

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL ASFALTO
ALTAMENTE MODIFICADO (HIMA) SOBRE
LA FLUENCIA Y LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE CARGAS
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. ZARUMILLA, LIMA –
PERÚ 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

RONY JOSE ALVARADO MENDOZA
JUNIOR GUILLERMO FRANCIA CAMPOS

Asesor:

ING. MARKO ANÍBAL TORRES FLORES

Lima - Perú

2021



DEDICATORIA

Gracias a Dios, porque él es el pilar fundamental de mi vida, me dio la fuerza para seguir adelante, inspiró mis acciones, guío mi camino y me dio la sabiduría para lograr mis metas.

Mis padres, quien por ellos soy lo que soy, por estar siempre apoyándome incondicionalmente, su sacrificio y amor han sido sinónimo de perseverancia y esfuerzo.

Gracias hermanos míos por su apoyo, consejo, comprensión, amor y ayuda en tiempos difíciles. Me dieron todo como persona, mis valores, mis principios y mi determinación.

Rony José Alvarado Mendoza.

A mis padres por haberme inculcado los grandes valores que tengo como persona, muchos de mis logros de los debo a ustedes, entre ellos esta investigación. Han trabajado duro desde que nací y sin importar el cansancio de su trabajo siempre tenían una sonrisa que ofrecerme.

Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudas ha sido en gran parte a ustedes no sé dónde me encontraría de no ser por su ayuda, su compañía y su gran amor.

En mi investigación es un logro más que llevo a cabo, y sin dunda alguna ha sido en gran parte a ustedes por ofrecerme su ayuda, su compañía y su gran amor.

Junior Guillermo Francia Campos.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.
AGRADECIMIENTO

Universidad Privada del Norte, por permitirme formarme en ella, gracias a todas las personas que brindaron su apoyo de manera directa o indirecta, me encuentro muy agradecido por formar parte de mi vida estudiantil y que el día de hoy se viera reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Rony José Alvarado Mendoza.

Un agradecimiento a mis mentores de alma mater de la universidad privada del norte por todos los conocimientos que me han otorgado, un agradecimiento para mis familiares por el apoyo absoluto en mi formación profesional. Un inmenso agradecimiento al ing. Frank D. Mendoza Velásquez por todo el aliento, apoyo y las oportunidades para culminar mis logros y paciencia que ello conllevo en la culminación de mi formación profesional.

Junior Guillermo Francia Campos.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Antecedentes De Investigación	18
1.2.1. <i>Antecedentes Internacionales.....</i>	<i>18</i>
1.2.2. <i>Antecedentes Nacionales.....</i>	<i>20</i>
1.3. Marco teórico.....	21
1.3.1. <i>Agregados.....</i>	<i>21</i>
1.3.2. <i>Materiales Bituminosos.....</i>	<i>22</i>
1.3.3. <i>Cemento Asfaltico.....</i>	<i>22</i>
1.3.4. <i>Composición del asfalto</i>	<i>26</i>
1.3.5. <i>Pavimentos</i>	<i>26</i>
1.3.6. <i>Pavimento Flexible.....</i>	<i>27</i>
1.3.7. <i>Clasificación De Vías.....</i>	<i>28</i>
1.3.8. <i>Ciclo de Vida.....</i>	<i>31</i>
1.3.9. <i>Deformación de los pavimentos</i>	<i>31</i>

1.3.10.	<i>Filler o relleno mineral</i>	32
1.3.11.	<i>Propiedades diseño de mezclas asfálticas</i>	32
1.3.12.	<i>Estabilidad</i>	32
1.3.13.	<i>Durabilidad</i>	33
1.3.14.	<i>Impermeabilidad</i>	33
1.3.15.	<i>Trabajabilidad</i>	34
1.3.16.	<i>Resistencia a la fatiga</i>	34
1.3.17.	<i>Mezclas asfálticas en caliente</i>	34
1.3.18.	<i>Pavimento asfáltico</i>	35
1.4.	Formulación del Problema.....	35
1.4.1.	<i>Problema General</i>	35
1.4.2.	<i>Problemas Específicos</i>	36
1.5.	Objetivos.....	36
1.5.1.	<i>Objetivos General</i>	36
1.5.2.	<i>Objetivos específicos</i>	37
1.6.	Hipótesis.....	37
1.6.1.	<i>Hipótesis general</i>	37
1.6.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	38

1.7.	Justificación de estudio.....	38
------	-------------------------------	----

CAPÍTULO II. MÉTODO40

2.1.	Metodología de la investigación.....	40
------	--------------------------------------	----

2.1.1.	<i>Diseño de investigación.....</i>	40
--------	-------------------------------------	----

2.1.2.	<i>Tipo de investigación.....</i>	40
--------	-----------------------------------	----

2.1.3.	<i>Nivel de investigación</i>	41
--------	-------------------------------------	----

2.2.	Definición de variables.....	41
------	------------------------------	----

2.2.1.	<i>Variables independientes</i>	41
--------	---------------------------------------	----

2.2.2.	<i>Variables Dependiente</i>	42
--------	------------------------------------	----

2.3.	Operacionalización de variables.....	42
------	--------------------------------------	----

2.3.1.	<i>Operacionalización de variable independiente.....</i>	42
--------	--	----

2.3.2.	<i>Operacionalización de variable dependiente 1.....</i>	43
--------	--	----

2.3.3.	<i>Operacionalización de variable dependiente 2.....</i>	43
--------	--	----

2.4.	Población Y Muestra (Materiales, Instrumentos Y Métodos).....	44
------	---	----

2.4.1.	<i>Población.....</i>	44
--------	-----------------------	----

2.4.2.	<i>Muestra.....</i>	44
--------	---------------------	----

2.4.3.	<i>Técnicas de recolección de datos.....</i>	45
--------	--	----

2.4.4.	<i>Instrumentos de Investigación.....</i>	45
--------	---	----

2.5.	Procedimiento de los Ensayos de laboratorio.....	47
2.5.1.	<i>Análisis Granulométrico ASTM D – 422, MTC E204.....</i>	<i>47</i>
2.5.2.	<i>Contenido de Humedad MTC E 108.</i>	<i>50</i>
2.5.3.	<i>Durabilidad al Sulfato de Magnesio MTC E 209.....</i>	<i>51</i>
2.5.4.	<i>Abrasión de los Ángeles MTC E 207.....</i>	<i>53</i>
2.5.5.	<i>Partículas Chatas y Alargadas ASTM D 4791.....</i>	<i>55</i>
2.5.6.	<i>% de Caras Fracturadas en los Agregados MTC E 210.....</i>	<i>57</i>
2.5.7.	<i>Sales Solubles Totales</i>	<i>59</i>
2.5.8.	<i>Gravedad Especifica y Absorción MTC E 206</i>	<i>60</i>
2.5.9.	<i>Equivalencia de Arena MTC E 514.....</i>	<i>63</i>
2.5.10.	<i>Límite de Consistencia MTC E 111.....</i>	<i>65</i>
2.5.11.	<i>Azul de Metileno AASHTO TP 57</i>	<i>67</i>
2.5.12.	<i>Ensayo Marshall.....</i>	<i>67</i>
2.5.13.	<i>Ensayo Índice de Compactibilidad.....</i>	<i>69</i>
2.5.14.	<i>Ensayo de resistencia conservada.....</i>	<i>70</i>
2.6.	Confiability	70
2.7.	Análisis de Datos	70
2.8.	Aspectos Éticos.....	71

CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	71
3.1. Ensayo de Agregado Grueso	71
3.1.1. <i>Ensayo de Control de Calidad</i>	71
3.1.2. <i>Diseño de mezcla (Marshall)</i>	81
3.1.3. <i>Comparación estadística de las mezclas asfálticas</i>	100
3.1.4. <i>Costo</i>	102
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	105
3.2. Discusión	105
3.3. Conclusiones.....	106
3.4. Recomendaciones	108
REFERENCIAS.....	110
AASHTO T 245. (2015). Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus. Estados Unidos.....	110
ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura Media Anual	23
Tabla 2: Especificaciones del cemento asfaltico clasificado por penetración	23
Tabla 3: Especificaciones del cemento asfaltico clasificado por viscosidad	24
Tabla 4: Clasificación de ligantes asfalticos de acuerdo a performance grade (PG)	25
Tabla 5: Causas y efectos de la estabilidad de un pavimento	32
Tabla 6: Causas y efectos de poca durabilidad de un pavimento	33
Tabla 7: Matriz de operacionalización de la variable independiente.....	42
Tabla 8: Matriz de operacionalización de la variable dependiente 1	43
Tabla 9: Matriz de operacionalización de la variable dependiente 2.....	43
Tabla 10: Masa mínima de la porción de agregados.....	49
Tabla 11: Tamaño de tamices nominales.....	51
Tabla 12:Tamaño de tamices normalizados.....	52
Tabla 13: Tabla de Abrasión de los Ángeles	53
Tabla 14: Especificaciones de Absorción	54
Tabla 15: Tamaño de la muestra.....	56
Tabla 16: Tamaño de la muestra.....	58
Tabla 17: Tamaño de la muestra.....	61
Tabla 18: Valores promedio de limite plástico	66
Tabla 19: Resultados Análisis Granulométrico	71
Tabla 20: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.....	73
Tabla 21: Análisis Granulométrico del Agregado Fino	74

Tabla 22: Ensayo de Abrasión de los ángeles.....	75
Tabla 23: Sales solubles totales del agregado grueso	76
Tabla 24: Sales solubles totales del agregado fino	76
Tabla 25: Ensayo de Durabilidad del Agregado Grueso	77
Tabla 26: Ensayo de Durabilidad del agregado Fino.....	77
Tabla 27: Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción.....	78
Tabla 28: Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción.....	78
Tabla 29: Porcentaje con una o más caras fracturadas	79
Tabla 30: Porcentaje con dos o más caras fracturadas.....	79
Tabla 31: Partículas chatas y alargadas del agregado grueso	79
Tabla 32: Valores de Equivalencia de Arena.....	80
Tabla 33: Valores del Limite Liquido.....	80
Tabla 34: Valores del Limite Plástico.....	81
Tabla 35: Azul de Metileno	81
Tabla 36: Caracterización de insumos	81
Tabla 37: Dosificación para el Diseño Marshall.....	82
Tabla 38: Ensayo Marshall 4.5% A.C.	82
Tabla 39: Ensayo Marshall 5.0% A.C.	83
Tabla 40: Ensayo Marshall 5.5% A.C.	85
Tabla 41: Ensayo Marshall 6.0% A.C.	85
Tabla 42: Resumen de valores del Asfalto Tradicional	90
Tabla 43: Insumos del Diseño Marshall del Asfalto Modificado	91
Tabla 44: Dosificación para el Diseño Marshall.....	91

Tabla 45: Ensayo Marshall 4.5% A.M.....	92
Tabla 46: Ensayo Marshall 5.0% A.M.....	93
Tabla 47: Ensayo Marshall 5.5% A.M.....	94
Tabla 48: Ensayo Marshall 6.0% A.M.....	95
Tabla 49: Características Marshall.....	99
Tabla 50: Análisis de Precio Unitario del Asfalto Tradicional.....	102
Tabla 51: Análisis de Precios Unitario del Asfalto Modificado.....	103
Tabla 52: Costo en la producción total de mezcla asfáltica.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: sección de vía	29
Figura 2: Extracción del agregado grueso	47
Figura 3: Cuarteo del Agregado Grueso	48
Figura 4: muestras de asfalto sumergidas	62
Figura 5: Probeta de la Equivalencia de arena.....	64
Figura 6: Análisis Granulométrico.....	72
Figura 7: Granulometría de Agregado Grueso.....	73
Figura 8: Granulométrico del Agregado Fino.....	75
Figura 9: Peso Unitario vs Asfalto tradicional.....	86
Figura 10: % Vacíos vs Asfalto Tradicional.....	87
Figura 11: V.M.A. vs Asfalto Tradicional	88
Figura 12: Vacíos Llenos C.A. vs Asfalto Tradicional.....	88
Figura 13: Relación de polvo / Asfalto tradicional.....	89
Figura 14: Estabilidad vs Asfalto Tradicional	89
Figura 15: Flujo vs Asfalto Tradicional.....	90
Figura 16: Peso Unitario vs Asfalto Modificado	96
Figura 17: % Vacíos vs Asfalto Modificado.....	96
Figura 18: V.M.A. vs Asfalto Modificado.....	97
Figura 19: Vacíos llenos C.A. vs Asfalto Modificado.....	97
Figura 20: Relación de polvo / Asfalto Modificado	98
Figura 21: Estabilidad vs Asfalto Modificado	98

Figura 22: Flujo vs Asfalto Modificado.....	99
Figura 23: Tipo de Mezcla vs Estabilidad	100
Figura 24: Tipo de Mezcla vs Flujo.....	101
Figura 25: Tipo de Mezcla vs Índice de Rigidez	101

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Porcentaje del Agregado Retenido.....	50
Ecuación 2: Porcentaje de Humedad	51
Ecuación 3: Ecuación de la Absorción de los Ángeles.....	55
Ecuación 4: Porcentaje en masa de partículas en forma alargadas	56
Ecuación 5: porcentaje de masa de partículas en formas aplanadas	57
Ecuación 6: Porcentaje con una cara fracturada por cada tamaño	58
Ecuación 7: Porcentaje de caras fracturadas	59
Ecuación 8: Porcentaje de sales solubles	60
Ecuación 9: Ecuación del Limite Plástico	67

RESUMEN

Nuestra Investigación tiene como objetivo identificar la relación de fluencia y la capacidad de soporte de cargas en la aplicación del asfalto altamente modificado (HIMA) de una mezcla tradicional en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo. Para realizar esta investigación se empleó el asfalto PEN 60/70 y agregados originarios de la cantera “Chancadora Excalibur S.A.C.”. Se detallo como diseño de investigación experimental de tipo aplicativo con un nivel de investigación explicativa – correlacional. Se utilizaron 20 briquetas de asfalto altamente modificado (HIMA) y 20 briquetas de asfalto convencional para ser evaluados por medio de la prueba Marshall. Luego de realizar los ensayos respectivos, se encontró que la estabilidad y flujo de la mezcla tradicional es de 3777.7 kg/cm mientras que el asfalto de alto modulo obtuvo un resultado de 4591.6 kg/cm obteniendo una diferencia de 21.54 %. Asimismo, estos resultados afectan en la resistencia de daño inducido por humedad presentado por un buen comportamiento de TSR 4.00% con respecto al convencional, logrando demostrar que la incorporación de polímero HIMA mejora notablemente sus propiedades físicas y mecánicas.

