		
TEMPERATURA DE ENSAYO		5 °C	25 °C	40 °C
ESPECIMEN		1	1	1
Deformación horizontal I	ΔHI	1.27	2.79	4.45
Deformación vertical I	ΔVI	2.03	2.29	4.19
Deformación horizontal T	ΔHT	2.79	3.30	4.78
Deformación vertical T	ΔVT	3.05	3.30	4.83
Carga (N)	P	4659.75	3973.05	3727.80
Coefficiente Poisson I	V_{PI}	1.97	4.12	3.54
Coefficiente Poisson T	V_{PT}	3.02	3.32	3.28
Espesor de a probeta	t	85450	63150	82120
Módulo de resiliencia (MPa) I	E_{PI}	15136.18	6079.88	3645.18
Módulo de resiliencia (MPa) T	E_{PT}	6880.11	5144.49	3393.12



Anexo 19: Ensayo Lottman



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIVIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 31/10/2023
 Ensayo : Lottman modificado
 Norma : MTC E 522
 Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 Muestra : Convencional

MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D-155			GRUPO SATURADO				GRUPO SECO			
ENSAYO	D	N°	1	2	3	4	5	6	7	8
DIAMETRO	D		10.171	10.169	10.146	10.175	10.174	10.167	10.173	10.163
ESPESOR (ALTURA)	t	cm	6.25	6.47	6.39	6.32	6.435	8.9755	6.51075	6.432
PESO DE PROBETA AAL AIRE	A	Gr.	1169.83	1191.9	1167.76	1185.13	1184.86	1181.16	1212.32	1181.95
SSD DE LA MUESTRA (10 MINUTOS)	B	Gr.	1170.65	1192.79	1168.45	1187.9	1185.89	1182.27	1212.98	1182.85
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA (SUM)	C	Gr.	664.37	675.16	660.36	676.23	669.54	667.5	690.23	668.23
VOLUMEN (B-C)	E	c.c.	506.28	517.63	508.09	511.67	516.35	514.77	522.75	514.62
P.e BULK DE LA MUESTRA (A/E)	F	Gr./c.c.	2.311	2.303	2.298	2.316	2.295	2.295	2.319	2.297
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE)	G	Gr./c.c.	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
VACIOS (100(G-F)/G)	H	%	6.96	7.28	7.45	6.73	7.11	7.60	7.61	6.62
VOLUMEN DE VACIOS (H*E)/100	I	c.c.	35.22	37.7	37.86	34.45	39.24	39.15	34.58	38.68
SATURACIÓN: 20 min. MUESTRA SATURADA EN VACIO										
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1195.65	1221.79	1195.73	1208.70				
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C'	Gr.	686.92	702.05	685.94	695.32				
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B'-C')	E'	c.c.	508.73	519.74	509.79	513.38				
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B'-A)	J'	c.c.	25.82	29.92	27.97	23.57				
SATURACIÓN (100 J' / I)		%	73.3	79.4	73.9	68.4	73.75			
HINCHAMIENTO (100 (E' - E)/E)		%	0.48	0.41	0.33	0.33				
CONDICIONES DE SATURACIÓN POR 24 Hrs. a 60 °C en Agua										
ESPESOR	t''	cm	6.28	6.48	6.41	6.33				
SSD DE LA MUESTRA	B''	Gr.	1197.76	1222.91	1197.07	1210.38				
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C''	Gr.	688.81	702.3	686.84	696.32				
VOLUMEN (B''-C'')	E''	c.c.	508.95	520.61	510.43	514.06				
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B''-A)	J''	c.c.	27.93	31.04	29.31	25.25				
SATURACIÓN (100 J'' / I)		%	79.30	82.33	77.42	73.29				
HINCHAMIENTO (100 (E'' - E)/E)		%	0.53	0.58	0.46	0.47				
CARGA TRACCIÓN	P''	Kg.	510.45	501.9	488.18	498.24	615.34	698.14	677.1	655.2
RESISTENCIA SECA 2P/ tDPI	S td	Kg/cm2	5.11	4.85	4.80	4.93	5.98	4.87	6.51	6.38
RESISTENCIA HÚMEDA 2P''/ t''DPI	Strm	Kg/cm2	5.08	4.85	4.78	4.92	4.91			5.94
PROMEDIO	TSR	%					82.71			



Henry Rivadeneira Obitias
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 31/10/2023
Ensayo : Lottman modificado
Norma : MTC E 522
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
Muestra : Adicionada

MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D-155			GRUPO SATURADO				GRUPO SECO					
ENSAYO		N°	1	2	3	4	5	6	7	8		
DIAMETRO	D	cm	10.175	10.175	10.142	10.178	10.171	10.16	10.186	10.163		
ESPESOR (ALTURA)	t	cm	6.78	6.84	6.91	6.74	6.65	6.75	6.74	6.75		
PESO DE PROBETA AAL AIRE	A	Gr.	1179.69	1189.3	1197.56	1197.67	1172.86	1175.84	1172.86	1189.33		
SSD DE LA MUESTRA (10 MINUTOS)	B	Gr.	1181.8	1191.22	1199.79	1199.36	1175.34	1177.78	1175.85	1193.05		
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA (SUM)	C	Gr.	668.38	670.27	675.62	676.65	661.45	663.54	661.95	674.91		
VOLUMEN (B-C)	E	c.c.	513.42	520.95	524.17	522.71	513.89	514.24	513.90	518.14		
P.e BULK DE LA MUESTRA (A/E)	F	Gr./c.c.	2.30	2.28	2.28	2.29	2.28	2.29	2.28	2.30		
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE)	G	Gr./c.c.	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46		
VACIOS (100(G-F) /G)	H	%	6.69	7.28	7.22	6.95	7.03	7.31	7.14	7.31	6.78	7.14
VOLUMEN DE VACIOS (H*E)/100	I	c.c.	34.33	37.95	37.82	36.32	37.58	36.72	37.59	35.14		
SATURACIÓN: 20 min. MUESTRA SATURADA EN VACIO												
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1206.14	1216.22	1225.91	1224.25						
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C'	Gr.	691.13	693.02	699.91	699.63						
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B'-C')	E'	c.c.	515.01	523.2	526	524.62						
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B'-A)	J'	c.c.	26.45	26.89	28.35	26.58						
SATURACIÓN (100 J' / I)		%	77.00	70.90	75.00	73.20	74.03					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E)/E)		%	0.31	0.43	0.35	0.37						
CONDICIONES DE SATURACIÓN POR 24 Hrs. a 60 °C en Agua												
ESPESOR	t"	cm	6.79	6.86	6.92	6.77						
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1207.59	1219.78	1226.96	1228.04						
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	692.07	694.47	700.75	701.42						
VOLUMEN (B''-C'')	E''	c.c.	515.52	525.31	526.21	526.62						
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B''-A)	J''	c.c.	27.9	30.45	29.4	30.37						
SATURACIÓN (100 J'' / I)		%	81.3	80.2	77.7	83.6						
HINCHAMIENTO (100 (E'' - E)/E)		%	0.41	0.84	0.39	0.75						
CARGA TRACCIÓN	P"	Kg.	645.7	665.45	640.18	620.75	723.1	745.12	698.14	715.2		
RESISTENCIA SECA 2P / 1DPI	S td	Kg/cm2	5.96	6.09	5.82	5.76	6.80	6.92	6.47	6.63	6.71	
RESISTENCIA HÚMEDA 2P" / 1"DPI	Stm	Kg/cm2	5.95	6.07	5.81	5.74	5.89					
PROMEDIO	TSR	%									87.86	