Palabras Claves: Asfalto altamente modificado, polímero, Hima, fluencia, capacidad de soporte de cargas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La infraestructura vial es aquel factor fundamental para el progreso poblacional, debido a que aporta el crecimiento social, económico y cultural de una sociedad. Por lo tanto, es de suma importancia la eficiencia de este material ante dificultades en el crecimiento económico, mayor volumen de tráfico, mayor carga por ejes, mayor presión de hinchado de llantas y la necesidad de uso sostenible de los recursos, entre otros, han conducido la búsqueda de nuevas alternativas y técnicas en el uso de asfalto por el bienestar y progreso del usuario.

En el ámbito nacional e internacional, dentro de esta búsqueda, desde hace algunos años se ha difundido metodologías y enfoques nuevos para incrementar la durabilidad de las mezclas, como el uso de los asfaltos alterados con polímeros, caucho asfáltico o variaciones del diseño de las mezclas o selección de materiales.

Los países de Latinoamérica siempre han sido los últimos en utilizar estas tecnologías, el primero en Latinoamérica ha sido Brasil, alrededor de 17 años y en todo ese tiempo las investigaciones se han hecho en base al polímero SBS, por ser uno de los mejores modificadores de asfalto. (M&D Corporación Asociados S.A.C., 2013).

Perú es un territorio donde hay gradientes térmicas muy fuertes, por esta razón se produce la deformación persistente y la fisura por fatiga dinámica generada por el paso de los vehículos, ya que en el Perú el tema de control y medidas es muy deficiente.

Es precisamente por ese problema que nace la iniciativa de modificar los asfaltos con polímeros existiendo una gama de polímeros SBS, como es el HIMA, que son mezclas altamente

modificadas. Con este material se han hecho tramos experimentales en la vía de tránsito Anca en Estados Unidos (M&D Corporación Asociados S.A.C., 2013), teniendo resultados extraordinarios como idea de tener un pavimento de alto desempeño que llegue a sostener las deformaciones producidas, reduciendo los espesores planteados en la carpeta asfáltica.

No obstante, la consistencia de la mezcla expone n problema en todos los betunes, debido a que el punto de ablandamiento se ve reducido por la interacción del asfalto-polímero. Es decir, los polímeros convencionales (SBS) optimiza las características de la mezcla asfálticas hacia cierto punto, puesto que la fase dominante sigue siendo el betún, para lo cual las características son mayormente como las de este componente. Sin embargo, si aumenta el material de polímero, las etapas se invierten y en aquel caso el “betún” obtiene el comportamiento como pegamento, lo que inclina profundamente a las cualidades del ligante.

El material modificante “polímero D0243 Kraton” presenta una conformidad excepcional y un grado de viscosidad bajo, lo cual ayudará a erradicar esta dificultad. Hima es un instrumento que se puede aplicar para solucionar algunos de los problemas que aparecen en los pavimentos asfálticos.

Este material aporta una combinación entre la reducción de la fluencia y resistencia al agrietamiento por agitación que se puede aplicar a pavimentos estructurales más delgados, capas superpuestas más delgadas y duraderas, productos de emulsiones más sólidos y persistente a las grietas

Ante esta situación, la investigación propone un nuevo enfoque para la estimación de vida a fatiga del pavimento. La aplicación de una mezcla altamente modificada empleando el polímero

Hima, evaluando la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible a través de los ensayos de laboratorio.

La dificultad de los pavimentos flexibles ha dejado claro que la modificación del asfalto usando polímero SBS afecta positivamente a la estructura del pavimento flexible. Fallar en la transformación de la mezcla y en el cálculo del pavimento flexible puede significar tener un asfalto que no va a sostener la fatiga, su durabilidad va a reducir, se va a examinar velozmente el ahuellamiento y habrá cuantiosos gastos en mantenimientos excesivos. Este es una dificultad a nivel global, es por ello la importancia de tener adecuadamente una mezcla alterada como solución a estos problemas.

1.2. Antecedentes De Investigación

Respecto a los trabajos previos, los expertos en la rama de infraestructura vial de distintos lugares han originado novedosas tendencias del uso de polímeros en la mezcla asfáltica, motivando así el inicio a la ejecución experimental para el desarrollo de los primeros proyectos; siendo a partir de 1980 considerado como una notable alternativa de solución para aplicarlo en cualquier proyecto de rehabilitación de pavimentos (Silvestre, 2017).

1.2.1. Antecedentes Internacionales

En Polonia, presentaron un nuevo enfoque para la estimación del periodo de vida del pavimento empleando el método de similitud basado en ecuaciones brindados por AASHTO 2004. Los resultados de las pruebas de fatiga de laboratorio de mezclas de concreto asfáltico para capa base de asfalto para el estudio, se empleó la comparación con la practica anterior que utiliza aglutinantes modificados y no modificados. Los aglutinantes altamente modificados con elastómeros son un material con un contenido de copolímero de bloque SBS (estireno-butadieno-

estireno), generalmente por encima del 7.0% m/m, como consecuencia del proceso de modificación del betún. Conduce a una inversión de fase en el material; la fase SBS domina sobre la fase bituminosa. (Zlotowska, Nagórski, & Blazejowski, 2021). Por otro lado, la India se enfrenta a un incremento significativo tanto en las cargas por eje como en las temperaturas del pavimento y, por consiguiente, es esencial que las autoridades de ingeniería de pavimentos busquen materiales de pavimento de mejor rendimiento, en especial en las capas superiores. Es un hecho bien conocido que la viscosidad y rigidez del ligante bituminoso juega un papel crucial en el rendimiento general de los pavimentos a temperaturas más altas. Se ha reportado que el uso de aglutinantes bituminoso más rígido con una dosis más alta proveería como consecuencia un mejor rendimiento de los pavimentos y varios países han utilizado con éxito aglutinantes más rígidos en las capas superiores para la construcción de pavimentos (Arunkumar, Anikumar, & Amaranatha Reddy, 2018).

Según (Borja Torres Stalin, Stalin Alberto; Cárdenas Castillo, Joffre Alexander, 2019) en su investigación caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS realizado en Quito – Ecuador menciona en sus resultados que se debe tener cuidado en el proceso de polimerización del asfalto, ya que se trabaja a altas temperaturas de mezclado, bordeando los 200 °C, un incorrecto proceso de mezclado conllevaría a deficiencias de reacción térmica del polímero – asfalto, provocando una explosión súbita, que conllevaría a daños físicos y materiales, es necesario precalentar al asfalto y polímeros por separado hasta llegar a la temperatura de mezclado, evitando cualquier tipo de inconveniente. Teniendo como deficiencias, las dificultades del mezclado, no todos los polímeros son compatibles con el asfalto base, deben extremarse los cuidados en el momento de la elaboración de la mezcla,

los agregados no deben estar húmedos ni sucios, la temperatura mínima de distribución debe ser de 145 °C. por su rápido endurecimiento. Evidenciando la mayor desventaja de estos.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

A nivel nacional se busca la innovación, es por ello, en cuanto a la realidad problemática a nivel nacional, se define que las carreteras del Perú, sirven como medio de comunicación y conexión entre las distintas ciudades, de igual forma en el transporte de vehículos pesados y livianos. Por tal motivo, (CASO QUISPE, SARA WAYTA; DE LA CRUZ GUITERREZ, GISSELA, 2021) nos informa en cuanto a los pavimentos modificados con polímeros elastómeros (SBS) nos otorgó como resultados una mejora de dureza con una penetración de 91 x 0.1 mm en un asfaltado base PEN 85/100, correspondiente al 51% de crecimiento de su dureza; en una segunda indagación elaborada a asfalto modificados con polímero plastómeros (EVA y PET), el primer modificador de asfalto tipo 60/70 nos otorgó como resultados un incremento en la estabilidad de 17.34% mientras tanto que el segundo denota incremento en la igualdad de un 9.6%. De los resultados encontrados, se asegura que la mezcla asfáltica modificada con polímeros elastómeros adopta dureza y recuperación flexible, lo que se traduce en una mejor resistencia al ahuellamiento, en lo cual los polímeros tipo plastómeros le brindan a la mezcla mejoras tanto en la igualdad y flujo asociado de forma directa con la resistencia a las cargas que está sometida a la estructura asfáltica.

Por otro lado, en la investigación “Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017” (Chávez Armas, 2017) Se ha comprobado que los elastómeros son los polímeros que presentan mayor compatibilidad con el asfalto debido a sus propiedades elásticas, siendo el SBS el polímero que proporciona mejores

propiedades a la mezcla asfáltica, esta afirmación se puede verificar con el presente estudio, según los resultados obtenidos de cada variable, los cuales evidencian en todos los casos mejoras notorias con respecto a la mezcla del grupo de control gracias a la buena compatibilidad entre el ligante como el polímero SBS.

En la investigación “Estudio Comparativo Del Método Convencional Y Uso De Los Polímeros EVA Y SBS En La Aplicación De Mezclas Asfálticas” (INFANTE ATATURIMA & VÁSQUEZ ALARCÓN, 2016) determino que para tránsito pesado Se recomienda el uso del polímero SBS, agregando el 4%, para este tipo de tránsito, siendo el costo menor y mayores mejoras en las propiedades mecánicas del pavimento, Incremento de Estabilidad 53.20% (1869 kg) con respecto al diseño óptimo de Pavimento Convencional y fluencia 2.70 mm. Se emplea menor cantidad que el polímero SBS. Porque empieza a cumplir los parámetros de la norma Como rangos permisibles de fluencia, mientras que el polímero SBS cumple rangos de fluencia a partir del 4%. Además de agregar un porcentaje menor que el Polímero SBS al pavimento convencional, también aumenta la calidad del pavimento, disminuyendo el costo en operación y mantenimiento incrementando su vida útil del pavimento.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Agregados

Material de carácter pétreo o no, de naturaleza inerte, perteneciente de la desintegración natural o artificial de la roca madre. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia.

Para efecto de las presentes especificaciones, se denominará agregado grueso a la proporción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N°4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 μ m (N° 4 y N° 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 μ m (N° 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

1.3.2. Materiales Bituminosos

Se define como betún o una mezcla de hidrocarburos pesados, conseguidos en estado natural o por diferentes procesos físicos o químicos, con sus derivados de consistencia variable y con poder aglutinante e impermeabilizante, siendo completamente soluble en el bisulfato de carbono CS₂ (ASTM, 2014). Actualmente, la mayor parte del asfalto producido y empleado en el mundo es extraído del petróleo, del cual es obtenido, ausente de impurezas, siendo casi completamente soluble en bisulfato de carbono o tetracloruro de carbono.

1.3.3. Cemento Asfáltico

Este material es obtenido por el proceso de destilación del petróleo crudo mediante diferentes técnicas de refinación. Es durable y tiene excelentes características impermeables y de adhesividad, siendo enormemente resistente a la acción de la mayor parte de los ácidos, álcalis y

sales. El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la tabla 1, según lo establecido en proyecto y aprobado por el supervisor. (Manual de carreteras, 2013).

Tabla 1: Temperatura Media Anual

Temperatura Media Anual

24°C o más	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 Ó	60 - 70	85 – 100	Asfalto
60 – 70 Ó modificado		120 - 150	Modificado

Nota. Fuente: Selección del tipo de cemento asfáltico, (Manual de carreteras, 2013).

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175 °C. Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen las tablas 2 y 3. El cemento asfáltico va a poder modificarse por medio de la integración de aditivos de diferente naturaleza tales como rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto garantizado, con los ensayos correspondientes.

Tabla 2: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.
Pruebas sobre el material bituminoso.											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1 mm.	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C.	MTC E 312	232		232		232		218		177	

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

Ductilidad, 25 °C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en tricloroetileno, %.	MTC E 302	99.0		99.0		99.0		99.0		99.0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica).	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies).											
Solvente Nafta – Estándar.		negativo									
Solvente Nafta – Xileno, % xileno.	AASHTO M 20	negativo									
Solvente Heptano – Xileno, % Xileno.		negativo									
Pruebas sobre la película delgada a 163°C, 3.2 mm, 5h.											
Pérdida de masa, %.	ASTM D 1754		0.8		0.8		1.0		1.3		1.5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm.	MTC E 306			50		75		100		100	

Nota. Fuente: Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado, si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínima a 100 cm a la velocidad de 5 cm/min (Manual de carreteras, 2013).

Tabla 3: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Características	Grado de Viscosidad				
	AC – 2,5	AC – 5	AC - 10	AC – 20	AC - 40
Viscosidad Absoluta a 60 °C, Poises.	250±50	500±100	1000±200	2000±400	4000±800
Viscosidad Cinemática, 135 °C St mínimo.	80	110	150	210	300
Penetración 25 °C, 100 gr, 5 s mínimo.	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, %masa, mínimo	99	99	99	99	99
Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo					
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	1 250	2 500	5 000	10 000	20 000
Ensayo de la Mancha (Oliensies)	100	100	50	20	10
Solvente Nafta – Estándar	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
Solvente Nafta – Xileno, % xileno	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo

Nota. Fuente: Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo, (Manual de carreteras, 2013).