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Muestra : Convencional

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.47%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2539
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1935
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3435
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	604
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.483




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT




UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Muestra : Adicionada

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.47%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2536
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1926
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3426
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	609
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.462



Anexo 20: Ensayo tracción indirecta



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 15/04/2024
Ensayo : Tracción indirecta
Norma : ASTM 6931
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
: La Victoria-Pátapo (AF)

Método de prueba estándar para Resistencia a la tracción indirecta (IDT) de mezclas bituminosas

Temperatura de ensayo 25°C

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8
Carga máxima (Kg)	980.250	1005.800	1085.450	1040.560	975.820	1002.780	885.780	1084.900
Altura de briqueta (mm)	65.07	64.22	63.4675	63.6075	64.1675	63.645	63.8	64.6625
Diámetro de la muestra (mm)	101.4	101.68	101.69	101.76	101.63	101.74	101.78	101.84
Intensidad IDT (Kpa)	927.62	961.63	1049.96	1003.66	934.29	986.84	957.38	1006.27
Promedio (KPA)	976.32							



Francisco Rodríguez
Córdova
Téc. Laboratorio
USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 15/04/2024
Ensayo : Tracción indirecta
Norma : ASTM 6931
Cantera : Pátapo-La Victoria
Muestra : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)

**Método de prueba estándar para
 Resistencia a la tracción indirecta (IDT) de mezclas bituminosas**

Temperatura de ensayo 25°C

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8
Carga máxima (Kg)	1175.150	1191.050	1167.250	1165.100	1170.150	1196.760	1125.060	1159.150
Altura de briqueta (mm)	65.07	64.22	63.4675	63.6075	64.1675	63.645	63.8	64.6825
Diámetro de la muestra (mm)	101.4	101.66	101.69	101.76	101.63	101.74	101.76	101.84
IDT (Kpa)	1111.93	1138.75	1129.11	1123.78	1120.23	1155.79	1081.99	1098.59
Promedio (KPA)	1119.88							



[Handwritten Signature]
 Henry Roldan
 Obispo
 Tor. Laboratorio
 USAT

Anexo 21: Ensayo desgaste



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

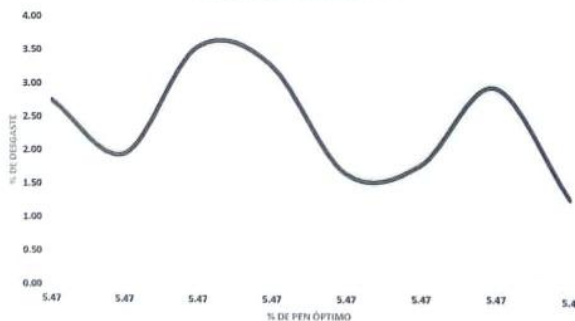


Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 31/10/2023
 Ensayo : Cantabro
 Norma : MTC E 515
 Canteras : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)
 Muestra : Convencional(seco)

ENSAYO DE MEZCLAS BITULOMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE-CANTABRO

MUESTRA	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Contenido de PEN	%	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47
Método de compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50	50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101.66	101.72	101.66	101.78	101.77	101.76	101.7	101.59
Espesor mm.	mm	64.4525	62.145	65.36	63.41	66.0925	63.9675	62.58	65.0175
Masa seca al aire	gr.	1185.15	1154.32	1189.17	1178.27	1197.09	1201.29	1173.42	1190.94
Masa (SSS)	gr.	1186.06	1154.71	1189.72	1179.90	1179.99	1202.39	1175.58	1195.98
Masa en el agua	gr.	679.51	659.07	680.11	678.12	671.12	687.12	677.12	685.12
Volumen del especimen	c.c	506.55	495.64	509.61	501.78	508.87	515.27	498.46	510.86
Peso unitario	gr/cc	2.340	2.329	2.333	2.348	2.352	2.331	2.354	2.331
Máxima gravedad específica	gr/cc	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
Porcentaje de vacíos (%)	%	5.79	6.22	6.04	5.45	5.27	6.12	5.21	6.13
Temperatura del procedimiento	°C	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de vueltas	rev	300	300	300	300	300	300	300	300
Estado de probeta inicial P1	gr.	1184.9	1153.94	1177.59	1188.77	1196.46	1200.56	1172.66	1190.15
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1149.56	1110.97	1137.74	1143.43	1160.86	1170.68	1132.83	1165.36
RESULTADOS Y CÁLCULO DEL ENSAYO									
Pérdida por desgaste	%	2.98253	3.723763801	3.3840301	3.8140263	2.9754442	2.48884	3.3965514	2.0829307
Promedio de pérdida por desgaste	%	3.11							

PÉRDIDA POR DESGASTE





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

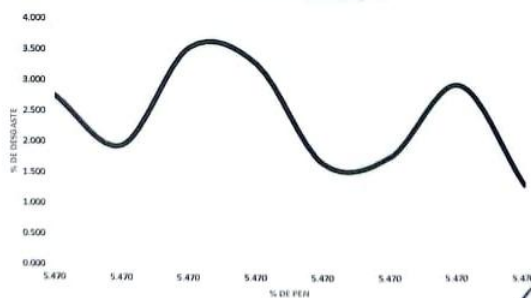


Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 31/10/2023
Ensayo : Cantabro
Norma : MTC E 515
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
: La Victoria-Pátapo (AF)
Muestra : Adicionada(seco)

ENSAYO DE MEZCLAS BITULOMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE-CANTABRO

MUESTRA	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Contenido de PEN	%	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47
Metodo de compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50	50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101.75	101.8	101.61	101.37	101.81	101.84	101.34	101.43
Espesor mm.	mm	68.54	68.2275	67.58	66.665	68.2675	68.0675	67.755	68.6075
Masa seca al aire	gr.	1187.81	1176.57	1175.5	1175.26	1181.85	1178.99	1163.98	1186.38
Masa (SSS)	gr.	1188.88	1179.07	1176.9	1176.4	1183.4	1179.12	1165.34	1187.89
Masa en el agua	gr.	673.49	668.17	667.21	665.85	671.67	668.31	665.23	679.81
Volumen del especimen	c.c	515.39	510.9	509.69	510.55	511.73	510.81	500.11	508.08
Peso unitario	gr/cc	2.305	2.303	2.306	2.302	2.310	2.308	2.327	2.335
Máxima gravedad específica	gr/cc	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462
Porcentaje de vacios (%)	%	6.40	6.47	6.34	6.51	6.21	6.27	5.48	5.17
Temperatura del procedimiento	°C	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de vueltas	rev	300	300	300	300	300	300	300	300
Estado de probeta inicial P1	gr.	1187.50	1176.6	1174.94	1174.68	1181.26	1178.42	1163.43	1185.79
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1154.82	1153.78	1133.57	1136.5	1161.86	1157.75	1129.39	1170.33
RESULTADOS Y CÁLCULO DEL ENSAYO									
Pérdida por desgaste	%	2.752	1.939486656	3.5210309	3.2502469	1.6423141	1.75404	2.9258314	1.3037722
Promedio de pérdida por desgaste	%	2.74							

PÉRDIDA POR DESGASTE



Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

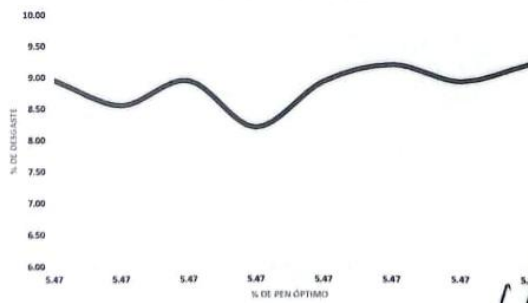


Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 31/10/2023
 Ensayo : Cantabro
 Norma : MTC E 515
 Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)
 Muestra : Convencional(húmedo)

ENSAYO DE MEZCLAS BITULOMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE-CANTABRO

MUESTRA	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Contenido de PEN	%	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47
Metodo de compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50	50	50	50	50
Diámetro mm.	mm	101.59	101.49	101.58	101.67	101.55	101.67	101.69	101.58
Espesor mm.	mm	64.20	64.395	63.36	64.3125	64.1425	64.2175	65.08	63.85
Masa seca al aire	gr.	1197.71	1191.7	1190.31	1190	1192.79	1178.59	1182.67	1199.19
Masa (SSS)	gr.	1198.12	1192.14	1191.99	1192.08	1194.05	1179.99	1183.71	1202.07
Masa en el agua	gr.	678.34	674.09	673.79	678.58	676.75	671.14	673.12	688.25
Volumen del espécimen	c.c	519.78	518.05	518.2	513.5	517.3	508.85	510.59	513.82
Peso unitario	gr/cc	2.304	2.300	2.297	2.317	2.306	2.316	2.316	2.334
Máxima gravedad específica	gr/cc	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
Porcentaje de vacíos (%)	%	7.21	7.37	7.51	6.68	7.15	6.73	6.73	6.02
Temperatura del procedimiento	°c	60	60	60	60	60	60	60	60
Número de vueltas	rev	300	300	300	300	300	300	300	300
Estado de probeta inicial P1	gr.	1196.82	1190.64	1189.59	1188.77	1191.9	1178.56	1182.66	1199.15
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1089.74	1088.88	1083.23	1091.21	1085.44	1070.19	1077.16	1088.95
RESULTADOS Y CÁLCULO DEL ENSAYO									
Pérdida por desgaste	%	8.95	8.55	8.94	8.21	8.93	9.20	8.92	9.19
Promedio de pérdida por desgaste	%	8.86							

PÉRDIDA POR DESGASTE





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

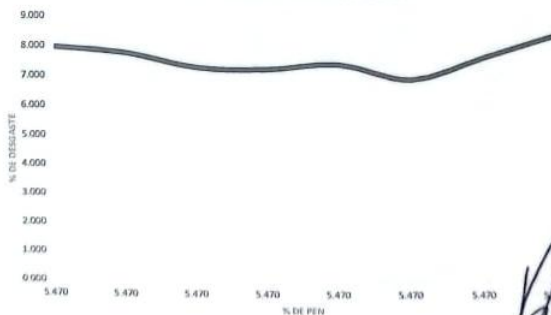


Tesista : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 31/10/2023
 Ensayo : Cantabro
 Norma : MTC E 515
 Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)
 Muestra : Adicionada(húmedo)

ENSAYO DE MEZCLAS BITULOMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE-CANTABRO

MUESTRA	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Contenido de PEN	%	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47
Metodo de compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50	50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101.75	101.8	101.61	101.37	101.81	101.84	101.34	101.43
Espesor mm.	mm	68.54	68.2275	67.58	66.665	68.2675	68.0675	67.755	68.6075
Masa seca al aire	gr.	1191.09	1197.94	1189.24	1179.2	1196.14	1199.32	1173.98	1199.91
Masa (SSS)	gr.	1192.78	1199.6	1191.23	1181.08	1197.99	1201.03	1175.09	1201.67
Masa en el agua	gr.	674.9	677.87	670.41	667.15	674.87	679.01	662.73	680.77
Volumen del especimen	c.c	517.88	521.73	520.82	513.93	523.12	522.02	512.36	520.9
Peso unitario	gr/cc	2.300	2.296	2.283	2.294	2.287	2.297	2.291	2.304
Máxima gravedad específica	gr/cc	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462
Porcentaje de vacios (%)	%	6.60	6.75	7.27	6.82	7.14	6.70	6.95	6.45
Temperatura del procedimiento	°c	60	60	60	60	60	60	60	60
Número de vueltas	rev	300	300	300	300	300	300	300	300
Estado de probeta inicial P1	gr.	1190.21	1197.85	1189.14	1179.15	1196.06	1199.02	1173.9	1199.79
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1095.49	1105.54	1103.61	1095.05	1108.69	1117.69	1085.46	1100.07
RESULTADOS Y CÁLCULO DEL ENSAYO									
Pérdida por desgaste	%	7.96	7.71	7.19	7.13	7.30	6.78	7.53	8.31
Promedio de pérdida por desgasta	%	7.49							