Tabla 4: Clasificación de ligantes asfálticos de acuerdo a performance grade (PG)

Clasificación de ligantes asfálticos de acuerdo a performance grade (PG)

	PG 46				PG 52				PG 58				PG 64								
Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °Ca.	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Temperatura de diseño mínima del pavimento, °Ca.	< 46				< 52				< 58				< 64								
Asfalto Original																					
Punto de inflamación, T 48, °C, mínimo.																	230				
Viscosidad, T 316: máximo 3 Pa's, temperatura de prueba, °C.																	135				
Esfuerzo cortante dinámico, T 315: cG*/senSd/mínimo 1.00 kpa temp de prueba @ 10 rad /s, °C.	46				52				58				64								
Película delgada en horno rotativo (T 240)																					
Cambio de masa, máximo, %.																	1.00				
Esfuerzo cortante dinámico, T315: G*/senSd, mínimo 2.20 kpa temperatura de prueba @10 red/s, °C	46				52				58				64								
Residuo en cámara de presión (R 28)																					
Temperatura de curado PAV, °C.	90				90				100				100								
Esfuerzo cortante dinámico G* senSd, máximo 500kpa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Resistencia al deslizamiento, T 313: gS, máximo 300Mpa valor-mínimo 0,300 temp de prueba @ 60 s, °C.	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30
Tensión Directa, T 314: g Def unitaria de la falla, mínimo 1,0% temp de prueba @ 1.0 mm/min, °C.	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

Nota. La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia específica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35. Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad. Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano. G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G*/senS = Resistencia a temperatura intermedia. El cambio de masa debe ser menor que 1,00% tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa). La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90 °C, 100 °C ó 110 °C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 °C para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70 – xx y superiores deben ser fijada como 110°C. Si la resistencia al deslizamiento es inferior a 300 Mpa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 Mpa puede usarse el requerimiento a la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor – m. Fuente: (Manual de carreteras, 2013).

El cemento asfáltico tiene en la viscoelasticidad la base del comportamiento mecánico que lleva a cabo sobre la composición del pavimento. Con es la propiedad, el cemento asfáltico en petróleo (CAP) combina 2 comportamientos diversos: el elástico, sobre aplicación de carga de

corta duración (tráfico rápido), y el viscoso, sobre largos periodos de aplicación de carga. Tiene una buena durabilidad, debido a la poca reactividad química. El contacto con el aire propicia oxidación lenta, que puede ser acelerada por el aumento de temperatura.

1.3.4. Composición del asfalto

Los asfaltos son mezclas complejas hidrocarbonos variando en el caso de los cementos asfaltos semisólidos de materiales de bajo peso molecular (aproximadamente 300) a materiales de alto peso molecular (más de 5 000).

Es considerado un material termoplástico, lo cual es muy usado en la construcción de carreteras, autovías y autopistas al mezclarse con gravilla o arena, a una determinada temperatura tiene.

(Reyes, 2016) “El asfalto es como betún, es un material muy útil que este compuesto por agregados del petróleo, constituido por asfáltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad”.

1.3.5. Pavimentos

Un pavimento se constituye por un conjunto de capas superpuestas de forma horizontal, diseñadas y siguiendo un modelo de construcción que considera materiales apropiados y correctamente compactados. Para una buena interacción de los estratos se apoya sobre la subrasante, formado por el resultado del movimiento de tierra en la fase preliminar; y así lograr resistir adecuadamente los refuerzos causados por las cargas repetidas del tránsito transmitidas en el periodo de diseño (Fonseca, 2008). Dentro de sus características principales se encuentra:

- Ser resistente a la fatiga.

- Ser resistente a agentes extremos del medio que se coloque la estructura.
- Presentar una textura superficial conforme a la velocidad de circulación, ya que está se relaciona con la proporción de seguridad vial que ofrece la vía. A su vez, de soportar el desgaste producido por efecto abrasivo de las ruedas del vehículo.
- Debe mostrar una continuidad superficial, sea longitudinal como transversal, que brinde comodidad al conductor dependiendo de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de la circulación.
- Mantener las características iniciales durante el periodo de diseño establecido.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura no debe afectar sobremanera ni al conductor del vehículo al usuario como a los peatones que están en el entorno.
- Valor exequible.
- Usar colores moderados para evitar reflejos y destellos, asegurando así la seguridad al tránsito.

1.3.6. Pavimento Flexible

Conformado por una carpeta bituminosa soportada por dos capas flexibles, la base y subbase. Al ser un sistema multicapa, siendo las primeras de mejor calidad cerca de la superficie al producirse mayor tensión. El pavimento trabaja de forma correcta si al distribuir la carga llega a un nivel aceptable para la subrasante. Después de la carpeta de concreto se coloca una base conformada por grava bien graduada o materiales estabilizados (tal como cemento, cal o asfalto). Por último, debajo de la base una capa de material de menor calidad, (Hormigón, 2010).

1.3.7. Clasificación De Vías

Un sistema vial urbano desempeña dos funciones principales:

- De acceso a las propiedades colindantes.
- De circulación, para facilitar la realización de las actividades que se desarrollan en una ciudad, como puede ser la movilización de sus pobladores y el traslado de objetos y carga generalmente.

El conflicto entre las funciones de acceso y de circulación, origina problemas tales como el incremento de accidentes y el deterioro del medio ambiente, por lo que el sistema vial urbano deberá considerar en atención a la reducción o eliminación de los conflictos.

La estructura del sistema vial se plantea conforme a las previsiones de desarrollo de la ciudad, atendiendo a los principios de especialización y jerarquización de la vía y/o canales de circulación, para lograr eficiencia y economía.

1.3.7.1. Criterios de la clasificación de las vías urbanas

Entre los principales aspectos funcionales empleados en la clasificación de una vía urbana son:

- Tipo de tráfico que soporta.
- Uso del suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados y desarrollo de establecimientos comerciales).
- Espaciamiento (considerando a la red vial en su conjunto).

Para la clasificación, se ha considerado los siguientes criterios, y priorizando la clasificación según el criterio funcional:

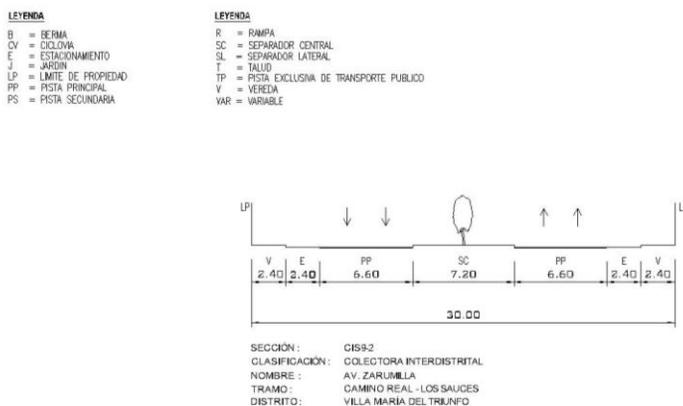
- Funcionamiento de la red vial
- Nivel de servicio y desempeño operacional
- Características físicas

Este sistema de clasificación planteado es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías.

1.3.7.2. Clasificación de la vía a intervenir

Siendo la av. Zarumilla el punto de evaluación, se verifico en el plano de sección de vías de la municipalidad de Villa maría del Triunfo.

Figura 1: sección de vía



Fuente: Elaboración por los Autores.

1.3.7.3. Vías Colectoras

- **Función**

Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

Pueden ser colectoras distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipalidades, de la cual se derivan, entre otros, parámetros para establecer la competencia de dichas autoridades.

Este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida.

- **Características de Flujo**

El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y, con controles simples, con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales.

El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto.

Reciben soluciones especiales para los cruces peatonales, donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable.

- **Tipos de Vehículos**

Las vías colectoras son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Para el sistema de ómnibus se podrá diseñar paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.

- **Conexiones**

Las vías colectoras se conectan con las arterias y con las locales, siendo su proporción siempre mayor con las vías locales que con las vías arteriales.

1.3.8. Ciclo de Vida

Se define como las tendencias conocidas en el rendimiento de cada pavimento, representadas por la calidad de la carpeta de rodadura, la calidad suele ser medida en términos del PCI (Índice de Condición del Pavimento). Cuando se define un patrón de conservación (fisura, desprendimiento de áridos, baches, etc.), se impone un límite de deterioro al que es permisible que llegue el pavimento. Como consecuencia, además de los costos de capital de la construcción de carreteras, los costos totales en que incurren los organismos implicados dependerán de los estándares de conservación y mejora aplicados a las redes de carreteras.

1.3.9. Deformación de los pavimentos

Las deformaciones son canales que se forman a lo largo de la trayectoria longitudinal de circulación de los vehículos, exactamente en las huellas por donde ruedan los neumáticos sobre el pavimento. Representan la acumulación de pequeñas deformaciones permanentes producidas por aplicaciones de carga provenientes del mismo rodado de los vehículos sobre la superficie del pavimento.

El comportamiento de las mezclas asfálticas frente a la formación de roderas está íntimamente relacionado con el tipo del ligante asfáltico, la composición granulométrica y calidad de los agregados pétreos y aditivos empleados en la fabricación de la mezcla.

1.3.10. Filler o relleno mineral

Según (Manual de carreteras, 2013) es un material que se utiliza en las mezclas asfálticas, con la finalidad de completar la granulometría de los agregados finos, cuyas características no cumplen las especificaciones técnicas correspondiente.

1.3.11. Propiedades diseño de mezclas asfálticas

De acuerdo al (Instituto del Asfalto , 1982), las buenas mezclas asfálticas en caliente trabajan bien debido a que son diseñadas, producidas y colocadas de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas. Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad de pavimento de mezclas en caliente. Estas incluyen la Estabilidad, la durabilidad, la impermeabilidad, la trabajabilidad y la resistencia al deslizamiento.

1.3.12. Estabilidad

Es la capacidad de una mezcla asfáltica de resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas impuestas por el tránsito. La carpeta asfáltica debe ser capaz de mantener su forma y textura ante la secuencia de carga que a diaria le son impuestas. En la tabla 5 se presentan las causas y efectos de inestabilidad en el pavimento.

Tabla 5: Causas y efectos de la estabilidad de un pavimento

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

Nota. Se presentan las causas y efectos de Estabilidad en el Pavimento. Fuente: adaptado del (Instituto del Asfalto , 1982)

1.3.13. Durabilidad

Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento y por consiguiente es difícil definir solamente términos de las propiedades del asfalto. Esto debido a que el comportamiento del pavimento es afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción y otras variables que incluyen la misma durabilidad del asfalto. En la tabla 6 se indica las causas y efectos de una poca durabilidad.

Tabla 6: Causas y efectos de poca durabilidad de un pavimento

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

Nota. Se presentan las causas y efectos de un poco Durabilidad en el Pavimento. Fuente: adaptado del (Instituto del Asfalto , 1982)

1.3.14. Impermeabilidad

La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, el grado de impermeabilidad está determinado por el tamaño de los vacíos, sin importar si están o no conectados, y por el acceso que tienen a la superficie del pavimento.

1.3.15. Trabajabilidad

Está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar.

1.3.16. Resistencia a la fatiga

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tiene un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que le porcentaje de vacíos es un pavimento aumenta ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento (el periodo de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye. Asimismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga.

1.3.17. Mezclas asfálticas en caliente

En una mezcla asfáltica en caliente, el asfalto y los agregados son combinados en proporciones precisas, la composición de las proporciones referentes a los elementos empleados va a ser las que determinen la conducta física de la mezcla asfáltica e inciertamente el desempeño de la mezcla como carpeta acabada. Hay diversos procedimientos de diseño habitualmente usados para decidir las proporciones apropiadas de agregado y asfalto en una mezcla, en este trabajo nos enfocaremos al método Marshall.

Según (Ramírez Palma, 2006), La mezcla asfáltica en caliente lo compone un material pétreo recubierto con una película de asfalto, uniformemente mezclados, en proporciones previamente especificadas. Las cantidades relativas de estos materiales, determinan las propiedades y características de la mezcla.

1.3.18. Pavimento asfáltico

Es una composición de una o más capas comprendidas entre la subrasante y el área de rodamiento, construida de materiales apropiados y cuya primordial funcionalidad es la de permitir el rodamiento de vehículos para una vía o área de circulación, de una manera inmediata, cómoda y segura para los usuarios. Debe ser resistente a la acción del tránsito, a los efectos del clima y transmitir hasta la subrasante los esfuerzos realizados por las cargas, con dimensiones inferiores a la capacidad de soporte del suelo de apoyo. El pavimento asfáltico está compuesto por un sistema tricapa, cuya capa superior es de concreto asfáltico, compuesto de ligante, usualmente el asfalto, el cual es un derivado de la refinación del petróleo, y agregados pétreos, materiales granulares y suelo. Este tipo de pavimento se llama flexible porque al ser sometido a una carga sufre una deformación y recuperación deseada, al cesar la carga, completamente elástica.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿Qué diferencia existe en el nivel de aplicación del asfalto altamente modificado (HIMA) en relación a la fluencia y la capacidad de soporte de cargas sobre una mezcla tradicional en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo?

1.4.2. Problemas Específicos

¿Cómo contribuye la incorporación de asfaltos altamente modificado (HIMA) en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo?

¿Cuál es el nivel de fluencia de un asfalto altamente modificado (HIMA) de las mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo?

¿Qué relación existe entre la capacidad de soporte de cargas de un asfalto altamente modificada (HIMA) de las mezclas asfálticas en caliente de la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo?

¿Cómo influye la incorporación de asfalto altamente modificado (HIMA) en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo?

¿Qué influencia produce el asfalto altamente modificado (HIMA) sobre el valor económico de mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivos General

Identificar la relación de fluencia y la capacidad de soporte de cargas en la aplicación del asfalto altamente modificado (HIMA) de una mezcla tradicional en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

1.5.2. Objetivos específicos

Demostrar como contribuye la incorporación de asfalto altamente modificado (HIMA) en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

Determinar el nivel de influencia que produce un asfalto altamente modificado (HIMA) de un asfalto tradicional en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

Analizar las relaciones existentes entre la capacidad de soporte de cargas y el uso de asfalto altamente modificado (HIMA) de las mezclas asfálticas en caliente de la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

Analizar cómo influye la incorporación de asfalto altamente modificado (HIMA) en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

Comparar el valor económico entre el asfalto altamente modificado (HIMA) y el asfalto tradicional en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El asfalto altamente modificado (HIMA) presentarán óptimos niveles de fluencia y capacidad de soporte de cargas en un 50%, en comparación a la mezcla tradicional en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

1.6.2. Hipótesis específicas

La incorporación de asfalto altamente modificado (HIMA) contribuye en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

Los asfaltos altamente modificados presentarán menores niveles de fluencia en un 40% de las mezclas asfálticas en caliente de la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

Existe relación significativa entre el nivel de la capacidad de soporte de cargas y un asfalto altamente modificado (HIMA) de las mezclas asfálticas en caliente de la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

La incorporación de asfalto altamente modificado (HIMA) influye en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

El asfalto altamente modificado (HIMA) presenta mayor valor económico de mezclas asfálticas en caliente en la av. Zarumilla del distrito de villa maría del triunfo.

1.7. Justificación de estudio

Este estudio se justifica teóricamente, debido a que generará un amplio conocimiento referente a la elaboración de asfalto altamente modificado (HIMA), el mismo conllevará a revisar la utilización de polímeros en pavimentos flexibles crea una mejor consistencia en la carpeta asfáltica, aumentando su durabilidad. Así como además minimizará la utilización de recursos no renovables al igual que reducirá la proporción de material empleado en el espesor de la carpeta asfáltica.

De igual manera, la justificación metodológica de esta tesis radica en que se generará una contribución, ya que se creará una herramienta que posibilitará la recopilación de la información

necesaria para llevar a cabo la investigación, el cual contará con la rigurosidad científica requerida y la validación por parte de expertos. Los investigadores centrados en las variables en estudio, dimensionaran los aspectos más relevantes para transformarlos en interrogantes, con el único fin de dar respuestas a los objetivos materia de la presente tesis, teniendo en cuenta que, la redacción debe ser clara y precisa, lo que implica que, adquiere habilidades y destrezas aumentado el conocimiento en relación al tema.

Respecto a la justificación técnica, esta investigación se reflejarán los aspectos técnicos asociados a las mezclas asfálticas altamente modificados (HIMA), los cuales conllevarán a diversas ventajas, tales como: mayor durabilidad del asfalto, mayor factibilidad para trabajarla en diversos tipos de clima, mayor tiempo de almacenaje, menores riesgos para los trabajadores, menor desgaste de áreas verdes, aumento de la aceleración de la mezcla, así como también el proporcionar un mayor confort al tránsito. Este material permitirá notables mejoras, como lo son: reducir reparaciones en el periodo de vida útil, menor mantenimiento, minimizar costos, poco uso de combustible, disminuyendo de esta forma la afectación del medio ambiente.

Sumado a lo anterior, la justificación económica consiste en revelar que la infraestructura vial será más fluida y segura. Debido al novedoso material utilizado, como lo es el polímero HIMA, el cual favorecerá la optimización de las condiciones de la carpeta asfáltica y propulsará mejoras en la economía del país a través de la reducción de costos en este ámbito.

En la justificación social, ya que a través de la innovación se permitirá la optimización del sistema vial, lo cual coadyuva en múltiples beneficios que repercutirán en la satisfacción de los usuarios en las vías.

2.1. Metodología de la investigación

2.1.1. Diseño de investigación

Según (Avila Baray, 2006) nos informa que el método científico es uno de las principales herramientas de la ciencia para contrastar la hipótesis contra la evidencia empírica. Esta investigación se presenta como método científico, por lo que este método es considerado como el más confiable para descubrir conocimientos, basándose en fenómenos observables de la realidad.

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014), se conoce que los diseños experimentales son utilizados cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. Por lo mismo la presente investigación tiene un diseño experimental, ya que la situación de control en el cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para realizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).

2.1.2. Tipo de investigación

La investigación es del tipo aplicada porque se va a realizar una implementación por medio del diseño y de acuerdo con (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014), este tipo de investigación se caracteriza por tener objetivos prácticos inmediatos bien definidos, lo cual implica que se realiza el estudio para actuar, transformar, modificar o producir cambio en un determinado sector de la realidad.

2.1.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es de tipo explicativa – correlacional, según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Se clasifica como explicativa debido a que está dirigida principalmente a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, enfocándose en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables, así también, se clasifica como correlación debido a que su finalidad principal es conocer la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular, evaluando el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas y después, cuantifican y analizan la vinculación, tales correlaciones están sustentadas en hipótesis sometidas a prueba.

2.2. Definición de variables

2.2.1. Variables independientes

2.2.1.1. Asfalto altamente modificado (HIMA)

Es una mezcla de agregados (incluido polímero SBS) y asfaltos producidos en caliente, aproximadamente de 165 °C a más, en este caso se utilizará asfalto modificado con polímero SBS de porcentajes no convencionales para obtener una resistencia de alto modulo, siendo las características representativas de estas mezclas las siguientes:

- Volumen y peso de agregados mineral
- Temperatura °C
- % de vacíos en la mezcla
- Contenido de asfalto modificado en %

2.2.2. Variables Dependiente

2.2.2.1. Fluencia

Es la deformación total producto por el deterioro del asfalto, caracterizado por la existencia de una sección transversal de la superficie que ya no ocupa su posición original.

2.2.2.2. Capacidad de soporte de cargas

Al diseñar un pavimento será necesario conocer las cargas del tránsito que soportará durante un periodo establecido de vida útil, y de esta forma determinar si los materiales escogidos y los espesores de diseño tendrán la capacidad estructural para soportar dichos esfuerzos. (Ulloa Calderón, 2011).

2.3. Operacionalización de variables

2.3.1. Operacionalización de variable independiente

Tabla 7: Matriz de operacionalización de la variable independiente

Título: Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.				
Matriz De Operacionalización De La Variable				
Variable Independiente: Asfalto Altamente Modificado (HIMA)				
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Asfalto Altamente Modificado (HIMA)	La mezcla de asfalto de alto módulo (HIMA) supuso un cambio significativo en la selección de materiales bituminosos por parte de las agencias de construcción y mantenimiento de carreteras. Las principales ventajas del uso de la mezcla HIMA son la reducción del espesor de la capa bituminosa para una vida útil determinada	El resultado de una mezcla asfáltica con polímeros, dependerá que al adicionar el polímero contenga una determinada estructura química que ofrezca una excelente dispersión al mezclarlo con el asfalto, con el fin de conseguir una consistencia en la malla estructural. Po lo cual, esta variable se divide en cuatro dimensiones que es la	Viscosidad	Rango de temperatura de mezcla Rango de temperatura de compactación
			Densidad	Núcleo de asfalto tradicional (kg/cm3) Núcleo de asfalto altamente modificado (kg/cm3)
			(%) de Vacíos	3-5% (tradicional)
				3-5% (altamente modificado)

con un rendimiento mejorado. viscosidad, densidad, % de vacíos, estabilidad. Estabilidad 815 kn (tradicional) 815 kn (altamente modificado)

Nota. En el presente cuadro se presenta el desarrollo de la variable independiente de estudio “Asfalto Altamente Modificado (HIMA)”.
Fuente: Elaborado por los Autores.

2.3.2. Operacionalización de variable dependiente 1

Tabla 8: Matriz de operacionalización de la variable dependiente 1

Título: Influencia Del Asfalto Altamente Modificado Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

Matriz De Operacionalización De La Variable

Variable Dependiente 1: Fluencia

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Fluencia	Es la cualidad del pavimento al absorber y transmitir las cargas presentadas perpendicular a su plano y trasladadas a las capas subyacentes del pavimento. Es decir, es la resistencia que ofrece un asfalto al ahuellamiento de la carpeta de rodadura, que compromete el confort y la seguridad, así como también la calidad de circulación de los usuarios.	La fluencia en carpetas asfálticas ocurre necesariamente por una combinación del flujo del material (viscoelástico ó viscoplástico) y el perjuicio en este material, la capacidad de una mezcla de resistir a este tipo de solicitudes depende de diversos factores, entre los cuales son: la concentración del ligante, la granulométrica y el volumen de la mezcla (agregados y ligantes).	Contenido de asfalto	% Razón
			granulometría	% Razón
			Estabilidad	Kg. Intervalo
			Flujo	0.01 Pulg. Intervalo

Nota. En el presente cuadro se presenta el desarrollo de la primera variable dependiente de estudio “Fluencia”. Fuente: Elaboración por los Autores.

2.3.3. Operacionalización de variable dependiente 2

Tabla 9: Matriz de operacionalización de la variable dependiente 2

Título: Influencia del asfalto altamente modificado sobre la deformación y el soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

Matriz de Operacionalización de la Variable

Variable Dependiente 2: Capacidad de Soporte de Cargas

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
SOPORTE DE CARGAS	El dimensionamiento de una estructura para una vía y en particular para el pavimento se fundamenta en el soporte de las cargas aplicadas por el tránsito y que están dadas por las características del suelo y de los materiales que la componen. En primer lugar, hay que conocer la capacidad portante de la capa o de las capas sobre las cuales se apoya la estructura	En los pavimentos asfálticos se pueden observar que a mayor edad de la carpeta o mayor flujo de tráfico al que esté sometido, la flexibilidad de la misma disminuye y su capacidad para soportar las cargas producidas por el tráfico se ve también reducida, a partir de lo cual, el deterioro en el pavimento se ve agudizando cada vez más. Esta capa recibe de manera directa las cargas que	PCI	Observación Participante
			Consistencia	Penetración Punto de ablandamiento Viscosidad

del pavimento. Este valor será determinante para la modelación de las diferentes alternativas de diseño que se puedan presentar o evaluar.

circulan sobre la superficie del pavimento; por lo tanto, debe estar diseñada y construida de tal manera que permita la circulación cómoda y segura del parque automotor durante su vida útil.

Elasticidad	Ductilidad a 25°C Recuperación elástica 25°C
Volatibilidad	Perdida por calentamiento Penetración Ductilidad
Resistencia	Estabilidad Flujo Resistencia al daño inducido

Nota. En el presente cuadro se presenta el desarrollo de la segunda variable dependiente de estudio “Capacidad de Soporte de Cargas”. Fuente: Elaborado por los autores.

2.4. Población Y Muestra (Materiales, Instrumentos Y Métodos)

2.4.1. Población

De acuerdo con (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014), manifiestan que la población es el “conjunto de todos los casos que concuerden con una secuencia de especificaciones”.

Para la evaluación de diferencias en propiedades mecánicas de mezclas con asfalto altamente modificado (HIMA) respecto a un convencional, se realizó especímenes de ensayo para obtener el diseño Marshall y los parámetros de estabilidad y flujo, además de ensayo de fluencia y vida a fatiga para cada tipo de mezcla con la finalidad de determinar las propiedades mecánicas. Por ello, la población de estudio en esta investigación estuvo constituida por la mezcla asfáltica convencional y modificada con asfalto altamente modificado (HIMA).

2.4.2. Muestra

La muestra utilizada en esta investigación está conformada por la misma que se detalló en la población, el objetivo de estudio de esta investigación es la elaboración de briquetas de asfalto, por lo cual no se puede cuantificar. Para la obtención de mejores resultados y que nos aporten mayor confiabilidad, nos basamos en la normatividad AASHTO T 245, ASTM D 6927. Según

(ASTM D 6927, 2006) se podrá ensayar con un mínimo de tres muestras de una mezcla donde las muestras deben tener el mismo tipo de agregado, calidad y clasificación; el mismo tipo y cantidad de relleno mineral; y la misma fuente, grado y cantidad de aglutinante. Por otro lado, (AASHTO T 245, 2015) nos recomienda realizar los ensayos con un mínimo de 03 briquetas cilíndricas de molde de 101.6 mm (4 pulg.) de diámetro por 76.2 mm (3 pulg.)

Por ello se elaborará y ensayará 05 briquetas por cada porcentaje de asfalto tradicional, y 05 briquetas por cada porcentaje de asfalto altamente modificado (HIMA) de los cuales extraeremos 03 muestras con menor separación de resultados, obteniendo así un total de 40 muestras. Esto permitirá determinar un cemento asfáltico óptimo para la fabricación de pavimentos.

2.4.3. Técnicas de recolección de datos

Para recolectar los datos de la investigación se basó en pruebas de laboratorio, utilizando técnicas para medir la información de forma estructurada y los instrumentos fueron herramienta para obtener la información necesaria para el desarrollo de nuestro estudio.

Nuestras muestras fueron recolectadas de la cantera “Chancadora Excalibur SAC.” Y el laboratorio donde realizamos los ensayos fue en la empresa HIS ASESORES Y CONSULTORES SAC.

2.4.4. Instrumentos de Investigación

La técnica aplicada para realizar los diseños de mezcla asfáltica altamente modificado (HIMA) y mezcla asfáltica convencional fueron los ensayos de acuerdo al Manual de Ensayo de

Materiales 2016 y al Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción 2013, tanto a los agregados, cementos asfálticos y mezclas asfálticas.