PÉRDIDA POR DESGASTE





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente

LUGAR : Chiclayo-Lambayeque

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)

TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier

Muestra : Convencional

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.37%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2539
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1935
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3435
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	604
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.48





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : Influencia de la incorporación del policarbonato en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente
 LUGAR : Chiclayo-Lambayeque
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe(AG)
 : La Victoria - Pátapo (AF)
 TESISTA : Mendoza Rojas Franklin Javier
 Muestra : Adicionada

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.37%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2536
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1926
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3426
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	609
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.46



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



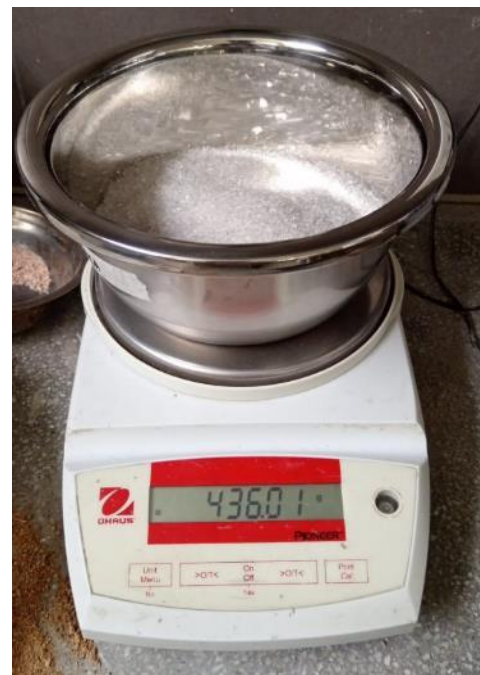
Anexo 22: Panel fotográfico.

Granulometría del PC

Ilustración 28 Tamizado del PC



Ilustración 29 Peso después de tamizado del PC



Granulometría AG y AF

Ilustración 30 Cuarteo y tamizado del AF y AG



Ilustración 31 Determinación de los pesos después del tamizado



Abrasión de los Ángeles

Ilustración 32 Cuarteo y pesos del agregado



Ilustración 33 Selección de la cantidad de esferas a utilizar



Ilustración 34 Extracción del agregado de la máquina de los ángeles para luego ser tamizado



Ilustración 35 Lavado y secado del agregado, para luego ser pesado



Partículas chatas y alargadas

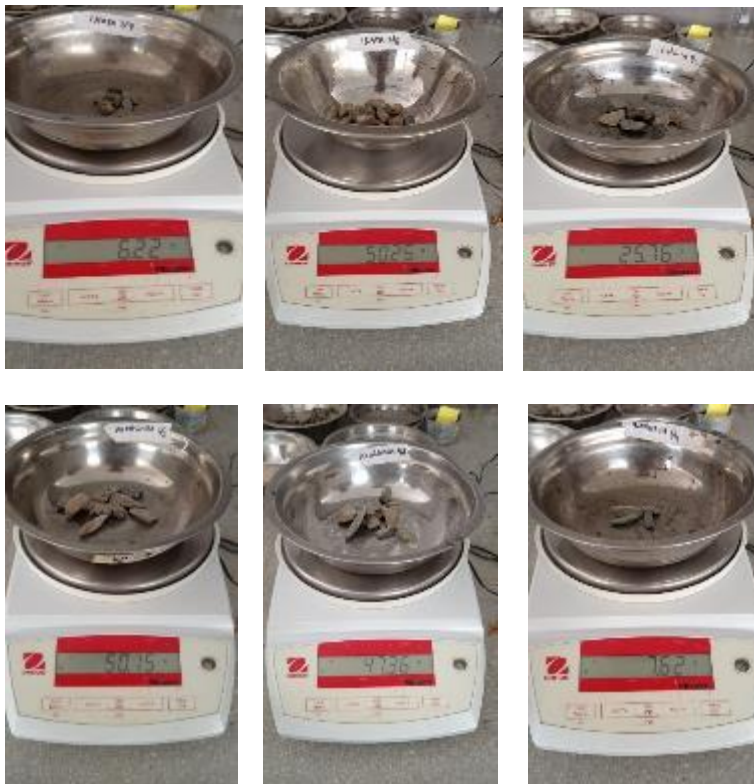
Ilustración 36 Tamizado del AG por la malla 1/2, 3/8 y 1/4



Ilustración 37 Proceso para determinar partículas chatas y alargadas con relación 1:3



Ilustración 38 Determinación de pesos de los agregados seleccionados



Peso específico y absorción del agregado grueso:

Ilustración 40 Tamizado del agregado



Ilustración 39 Peso del agregado después de realizar la granulometría



Ilustración 41 Peso de la tara y muestra saturada



Ilustración 42 Peso del agregado sumergido en agua



Peso específico y absorción del agregado fino:

Ilustración 43 Peso del agregado fino y fiola



Ilustración 44 Peso del agregado sumergido en agua y agitación para burbujas



Ilustración 45 Muestra en reposo durante 24 h y peso de tara

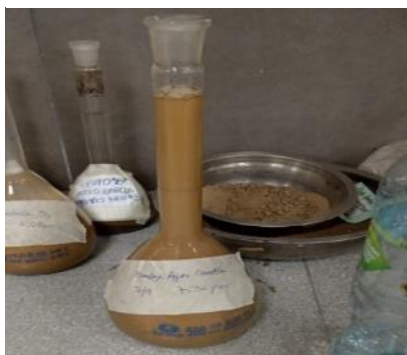


Ilustración 46 Extracción del agregado para luego ser sometido en el horno



Ilustración 47 Peso del agregado seco



Sales solubles totales:

Ilustración 48 AF sumergido en agua destilada



Ilustración 49 Peso de probetas graduadas



Ilustración 51 AG sumergido en agua destilada



Ilustración 50 Muestra sometida en el horno durante 24 h



Ilustración 52 Peso del AF y AG luego de estar sometido en el horno



Durabilidad al sulfato de magnesio:

*Ilustración 53
Tamices para
gradación*



Ilustración 54 Tamizado del agregado



Ilustración 55 Peso del AG y AF



Ilustración 56 Peso de la mezcla para determinar su densidad



Ilustración 57 Mezclado del $MgSO_4 \cdot 7H_2O$



Ilustración 58 Agregado sometidos al $MgSO_4 \cdot 7H_2O$



Ilustración 59 Agregado sometido al $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ durante 17 h y ser sometida en el horno



Ilustración 60 Muestra al ser sometida 5 ciclos por $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ y luego ser llevada al horno



Ilustración 61 Lavado de la muestra



Ilustración 62 Agregado seco después de ser lavado



Ilustración 63 Tamizado del agregado y pesado del mismo



Caras fracturadas

Ilustración 64 Tamizado y pesado del agregado de 1/2 y 3/8



Ilustración 65 Peso de AG 1 cara fracturada



Ilustración 66 Peso de AG 2 cara fracturada



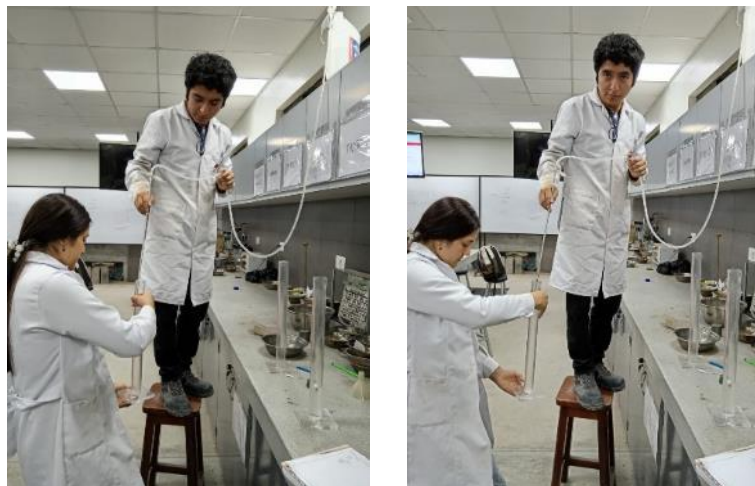
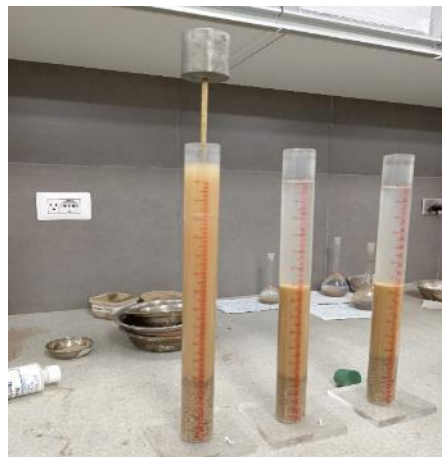
Equivalente de arena*Ilustración 67 Mezcla de agua destilada con solución stock**Ilustración 68 Llenado de las probetas con solución**Ilustración 69 Agitación manual de la probeta y posterior se deja en reposo*

Ilustración 70 Se deja en reposo y luego se toman las medidas al ser sometida la pesa metálica



Azul de metileno

Ilustración 72 Azul de metileno y agua destilada



Ilustración 71 Peso de tara y agregado pasante por la malla #200



Ilustración 73 Muestra de agregado y medida de 250 ml de agua destilada



Ilustración 74 Mezcla de agregado fino con agua destilada



Ilustración 77 Papel filtro



Ilustración 76 Jeringa para goteo de la solución



Ilustración 75 Mezcla de la solución



Ilustración 78 Determinación por goteo cada 2 ml de azul de metileno



Límite líquido y plástico:

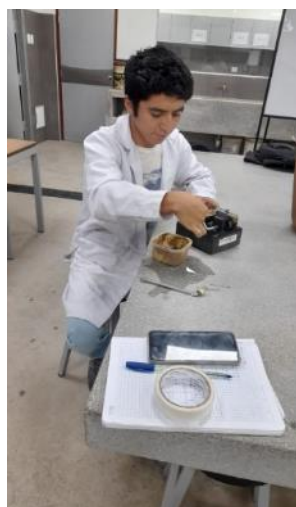
*Ilustración 80
Granulometría malla
#40 y #200*



*Ilustración 79 Muestra húmeda de
material pasante por la malla #40y #200
de deja en reposo durante 24 h*



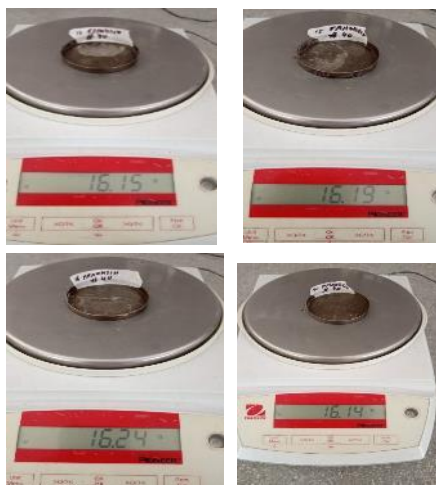
*Ilustración 81 Limite plástico con la copa de casa grande
para AF de mala #40 y #200*



Índice de plasticidad #40

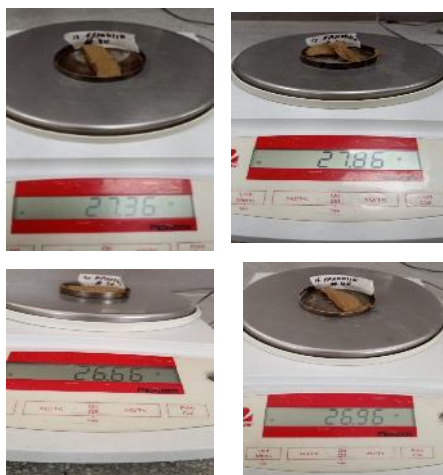
Peso de taras:

Ilustración 82 Peso de taras #40



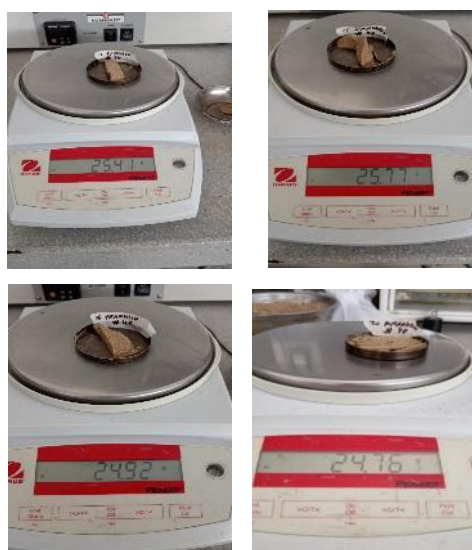
Muestra Húmeda:

Ilustración 83 Peso muestra húmeda Malla #40



Muestra seca:

Ilustración 84 Muestra seca malla #40



Índice de plasticidad #200

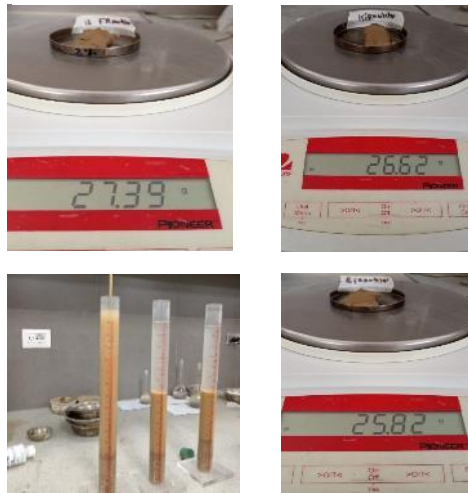
Peso de taras:

Ilustración 85 Peso de taras malla #200



Peso suelo húmedo:

Ilustración 86 Peso suelo húmedo malla #200



Peso de suelo seco:

Ilustración 87 Peso de suelo seco malla #200



Elaboración de MAC:

Ilustración 88 Calentado del agregado *Ilustración 89 Calentado de la MAC*



Ilustración 91 Mezclado del material



Ilustración 90 Compactación de MAC



Ilustración 92 Desmolde de briqueta compactada



Ensayo de Marshall:

Ilustración 93 Briquetas a ser ensayadas por Marshall



Ilustración 94 Briquetas sumergido en baño maría para Marshall



Ilustración 96 Briquetas luego se estar en baño maría



Ilustración 95 Equipo Marshall



Ilustración 97 Muestra esparcida para ensayo rice



Ilustración 98 Peso del frasco para ensayo rice



Ilustración 99 Peso de muestra para ensayo rice



Ilustración 101 Equipo para rice



Ilustración 100 Ensayo rice



Ensayo de módulo de resiliencia:

Ilustración 102 Briqueta convencional y adicionada sometida al frío



Ilustración 103 Briqueta sometida a 40°C



Ilustración 105 Ensayo de módulo de resiliencia



Ilustración 104 Briquetas luego de ser sometida a cargas



Ensayo de resistencia a la humedad inducida:*Ilustración 106 Briquetas para ensayo de Lottman**Ilustración 107 Briquetas sumergidas en agua para determinar los vacíos*