Se realizaron ensayos de caracterización de los agregados para poder determinar su calidad y cumplimiento de los parámetros establecidos, Para el agregado grueso contamos con los siguientes ensayos, tales como:

- Análisis Granulométrico ASTM D-422 MTC E 204.
- Abrasión de los Ángeles MTC E 207.
- Sales Solubles Totales MTC E 2019.
- Durabilidad al Sulfato de Magnesio MTC E 209.
- Gravedad Especifica y Absorción MTC E 206.
- Porcentaje de caras fracturadas en los Agregados Grueso MTC E 210.
- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D 4791.

Para el agregado fino contamos con los siguientes ensayos, tales como:

- Análisis Granulométrico ASTM D-422 MTC E 204.
- Equivalencia de Arena MTC E 209.
- Limite de consistencia MTC E 111
- Gravedad especifica y Absorción MTC E 205.
- Sales Solubles Totales MTC E 2019.
- Azul de Metileno AASHTO TP 57.

De la misma manera, se realizaron ensayos de Diseño utilizando la metodología Marshall en los asfaltos tanto para el modificado como para el convencional, tales como:

- Ensayo de Diseño Marshall.
- Ensayo de Gravedad Especifica Teórica Máxima ASTM D 2041.
- Ensayo Índice de Compactibilidad.
- Ensayo de Resistencia conservada AASHTO T283.

2.5. Procedimiento de los Ensayos de laboratorio

2.5.1. Análisis Granulométrico ASTM D – 422, MTC E204

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Los componentes del laboratorio denominado como utensilios de agregados (zaranda mecánica) el cual está compuesto por mallas normalizados por la normativa ASTM con las aberturas correspondientes para la determinación y clasificación de nuestros agregados.

- **Procedimiento**

Para el análisis granulométrico, se siguieron los siguientes pasos:

Se recolectó el agregado proveniente de la cantera “Excalibur”, los cuales fueron trasladadas hasta el laboratorio técnico “HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.” para realizar el ensayo de granulometría.

Figura 2: Extracción del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia de los Autores

Se extrae la selección del agregado, posteriormente con el ensayo de cuarteo, obtendremos la porción representativa de cada uno de los tipos de agregado fino y grueso. Posterior a ello, se inicia con el tamizado de manera manual para las mallas más gruesas. La granulometría del material fue realizada considerando las mallas establecidas por la normatividad ASTM D 3515 (huso 5) que fue seleccionada para la producción de la mezcla asfáltica, para realizar este experimento nuestros materiales deben estar limpios de impurezas y totalmente secos.

Figura 3: Cuarteo del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración propia de los Autores

Para ejemplar del ensayo se prepara una muestra, la cual estará integrada por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4.760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado.

Para la prueba de la porción retenida en el tamiz N° 4 se requerirá del tamaño máximo de las partículas y se dará de acuerdo a la siguiente tabla N° 10.

Tabla 10: Masa mínima de la porción de agregados

Diámetro Nominal de Partículas más grandes pulg (mm)	Porción Aproximada de Masa Mínima g
3/8 (9.5)	500
¾ (19.0)	1000
1 (25.4)	2000
1 ½ (38.1)	3000
2 (50.8)	4000
3 (76.2)	5000

Nota: Masa mínima de la porción de agregados y retenida en el tamiz N° 4

Ya finalizada la primera parte, la fracción gruesa se procederá a tamizar la parte más fina para obtener la curva granulométrica representativa de nuestros agregados.

Ecuación 1: Porcentaje del Agregado Retenido

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_{\text{tamiz}}}{W_1} \times 100$$

Donde:

W_{malla} = Peso Retenido en cada Tamiz.

W_1 = Peso de la muestra sacado al horno.

2.5.2. Contenido de Humedad MTC E 108.

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Los instrumentos de laboratorio utilizado son bandejas de prueba, horno de convección y una balanza calibra para determinar el peso de los agregados.

- **Procedimiento**

Para calcular la humedad contenida en los materiales, empezamos midiendo el peso del agregado en estado natural, de preferencia si esto se hace una vez ya separado por cada tamaño de cada tipo de agregado, para después ingresarlos al horno y obtener su peso sin humedad.

Fotografía ingresando los agregados al horno

Después de depositar el material durante un periodo de 24 horas en el horno a una temperatura de 110 °C, se procede a extraerlos, dejarlos enfriar y pesarlo, donde al hacer la comparación de ambos pesos, se obtiene el porcentaje de humedad natural de nuestros agregados.

Ecuación 2: Porcentaje de Humedad

$$Humedad (\%) = \frac{PS - PSH}{PS} \times 100$$

Donde:

PS = Peso del agregado original.

PSH = Peso del agregado secado en el horno.

2.5.3. Durabilidad al Sulfato de Magnesio MTC E 209.

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Los aparatos a utilizar son los tamices con aberturas cuadradas brindadas por la normativa (NTP 350.001), envases libres de impurezas, regulador de temperatura, balanza con capacidad no menor a 500 g, horno de secado y por último necesitaremos medidores de pesos específicos.

- **Procedimiento**

Separamos una porción del agregado fino para el ensayo donde pasará por un tamiz normalizado 9,50 mm (3/8”), el espécimen tendrá por lo menos 100 g de material en cada uno de los tamices, los pesos retenidos serán por lo menos de 5% de la muestra tamizada, expresados en función a la tabla N° 11 brindada por el ministerio de transporte y comunicaciones.

Tabla 11: Tamaño de tamices nominales

Pasa el tamiz normalizado	Retenido sobre el tamiz normalizado
600 mm (N° 30)	300 mm (N° 50)
1.18 mm (N°16)	600 mm (N° 30)
2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N°16)
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N° 8)
9.50 mm (3/8”)	4.75 mm (N°4)
Nota. Se presentaron los tamices nominales brindadas por el MTC. Fuente: (Manual de carreteras, 2013)	

Por otro lado, el material granular grueso se extraerá para el ensayo, será la muestra retenida en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4). El espécimen obtendrá un valor de peso especificado en la siguiente tabla N° 12 (los pesos retenidos serán por lo menos el 5% de la muestra tamizada).

Tabla 12: Tamaño de tamices normalizados

Tamaño (tamices normalizados de abertura cuadrada)	Peso en g
Consistiendo de:	
9.5 mm (3/8") a 4.75 mm (N° 4)	300 ± 5
19.0 mm (3/4) a 9.5 mm (3/8")	1000 ± 10
Consistiendo de:	
Material de 12.5 mm (1/2") a 9.5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19.0 mm (3/4") a 12.5 mm (1/2")	670 ± 10
37.5 mm (1 1/2") a 19.0 mm (3/4")	1500 ± 50
Consistiendo de:	
Material de 25.0 mm (1") a 19.0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37.5 mm (1 1/2") a 25.0 mm (1")	1 000 ± 50
63.0 mm (2 1/2") a 37.5 mm (1 1/2")	5 000 ± 300
Consistiendo de:	
Material de 50.0 mm (2") a 37.5 mm (1 1/2")	2 000 ± 200
Material de 63.0 mm (2 1/2") a 50.0 mm (2")	3 000 ± 300
Para tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en incrementos de 25.0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1000

Nota. Se presenta los tamaños de tamices normalizado de abertura cuadrada. Fuente: (Manual de carreteras, 2013)

Posteriormente la inmersión de los materiales en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 horas ni más de 18 horas, de una manera tal, que la solución las cubra a una profundidad de por lo menos 1.5 cm. Se tapan los envases para disminuir la evaporación y evitar la adición accidental de sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución permanecerán a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ durante el ciclo de inmersión.

Después del ciclo de inmersión, se saca la muestra de agregado de la solución, se deja escurrir durante $15 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$ y se coloca en el horno de secar. Previamente, se llevara la temperatura del horno a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ o $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Se seca la muestra a la temperatura específica hasta obtener el peso constante. Durante el periodo de secado, se extraen las muestras del horno y se pesan, sin enfriamiento, a intervalos de 2 a 4 horas se puede considerar que se ha alcanzado el peso constante cuando dos pesadas sucesivas para cualquier muestra, realizadas como se describe arriba difieran en menos del 1% del peso de la muestra en 4 horas de secado.

2.5.4. Abrasión de los Ángeles MTC E 207

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Los utensilios a utilizar para este ensayo técnico balanza que permita la determinación del peso con aproximación de 1g, estufa con temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$), tamices de mallas cuadradas con dimensiones establecidas por el MTC y finalmente la máquina de los ángeles que consiste en un cilindro hueco, de acero con una longitud interior de $508 \pm 5 \text{ mm}$ ($20 \pm 0.2''$) y un diámetro inferior de $711 \pm 5 \text{ mm}$ ($28 \pm 0.2''$).

- **Procedimiento**

Para el inicio de este ensayo, se adhiere una carga abrasiva que consiste en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm ($1 \frac{13}{16}''$) y 47.63 mm ($1 \frac{7}{8}''$) y un peso comprendido entre 390 g y 445 g.

Tabla 13: Tabla de Abrasión de los Ángeles

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total g
A	12	5000 ± 25

B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Nota. Se presenta el peso de granulometría necesaria para realizar el ensayo de abrasión. Fuente: (Manual de carreteras, 2013)

La muestra consistirá en agregados limpio por lavado y secado en horno a temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C (221 a 230 °F), separada por fracciones de cada tamaño y recombinadas con una de las granulometrías indicadas en la tabla 14.

Tabla 14: Especificaciones de Absorción

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37.5	(1 ½")	-25.0	(1")	1250 ± 25			
25.0	(1")	-19.0	(¾")	1250 ± 25			
19.0	(¾")	-12.5	(½")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12.5	(½")	-9.5	(⅜")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9.5	(⅜")	-6.3	(¼")			2500 ± 10	
6.3	(1 ¼")	-4.75	(N° 4)			2500 ± 10	
4.75	(N° 4)	-2.36	(N° 8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Nota. Se presentan los márgenes y especificaciones para realizar la tabla granulometría referida al ensayo de absorción de los ángeles. Fuente: (Manual de carreteras, 2013).

La ejecución del ensayo. La muestra y la carga abrasiva correspondiente, se colocan en la máquina de los ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser 500. La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de

vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en el tamiz # 12. La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No. 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre 105 a 110 °C (2210 a 230 °F). hasta peso constante, y se pesa con precisión de 1g.

El resultado del ensayo (%desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de los ángeles.

Ecuación 3: Ecuación de la Absorción de los Ángeles

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2)/P_1$$

P1 = Peso muestra seca antes del ensayo

P2 = Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).

2.5.5. Partículas Chatas y Alargadas ASTM D 4791

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

El equipo de laboratorio utilizado será un equipo apropiado para ensayar las partículas de agregado, un dispositivo calibrador proporcional y una Balanza para obtener el peso de la muestra.

- **Procedimiento.**

La muestra de agregado grueso se obtiene de acuerdo con la norma ASTM D 75.

Se separa por cuarteo una muestra representativa, de acuerdo a la Norma ASTM C 702.

Se separa por tamizado las distintas fracciones de la muestra, según los tamaños designados.

Tabla 15: Tamaño de la muestra

Tamaño máximo nominal, mm (in)	Masa mínima de la muestra de ensayo, kg(lb)
9.5(3/8 in)	1(2)
12.5(1/2 in)	2(4)
19 (3/4 in)	5(11)
25 (1 in)	10(22)
37.5 (1 ½ in)	15(33)
50 (2 in)	20(44)
63 (2 ½ in)	35(77)
75 (3 in)	60(130)
90 (3 1/2 in)	100(220)
100 (4 in)	150(330)
112 (4 ½ in)	200(440)
125 (5 in)	300(660)
150 (6 in)	500(1100)

Nota. Se presenta los tamaños de masa mínima de muestra para elaborar el ensayo. Fuente:

Se realiza la prueba de partículas planas y partículas alargadas.

Se calcula el porcentaje de las que tiene la forma alargada con aproximación del 1% de la masa total de la muestra de ensayo de cada tamiz superior a (3/8 in) 9.5 mm o (N° 4) 4.75 mm.

Ecuación 4: Porcentaje en masa de partículas en forma alargadas

$$Ca = \frac{ma}{M} \times 100$$

Donde:

Ca = Por ciento en masa de partículas con formas alargadas, (%).

Ma = Masa de las partículas con forma alargada, determinada en cada una de las muestras de ensayo, según corresponda, en (g).

M= Masa Total de la muestra para cada una de las muestras de prueba en (g).

Se calcula el porcentaje de las que tiene la forma plana con aproximación del 1% de la masa total de la muestra de ensayo de cada tamiz superior a (3/8 in) 9.5 mm o (N° 4) 4.75 mm.

Ecuación 5: porcentaje de masa de partículas en formas aplanadas

$$Cp = \frac{me}{M} \times 100$$

Donde:

Cp. = Por ciento en masa de partículas con formas aplanada, (%).

Me = Masa de las partículas con forma aplanada, determinada en cada una de las muestras de ensayo, según corresponda, en (g).

M= Masa Total de la muestra para cada una de las muestras de prueba en (g).

2.5.6. % de Caras Fracturadas en los Agregados MTC E 210.

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Los equipos a utilizar serán: Balanza con aproximación a 1gr, Cuarteador, Tamices 1½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”.

- **Procedimiento.**

La muestra debe ser representativa donde se obtiene mediante un cuidadoso cuarteo del total de la muestra obtenida. Se realiza el análisis granulométrico de la muestra cuarteada. Se separará por tamizado la fracción de la muestra comprendida entre los tamaños (1 ½”, y 3/8”), descartando el resto. El peso total de la muestra dependerá del tamaño del agregado así:

Tabla 16: Tamaño de la muestra

Tamaño del Agregado		Peso (g)
2"	1 ½"	7500
1 ½"	1"	3000
1"	¾"	1500
¾"	½"	500
½"	3/8"	200

Nota. Se presenta los valores de los pesos de la muestra de acuerdo a la gradación. Fuente: (Manual de carreteras, 2013).