Ilustración 108 Briqueta sometidas al frio para ensayo Lottman



Ilustración 109 Briquetas sometidas a 60°C para ensayo Lottman



Ilustración 111 Secado de briquetas luego de estar sumergida a 60°C



Ilustración 110 Medida de briqueta para determinar el hinchamiento



Ilustración 112 Ensayo de tracción para muestras húmedas convencionales

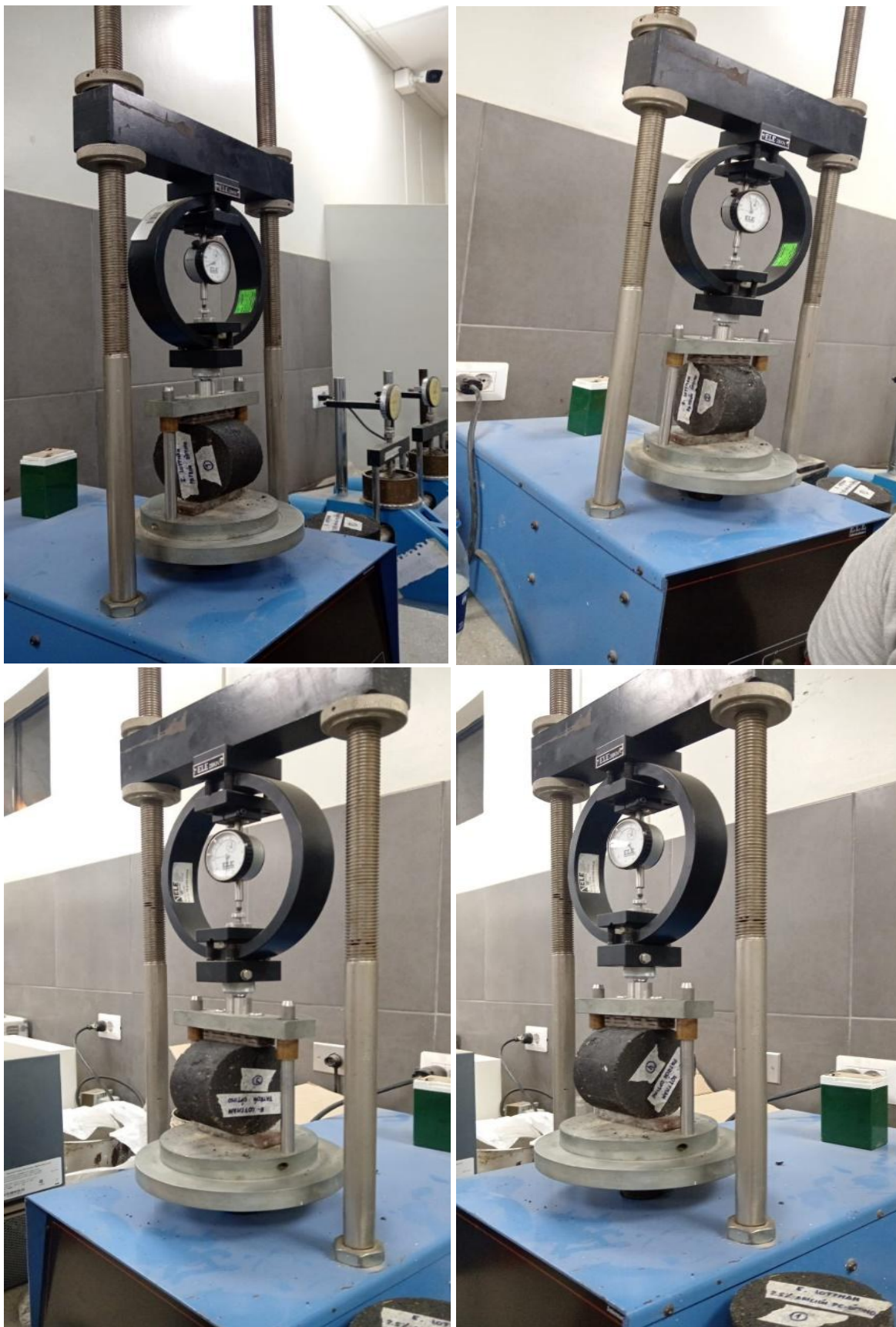


Ilustración 113 Ensayo de tracción para muestras húmedas con adición



Ilustración 114 Ensayo de tracción para muestras secas convencional

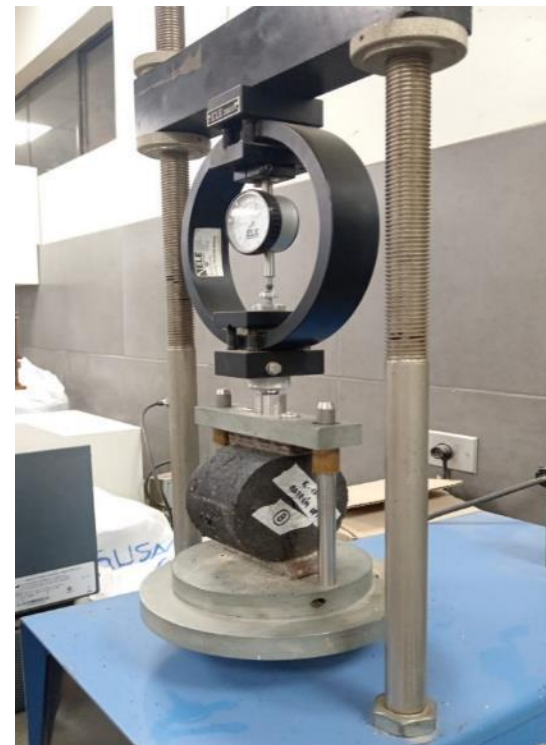
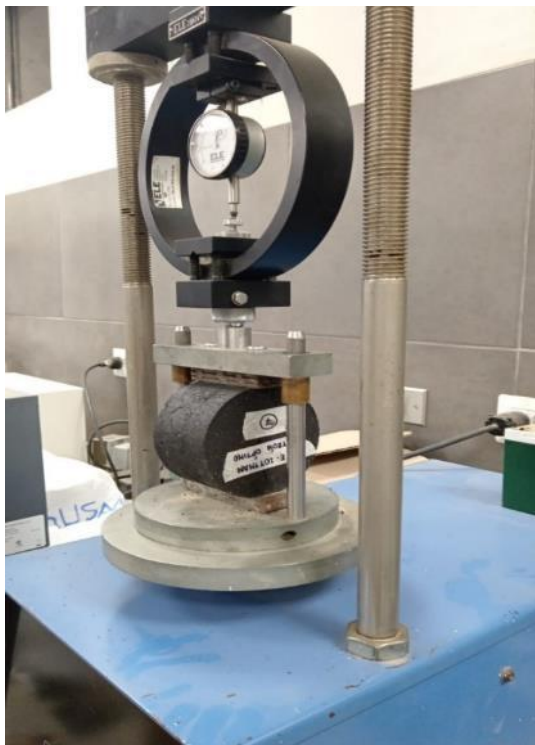
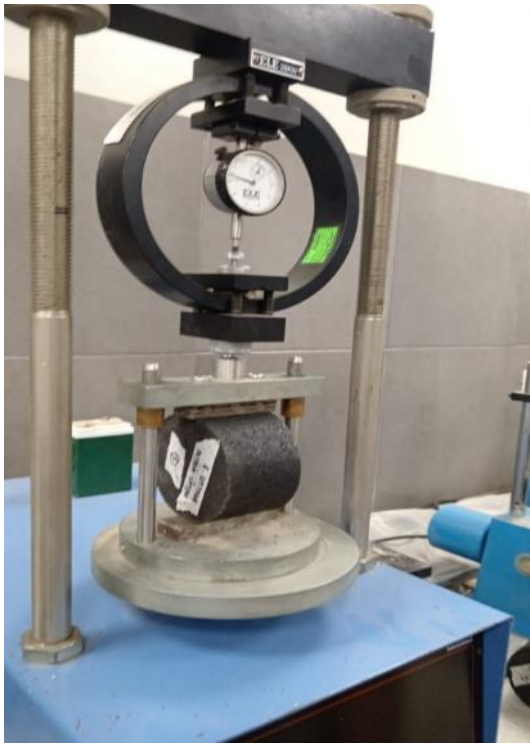
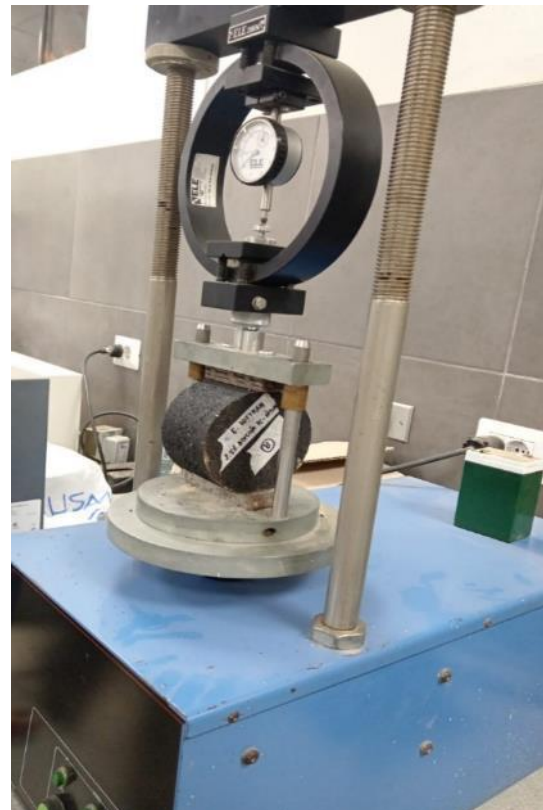
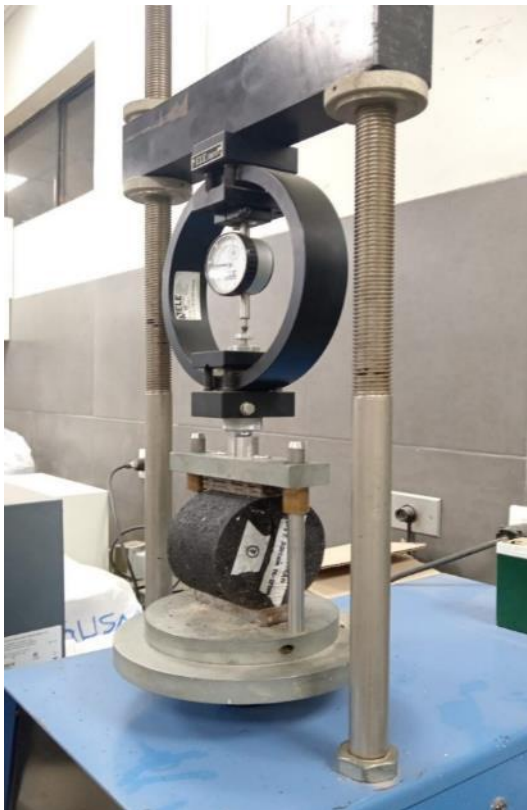
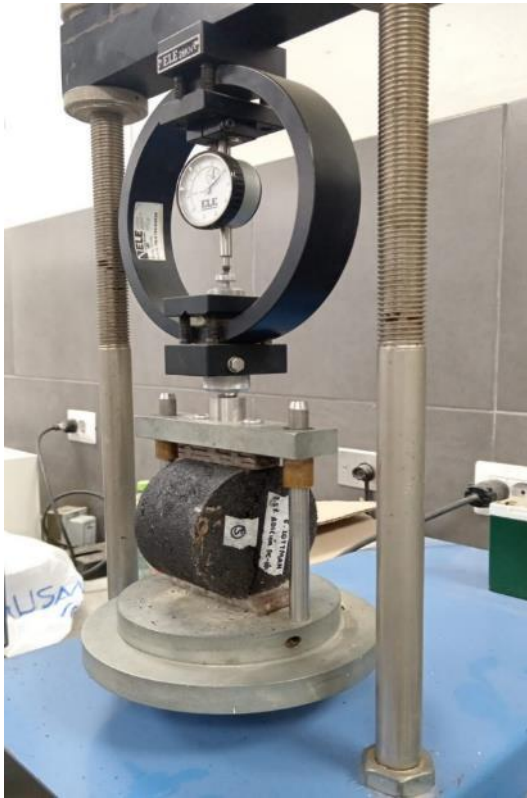