Extender la muestra para inspeccionar cada partícula de material, si es necesario se lavará el agregado sucio para una mejor evaluación.

Se preparará tres recipientes separando las partículas redondeadas y las que tengan una o más de dos caras fracturadas. Si una partícula de agregado redondeada presenta una fractura muy pequeña, no califica como fractura.

Una partícula se considera fracturada cuando un 25% o más de su área aparecen fracturada. Las fracturas deben ser recientes y producidas de la forma mecánica, exonerando las que son producidas por la naturaleza.

Se tendrá que pesar los dos recipientes con las partículas fracturadas, teniendo en cuenta la suma del peso de ambos recipientes cuando se determine las partículas con una sola cara fracturada.

Anotar en la columna A, el peso exacto de las porciones de la muestra tomadas para el ensayo. En la columna B anotar el peso del material con una cara fracturada para cada tamaño. La columna C representa el porcentaje de material con una cara fracturada para cada tamaño:

Ecuación 6: Porcentaje con una cara fracturada por cada tamaño

$$C = (B/A) \times 100$$

Se registrará en la columna D los valores del análisis granulométrico de la muestra.

Después de calcular la columna E = C x D y sumar los valores de cada columna, el porcentaje de caras fracturadas:

Ecuación 7: Porcentaje de caras fracturadas

$$\% \text{ caras fracturadas} = \frac{\text{suma de \% caras fracturadas poderados segun gradacion origina}}{\text{muestra de ensayo como \% del material original}} = \frac{\text{Total } E}{\text{Total } D}$$

Repetir el cálculo para los materiales con dos caras fracturadas.

2.5.7. Sales Solubles Totales

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Se utilizarán los siguientes equipos: Balanza analítica, estufa y Plancha de calentamiento.

Los materiales a usar serán: Mecheros, matraces aforados, vasos de precipitado, pipetas, tubos de ensayo, e insumos que necesitaremos serán: Agua destilada, solución de Nitrato de Plata, solución de Cloruro.

- **Procedimiento.**

Se secará la muestra en horno a 110 ± 5 °C hasta el peso constante, aproximando a 0,01 g.

Registre esta masa como A.

Añadir la muestra en un vaso de precipitado, agregando agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y caliente hasta ebullición.

Agitar la muestra durante el lapso de 1 min. Repetir la agitación a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un período de 10 min.

Decantar por 10 min hasta que el líquido se aprecie transparente y trasvasar el líquido sobrenadante a otro vaso. Determine en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas gotas de nitrato de plata, formándose un precipitado blanco de cloruro de plata y la de sulfatos con unas gotas de cloruro de bario, dando un precipitado blanco de sulfato de bario.

Repetir los pasos 2) a 4) hasta que no se detecte presencia de sales, juntando los líquidos sobrenadantes.

Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B.

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

Cristalizar la alícuota en un horno a 100 ± 5 °C, hasta masa constante y registre la masa como D.

Ecuación 8: Porcentaje de sales solubles

$$\% \text{ sales solubles} = \frac{1}{\frac{Cx_A}{DxB}} \times 100$$

2.5.8. Gravedad Especifica y Absorción MTC E 206

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Los equipos utilizados serán: Balanza, cesta con malla de alambre, Tamices y estufa.

- **Procedimiento.**

Secar la muestra a peso constante, a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 horas para muestras de ensayo de tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1 ½ pulg) o mayores para tamaños más grandes hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Inmediatamente sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

Tabla 17: Tamaño de la muestra

Tamaño Máximo Nominal mm (pulg)	Peso Mínimo de la Muestra de Ensayo kg(lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50.0 (2)	8 (18)
63.0 (2 ½)	12 (26)
75.0 (3)	18 (40)
90.0 (3 ½)	25 (55)
100.0 (4)	40 (88)
112.0 (4 ½)	50 (110)
125.0 (5)	75 (165)
150.0 (6)	125 (276)

Nota. Se presenta los pesos mínimos de la muestra como tamaño máximo nominal. Fuente: (Manual de carreteras, 2013).

Si la muestra es ensayada en dos o más fracciones de tamaños, determinar la gradación de la muestra de acuerdo con lo de la muestra de acuerdo con lo indicado en el Modo Operativo MTC E indicado en el Modo Operativo MTC E 204.204.

Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 g o al 0,05% del peso de la muestra, la que sea mayor.

Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, densidad $997 \pm 2\text{ kg/m}^3$. Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge.

Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100\text{ }^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$) y se pesa.

Figura 4: muestras de asfalto sumergidas



Fuente: Elaboración Propia

2.5.9. Equivalencia de Arena MTC E 514

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

Los utensilios a utilizar en el ensayo son 03 probetas estándar de 38 cm, barra estándar de medición, tubo irrigador de cobre el cual debe estar unido por una manguera con el sifón, Horno eléctrico capaz de mantener una temperatura constante de 105 °C a 110 °C, reloj contador y cronómetro, frasco de plástico de unos 4 Lts de capacidad, tapones de goma, espátula, cuchara, solución concentrada de cloruro de calcio NaCl, Solución de ensayo preparada con 88 ml de solución concentrada mezclada con 3697 ml de agua destilada o desmineralizada para completar un galón (3785 ml), tamiz N° 4, envases de 85 ml (3 onzas) de capacidad de bronce, latón o aluminio.

- **Procedimiento**

Del material a ensayar, obtenga por medio de cuarto una porción representativa necesaria para el ensayo, de dicha muestra en el horno a peso constante a una temperatura de 105 °C a 110 °C, y luego deje enfriar a temperatura ambiente.

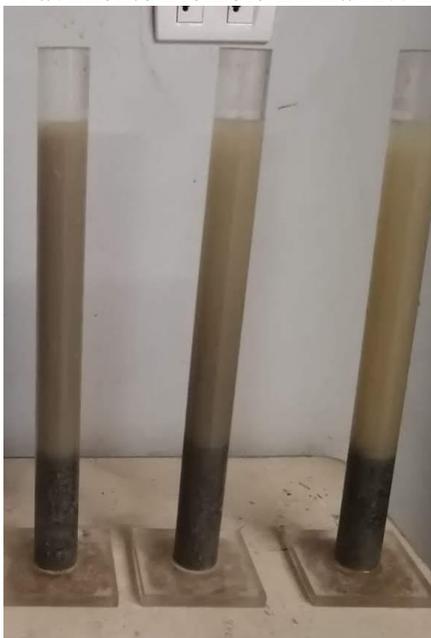
Se debe obtener 03 muestras de un mismo agregado para realizar el ensayo, antes de iniciar la ejecución del ensayo debe cerciorarse que existe un efecto de sifoneado al abrir el pasador del tubo irrigador, si no es así, se debe soplar el tubo de salida (sifón).

Con la ayuda de un embudo, se vierte el agregado en la probeta estándar donde se procederá a dar golpes en el fondo de la probeta con la palma de la mano y se hace girar para expulsar las burbujas de aire y humedecer completamente la muestra.

Transcurridos los 10 minutos se procede a insertar un tapón en la probeta para evitar perdida de material y se coloca está en la mordaza del equipo agitador. Se selecciona el tiempo (30 seg), y se activa el equipo para iniciar la agitación.

Después de la agitación se procede a retirar el tapón de la probeta. Se debe abrir el paso del líquido (solución) aflojando el pasador (llave) del tubo irrigador y lavando el tapón de manera tal, que el material adherido después de la agitación caiga dentro de la probeta.

Figura 5: Probeta de la Equivalencia de arena



Fuente: Elaboración Propia

Se debe introducir el tubo irrigador hasta el fondo de la probeta y lavar el material haciéndolo suspender, mientras se mantiene la probeta inclinada, aplicando al tubo irrigador, un movimiento suave, ascendente y descendente mientras se gira la probeta. Cuando se considere que el material este completamente limpio (se suspende todo el material fino), se mantiene el tubo irrigador en el fondo, en posición vertical hasta que el líquido se aproxime a la marca de 38 cm, el irrigador se va retirando pausadamente hasta completar dicha marca.

Se toma lectura donde se ve uno de los tornillos al pie de la barra. Si este punto en el pie de la barra no es visible se hace girar las graduaciones de la probeta para poder distinguir el tornillo y hacer la lectura.

2.5.10. Límite de Consistencia MTC E 111

- **Equipos Utilizados en el Ensayo.**

El utensilio a utilizar en el ensayo es espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3” – 4”) de longitud por 20 mm (3/4”) de ancho, recipiente para almacenaje de porcelana o similar de 115 mm (4 ½”) de diámetro, balanza con aproximación a 0.01 g, horno termostáticamente controlado regulable a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230\pm 9^{\circ}\text{F}$), tamiz de 426 μm (N°40), agua destilada y recipientes adecuados para determinación de humedades.

- **Procedimiento.**

Para el inicio del ensayo se requiere aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40), se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de las manos sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8”) no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El cálculo del promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 18 para la precisión de un operador.

Tabla 18: Valores promedio de limite plástico

	Límite Inferior	Limite Superior
Precisión de un operador simple limite plástico	0.9	2.6
Precisión multilaboratorio limite plástico	3.7	10.6

Nota: El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero. Fuente: (Manual de carreteras, 2013).

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa

como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 9: Ecuación del Limite Plástico

$$\text{Limite Plastico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo o agregado sacado del horno}} \times 100$$

Se puede definir el índice de plasticidad del material como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

L.L = Límite Líquido

P.L = Límite Plástico

2.5.11. Azul de Metileno AASHTO TP 57

2.5.12. Ensayo Marshall





2.5.13. Ensayo Índice de Compactibilidad



2.5.14. Ensayo de resistencia conservada



2.6. Confiabilidad

Respecto a la confiabilidad (Stracuzzi, Pestana, & Feliberto, 2012), indican que es “la ausencia de error aleatorio en un instrumento de recolección de datos”, por lo que es el grado en el que las mediciones están libres de la desviación producida por los errores causales. En la presente investigación, es confiable al ser tomadas de fuentes citadas y acreditadas correctamente, esto con el fin de darle confiabilidad y validez correcta.

2.7. Análisis de Datos

Se realizarán pruebas de laboratorio a la mezcla asfáltica a fin de determinar la calidad de la mezcla (densidad, viscosidad, compatibilidad, penetración y otros); mediante los resultados obtenidos de los ensayos realizadas, se pasará al análisis y evaluaciones para obtener conclusiones

sobre la factibilidad de la aplicación de mezclas asfálticas altamente modificados (HIMA) en la mezcla mediante gráficos de barras, curvas y tablas.

2.8. Aspectos Éticos

Se respetará la veracidad de los resultados, la confiabilidad de los datos suministrados en campo y la identidad de las personas que participen en el estudio, el manejo será exclusivamente del investigador, guardando discreción de la información recibida.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ensayo de Agregado Grueso

3.1.1. Ensayo de Control de Calidad

3.1.1.1. Análisis Granulométrico (ASTM C 136)

Para la evaluación correspondiente de la calidad de los agregados gruesos y finos se tomaron en cuenta la normativa EG-2013 vigente, lo cual, se manipularon agregados pasantes del tamiz de una 1” a la malla N° 200 de la cantera Excalibur. Ver los resultados en las tablas 19, 20 y 21, cabe recalcar que cada ensayo realizado se encuentra en los anexos firmado por especialistas.

Tabla 19: Resultados Análisis Granulométrico

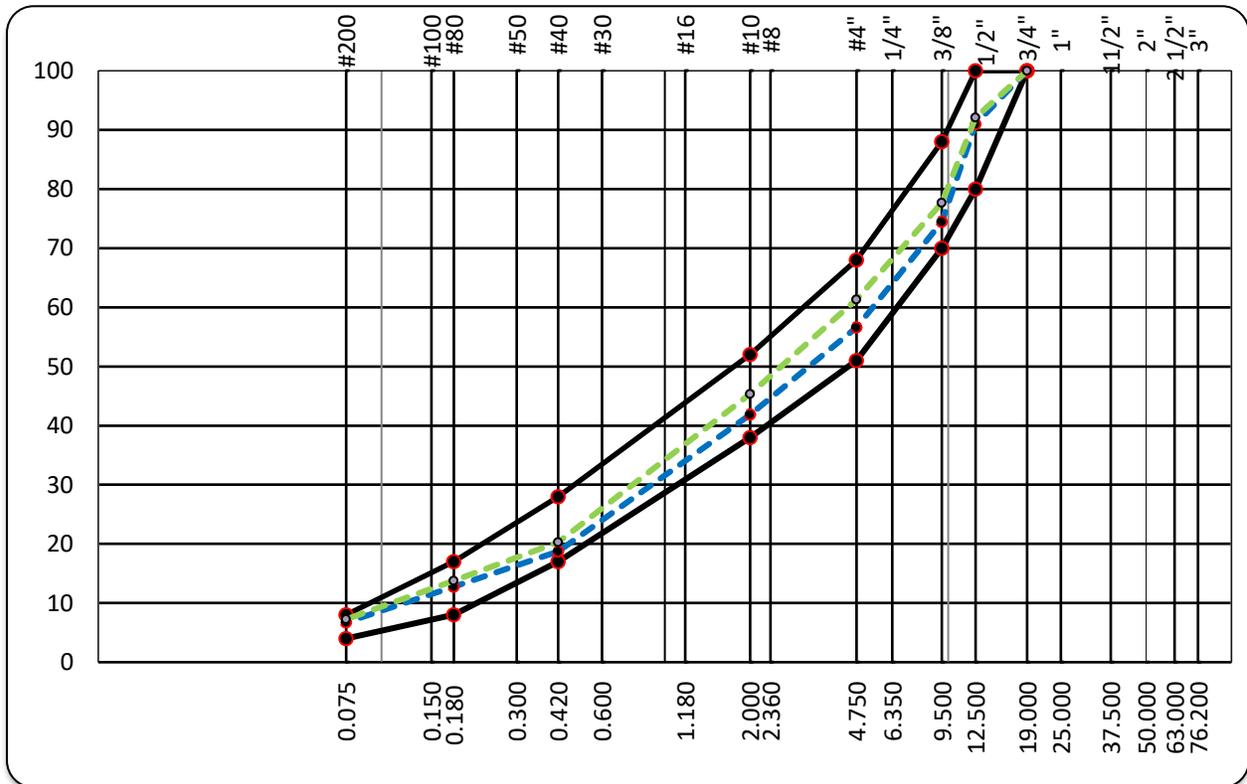
Análisis Granulométrico ASTM C 136					
TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	Mezcla N°01	Mezcla N°02	MAC - 2	
3"	76.200				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.500	90.9	92.1	80	100
3/8"	9.500	74.5	77.7	70	88

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

1/4"	6.350				
# 4	4.750	56.6	61.3	51	68
# 6	3.360				
# 8	2.360				
# 10	2.000	41.9	45.3	38	52
# 16	1.180				
# 20	0.840				
# 30	0.600				
# 40	0.420	18.7	20.3	17	28
# 50	0.300				
# 80	0.180	12.7	13.8	8	17
# 100	0.150				
# 200	0.075	6.7	7.2	4	8
>200					

Nota. Se presenta el análisis granulométrico de la mezcla asfáltica en caliente. Fuente: Elaboración Propia por los Autores.

Figura 6: Análisis Granulométrico



Fuente: Elaboración por los Autores

En la presente investigación la gradación de los materiales realizados mediante el tamizado es mostrados en la siguiente tabla 20 y figura 21.

Tabla 20: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

Análisis Granulométrico del Agregado Grueso					
TAMIZ	ABERTURA	PESO		PORCENTAJE	
ASTM	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasante
3"	76.200				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	408.7	22.6	22.6	77.4
3/8"	9.500	742.9	41.2	63.8	36.2
1/4"	6.350				
# 4	4.750	652.6	36.2	100.0	0.0
# 6	3.360				
# 8	2.360	0.8	0.0	100.0	0.0
# 10	2.000				
# 16	1.180				
# 20	0.840				
# 30	0.600				
# 40	0.420				
# 50	0.300				
# 80	0.180				
# 100	0.150				
# 200	0.075				
>200					

Nota. Se presenta el análisis granulométrico del agregado grueso de la mezcla asfáltica en caliente.

Fuente: Elaboración Propia por los Autores.

La investigación, se presenta la siguiente figura representado la granulometría del agregado grueso.

Figura 7: Granulometría de Agregado Grueso

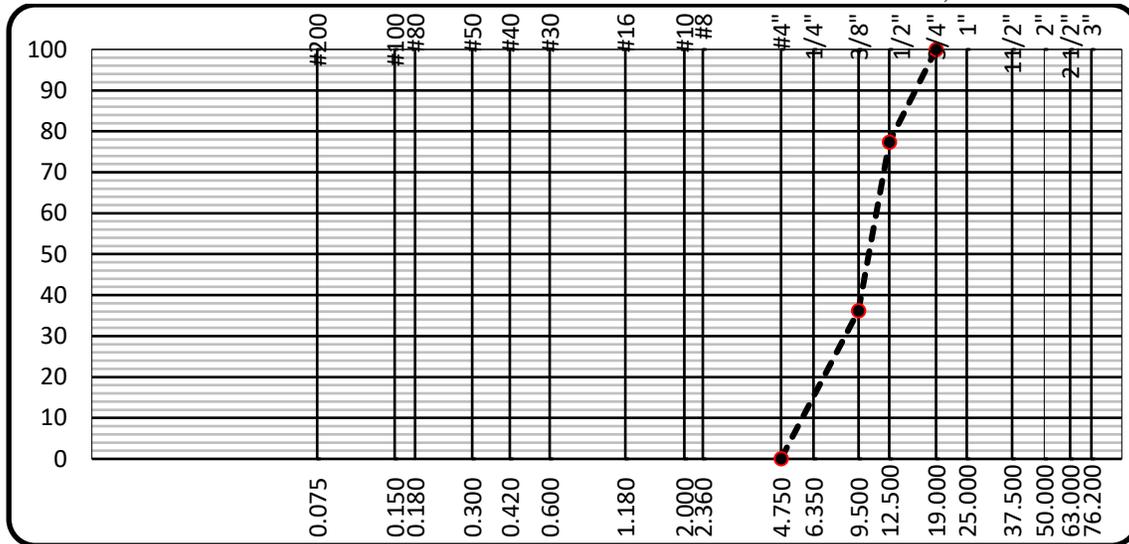


Tabla 21: Análisis Granulométrico del Agregado Fino

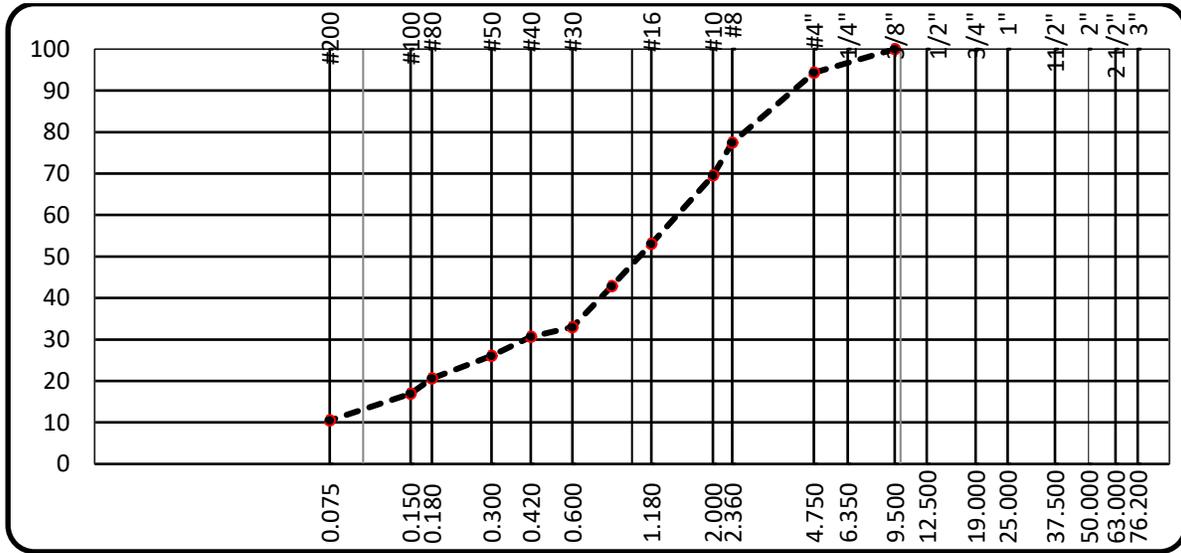
Análisis Granulométrico del Agregado Fino					
TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE		
ASTM	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasante
3"	76.200				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				100.0
1/4"	6.350				
# 4	4.750	56.0	5.7	5.7	94.3
# 6	3.360				
# 8	2.360	165.0	16.8	22.5	77.5
# 10	2.000	77.9	7.9	30.5	69.5
# 16	1.180	161.1	16.4	46.9	53.1
# 20	0.840	100.3	10.2	57.2	42.8
# 30	0.600	97.3	9.9	67.1	32.9
# 40	0.420	22.1	2.3	69.3	30.7
# 50	0.300	45.1	4.6	73.9	26.1
# 80	0.180	53.6	5.5	79.4	20.6
# 100	0.150	35.8	3.7	83.0	17.0
# 200	0.075	63.3	6.5	89.5	10.5
>200		102.9	10.5	100.0	0.0

Nota. Se presenta el análisis granulométrico del agregado grueso de la mezcla asfáltica en caliente. Fuente: Elaboración Propia por los Autores.

La investigación, se presenta la siguiente figura representado la granulometría del agregado

fino.

Figura 8: Granulométrico del Agregado Fino



Fuente: Elaboración por los Autores.

3.1.1.2. Abrasión de los ángeles MTC E 207

Este ensayo es para determinar el desgaste de los agregados y la capacidad que tienen para resistir a esfuerzos.

Tabla 22: Ensayo de Abrasión de los ángeles

MUESTRA	1	2
GRADACIÓN	"B"	"B"
PESO MUESTRA	5003	5005
1.1/2" - 1"		
1" - 3/4"		
3/4" - 1/2"	2500	2501
1/2" - 3/8"	2503	2504
3/8" - 1/4"	-	-
1/4" - N° 4	-	-
N° 4 - N° 8	-	-
RETENIDO N°12	4230	4250
PASA N° 12	773	755
% DESGASTE	15.5	15.1
PROMEDIO		15.3 %

Nota. Se presentan los resultados de los ensayos del agregado grueso (piedra chancada). Fuente: Elaboración por los mismos Autores.

3.1.1.3. Sales Solubles Totales MTC E 219

En dicho ensayo se establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfato, solubles en agua, de los agregados pétreos. Mediante este ensayo nos permite efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales.

Respecto a los ensayos realizado al agregado grueso, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 23: Sales solubles totales del agregado grueso

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	110.0	0.01	0.5 máx.

Nota. Se presentan los resultados de sales solubles del agregado grueso. Fuente: Elaboración por los autores.

Mientras tanto, los resultados realizados al agregado fino, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 24: Sales solubles totales del agregado fino

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	995.0	0.10	0.5 máx.

Nota. Se presentan los resultados de sales solubles del agregado fino. Fuente: Elaboración por los autores.

3.1.1.4. Durabilidad al Sulfato de Sodio y Magnesio MTC 209

Este ensayo nos sirve para determinar la resistencia de nuestro agregado en cuanto a sus propiedades físicas y de apariencia.

En las tablas 22 y 23 se presenta los resultados del ensayo de durabilidad tanto de los agregados finos y gruesos con la normatividad para verificar si cuenta con los parámetros necesarios.

Tabla 25: Ensayo de Durabilidad del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2	2"		3000±300							
1/2"										
2"	1 1/2"		2000±200							
1	1"		1000±50							
1/2"										
1"	3/4"		500±30							
3/4"	1/2"	22.6	670±10	670.0		659.5	10.5	1.6	0.35	
1/2"	3/8"	41.2	330±5	300.0		295.2	4.8	1.6	0.66	
3/8"	N° 4	8.0	300±5	300.0		289.6	10.4	3.5	0.28	
TOTAL									1.29	

Nota. Se presenta los resultados de durabilidad del agregado grueso. Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 26: Ensayo de Durabilidad del agregado Fino

AGREGADO FINO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04									--
N° 04	N° 08									--
N° 08	N° 16									--
N° 16	N° 30									--
N° 30	N° 50									--
N° 50	N° 100									--
TOTAL										

Nota. Se presenta los resultados de durabilidad del agregado fino. Fuente: Elaboración por los autores.

3.1.1.5. Gravedad Especifica y Absorción MTC E 206

En el presente estudio describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz N°4).

Tabla 27: Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción

AGREGADO GRUESO						
MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO	
A Peso del mat. sat. superf. seco (en el aire) (g)	1334.0	1245.0				
B Peso del mat. sat. superf. seco (en el agua) (g)	831.0	775.0				
C Vol. de masa + Vol. de vacíos (cc)	503.0	470.0				
D Peso del material seco en el horno (105°C) (g)	1326.0	1238.5				
E Vol. de masa (g)	495.0	463.5				
F Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.636	2.635				2.636
G Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.652	2.649				2.651
H Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.679	2.672				2.675
I % de absorción	0.60	0.52				0.56

Nota. Se presentan los resultados obtenidos del agregado grueso para la dosificación de la mezcla. Fuente: (Manual de carreteras, 2013).

Tabla 28: Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción

AGREGADO FINO						
MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO	
A Peso del mat. sat. superf. Seco (en el aire) (g)	500.00	500.00				
B Peso fiola calibrada con agua (g)	654.67	654.67				
C Peso fiola con agua + peso del mat. s.s.s. (g)	1154.67	1154.67				
D Peso del mat. + peso fiola + H2O (g)	972.81	973.00				
E Vol. de masa + vol. de vacíos (cc)	181.86	181.67				
F Peso mat. seco en el horno (105°C) (g)	494.99	495.10				
G Vol. de masa (g)	176.85	176.77				
H Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.722	2.725				2.724
I Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.749	2.752				2.751
J Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.799	2.801				2.800
K % de absorción	1.01	0.99				1.0

Nota. Se presentan los resultados obtenidos del agregado grueso para la dosificación de la mezcla. Fuente: (Manual de carreteras, 2013).

3.1.1.6. Porcentaje de Caras y Fracturadas en los Agregados MTC E210

El presente ensayo abarca el porcentaje en masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contiene partículas fracturadas que reúnen requerimientos especificados.

Tabla 29: Porcentaje con una o más caras fracturadas

Porcentaje con una o más caras fracturadas						
Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E	
Pasa T.	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A) *100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	480.7	98.0	43.81	42.95
1/2"	3/8"	329.5	305.1	92.6	29.44	27.26
3/8"	1/4"	299.3	240.9	80.5	26.74	21.53
TOTAL						91.74 %

Nota. Se presentan los porcentajes de una o más caras fracturadas del agregado grueso. Fuentes: Elaboración por los autores.