Ilustración 115 Ensayo de tracción para muestras secas con adición



Tracción indirecta:

Ilustración 116 Muestras convencional y adicionada para ensayo de tracción indirecta



Ilustración 117 Equipo de ensayo de tracción indirecta



Ilustración 118 Muestra convencional después de ser ensayada por tracción indirecta



Ilustración 119 Muestra adicionada después de ensayo de tracción indirecta



Ensayo de catabro:

Ilustración 120 Muestra convencional y adicionada para ensayo al desgaste



Ilustración 122 Muestra sometida a la maquina abrasión para determinar el desgaste



Ilustración 121 Muestras después de ser sometidas al desgaste



Ilustración 123 Muestras convencional y adición después de ser sometidas al desgaste



Ilustración 124 Muestras para condición húmeda para ser sometida al desgaste



Ilustración 125 Muestra convencional y adición sometidas a 60°C



Ilustración 126 Muestra convencional luego de ser sometida a temperatura de 60°C



Ilustración 127 Muestra adicional después de ser sometida a 60°C



Ilustración 128 Muestra convencional y adicionada en estado húmedo después de ser sometidos a desgaste



Anexo 23: Matriz de consistencia:

TITULO	OBJETIVOS	PREGUNTA DE INVESTIGACION	HIPOTESIS	VARIABLE	OPERACIONALIZACION DE VARIABLE
INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DEL POLICARBONATO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	Objetivo general: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la influencia del policarbonato (PC) en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar el policarbonato y los agregados a utilizar en mezcla asfáltica en caliente. • Estimar la proporción de agregado de policarbonato para diseñar MAC. • Evaluar la estabilidad y flujo de mezcla asfáltica en caliente convencional y adicionada. • Evaluar la capacidad de la MAC para recuperar su forma original después de sufrir deformaciones. • Evaluar la resistencia de MAC al daño por humedad inducida. • Realizar comparación de una MAC convencional con otra adicionada con policarbonato. • Analizar los costos que implica la fabricación de mezcla asfáltica con adición de policarbonato. • Evaluar el impacto ambiental de la MAC con adición de policarbonato. • Evaluar la resistencia al desgaste de mezcla asfáltica convencional y adicionada. 	¿De qué manera influye la incorporación del policarbonato en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente?	La influencia de la incorporación del policarbonato mejora las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.	Variable independiente: la influencia de la incorporación de policarbonato.	Incorporación de policarbonato en 0%, 1.5%, 2.5% y 3% en mezcla asfáltica para determinar porcentaje aceptables.
				Variable dependiente: propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de PC.	Se realizará ensayos de: <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad MTC E504 • Flujo MTC E504 • Módulo de resiliencia ASTM D4123 • Lottman AASHTO T283 • IDT ASTM 9631
				Variable interviniente: Granulometría del policarbonato.	Se realizará mediante la norma MTC E 204

Fuente: Elaboración propia