Tabla 30: Porcentaje con dos o más caras fracturadas

Porcentaje con dos o más caras fracturadas						
Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E	
Pasa T.	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	450.0	91.8	43.81	40.21
1/2"	3/8"	329.5	275.2	83.5	29.44	24.59
3/8"	1/4"	299.3	221.5	74.0	26.74	19.79
TOTAL						84.59 %

Nota. Se presentan los porcentajes de dos o más caras fracturadas del agregado fino. Fuente: Elaboración por los autores.

3.1.1.7. Partículas Chatas y Alargadas ASTM D 4791

En este método describe el procedimiento para determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados gruesos.

Tabla 31: Partículas chatas y alargadas del agregado grueso

Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E	
Pasa T.	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A) *100	%	(CxD)/100
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

3/4"	1/2"	490.3	25.1	5.1	43.81	2.24
1/2"	3/8"	329.5	24.9	7.6	29.44	2.23
3/8"	1/4"	299.3	20.1	6.7	26.74	1.80
TOTAL						6.26 %

Nota. Se presentan los resultados de las partículas chatas y alargadas del agregado grueso, que se obtiene un valor de 6.26%. Fuente: Elaboración por los autores.

3.1.1.8. Equivalente de Arena MTC E 514

Respecto a este ensayo, determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los agregados finos.

Tabla 32: Valores de Equivalencia de Arena

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
	1	2
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	09:15	09:23
Hora de salida de saturación (10')	09:25	09:33
Hora de entrada a decantación	09:27	09:35
Hora de salida de decantación (20')	09:47	09:55
Lectura Inicial pulg	5.8	6.0
Lectura Final pulg	3.6	3.7
Equivalente de Arena %	62.1	61.7
PROMEDIO	63.0 %	

Nota. Se presenta los valores del agregado fino respecto a la equivalencia de arena. Fuente: Elaboración por los autores.

3.1.1.9. Límites de Consistencia MTC E 111

Para los ensayos de consistencia nos ayuda para la determinación del límite plástico y límite líquido del agregado fino.

Tabla 33: Valores del Límite Líquido

N.º TARRO	LÍMITE LÍQUIDO		
	1	2	3
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)			

Alvarado Mendoza, Rony José
Francia Campos, Junior Guillermo

N.P

PESO DE AGUA	(g)
PESO DEL TARRO	(g)
PESO DEL SUELO SECO	(g)
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)
NUMERO DE GOLPES	

Nota. Se presenta los valores del límite líquido respecto al agregado fino, no presenta índice de plasticidad. Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 34: Valores del Limite Plástico

N.º TARRO	LÍMITE PLÁSTICO		
	4	5	6
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	N.P	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)		
PESO DE AGUA	(g)		
PESO DEL TARRO	(g)		
PESO DEL SUELO SECO	(g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

Nota. Se presenta los valores del límite plástico respecto al agregado fino, no presenta índice de plasticidad. Fuente: Elaboración por los autores.

3.1.1.10. Azul de Metileno AASHTO TP 57

Tabla 35: Azul de Metileno

Ensayo	Resultados	Especificación
	mg/g	mg/g
Contenido de reactividad	6.0 mg/g	8.0 máx.

Nota. Se presenta los valores del azul metileno respecto al agregado fino. Fuente: Elaboración por los autores

3.1.2. Diseño de mezcla (Marshall)

3.1.2.1. Ensayo Marshall A La Mezcla Asfáltica Tradicional

Para realizar esta variable, se ha procedido a realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall. A continuación, se muestran los materiales utilizados y las dosificaciones correspondientes para el ensayo.

Tabla 36: Caracterización de insumos

Insumos del Diseño MAC.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

INSUMOS	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
AGREGADOS	GRAVA CHANCADA < 1/2"	CANTERA EXCALIBUR
	GRAVA CHANCADA < 3/8"	CANTERA EXCALIBUR
	ARENA CHANCADA Y ZARANDEADA	CANTERA EXCALIBUR
	ARENA NATURAL	
	FULLER	
	PEN 60/70	TDM

Nota. Se presenta los insumos del Diseño de mezclas asfálticas en caliente. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 37: Dosificación para el Diseño Marshall

Dosificación para el Diseño Marshall	
INSUMOS	PORCENTAJES %
Agregado Grueso	40.00 %
Agregado Fino	60.00 %
aditivo mejorado de adherencia (% en peso del PEN) 0.5%	0.5 %

Nota. Se presenta la dosificación para el Diseño Marshall. Fuentes: Elaboración Propia.

Para evaluar los parámetros de la mezcla asfáltica, se procedió a realizar el ensayo Marshall. En los siguientes cuadros, se muestra el diseño de la mezcla tradicional con respecto a cinco puntos de contenido asfáltico.

Tabla 38: Ensayo Marshall 4.5% A.C.

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.44			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.61			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.48			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

11	Altura promedio de la briqueta cm					
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1217.2	1207.4	1218.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)	1218.6	1210.8	1221.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	693.3	690.2	697.4		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	525.3	520.6	523.9		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.317	2.319	2.325	2.321	
17	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)		2.485			
18	% de Vacíos = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)	6.8	6.7	6.4	6.6	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total		2.686			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total		2.664			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado		0.31			
22	% de Asfalto Efectivo.		4.17			
23	Relación Polvo/Asfalto		0.6			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	17.6	17.5	17.3	17.5	14
25	% Vacíos llenos con C.A.	61.6	61.9	62.8	62.1	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	11.0	11.0	11.0	11.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)	1239	1229	1245		
28	Factor de estabilidad	1.00	1.00	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28	1239	1229	1195	1221	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	4505	4467	4346	4440	1700 - 4000

Nota. Se presentan los valores de diseño de mezcla de un asfalto tradicional incorporando 4.0% C.A. Fuente: Propia.

Tabla 39: Ensayo Marshall 5.0% A.C.

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.0				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				41.22				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				53.33				
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.48				
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.020				
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.636				
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.724				

8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc	3.110				
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					
11	Altura promedio de la briqueta cm					
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1201.8	1202.3	1205.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´ (gr)	1204.2	1205.3	1209.6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	689.2	691.3	693.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	515.0	514.0	516.4		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.334	2.339	2.334	2.336	
17	Peso Específico Máximo – Rice (ASTM D 2041)		2.461			
18	% de Vacíos = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)	5.2	5.0	5.2	5.1	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total		2.686			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total		2.658			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado		0.41			
22	% de Asfalto Efectivo		4.59			
23	Relacion Filler/Betun		0.7			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	17.5	17.3	17.4	17.4	14
25	% Vacios llenos con C.A.	70.3	71.2	70.4	70.6	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	12.0	12.0	13.0	12.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)	1297	1259	1235		
28	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28	1297	1259	1235	1263	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	4322	4196	3800	4106	1700 - 4000

Nota. Se presentan los valores de diseño de mezcla de un asfalto tradicional incorporando 5.0% C.A. Fuente: Propia.

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.01			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.05			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1208.4	1195.8	1201.4		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)	1211.5	1198.0	1203.8		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	696.0	689.1	691.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	515.5	508.9	512.5		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.344	2.350	2.344	2.346	
17	Peso Específico Máximo – Rice (ASTM D 2041)		2.449			
18	% de Vacíos = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)	4.3	4.0	4.3	4.2	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total		2.686			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total		2.665			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado		0.31			
22	% de Asfalto Efectivo		5.18			
23	Relacion Filler/Betun		0.8			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	17.5	17.3	17.5	17.4	14
25	% Vacíos llenos con C.A.	75.6	76.7	75.6	76.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	13.0	14.0	13.0	13.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)	1217	1232	1224		
28	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28	1217	1232	1224	1225	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	3746	3521	3766	3678	1700 - 4000

Nota. Se presentan los valores de diseño de mezcla de un asfalto tradicional incorporando 5.5% C.A. Fuente: Propia.

Tabla 40: Ensayo Marshall 5.5% A.C.

Tabla 41: Ensayo Marshall 6.0% A.C.

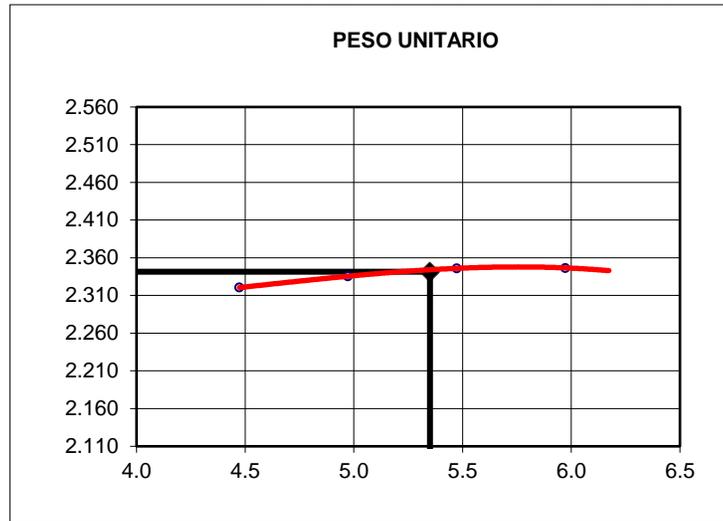
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					40.79			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					52.77			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			

7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc		2.724			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc		3.110			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					
11	Altura promedio de la briqueta cm					
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1201.3	1197.2	1205.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´ (gr)	1202.9	1198.4	1206.5		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	690.1	689.2	692.8		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	512.8	509.2	513.7		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.343	2.351	2.346	2.347	
17	Peso Específico Maximo - Rice (ASTM D 2041)		2.427			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)	3.5	3.1	3.3	3.3	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total		2.686			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total		2.660			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado		0.38			
22	% de Asfalto Efectivo		5.61			
23	Relacion Filler/Betun		0.8			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	18.0	17.7	17.9	17.9	14
25	% Vacios llenos con C.A.	80.8	82.4	81.4	81.6	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	14.0	15.0	15.0	14.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)	1048	1059	1070		
28	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28	1048	1059	1113	1073	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	2995	2825	2967	2929	1700 - 4000

Nota. Se presentan los valores de diseño de mezcla de un asfalto tradicional incorporando 6.0% C.A. Fuente: Propia.

Luego de obtener los datos de los 4 puntos, se procedió a realizar las respectivas gráficas para determinar el óptimo contenido de cemento asfalto y por consiguiente su respectivo índice de rigidez.

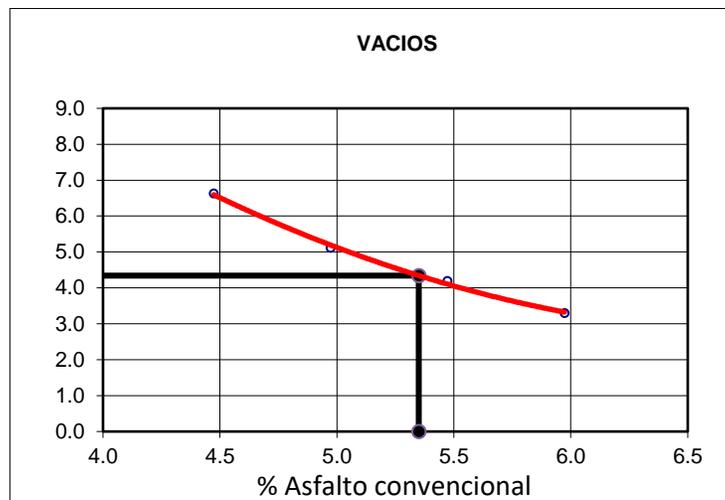
Figura 9: Peso Unitario vs Asfalto tradicional



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 7 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.4% con un peso específico de 2.4 g/cm².

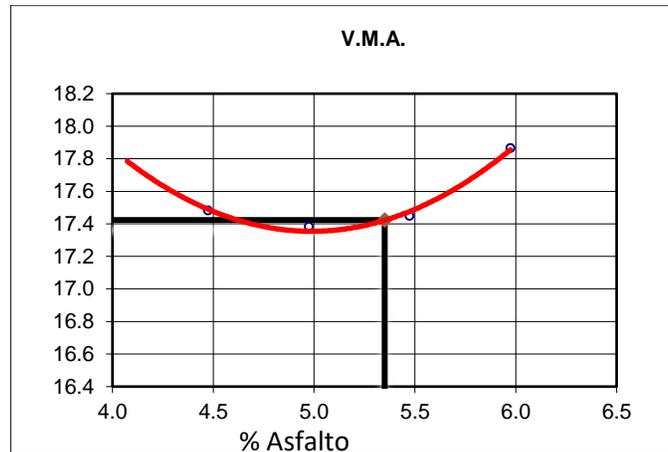
Figura 10: % Vacíos vs Asfalto Tradicional



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 8 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.6% con un porcentaje de vacíos de 3.9%.

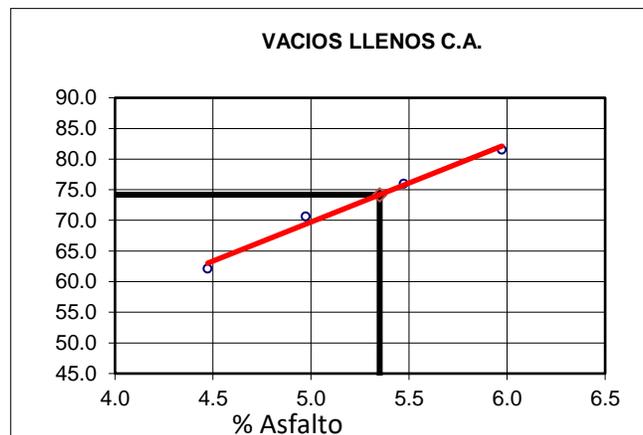
Figura 11: V.M.A. vs Asfalto Tradicional



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 9 se muestra que con un 5.6% es el contenido óptimo de asfalto con un VMA de 17.2%.

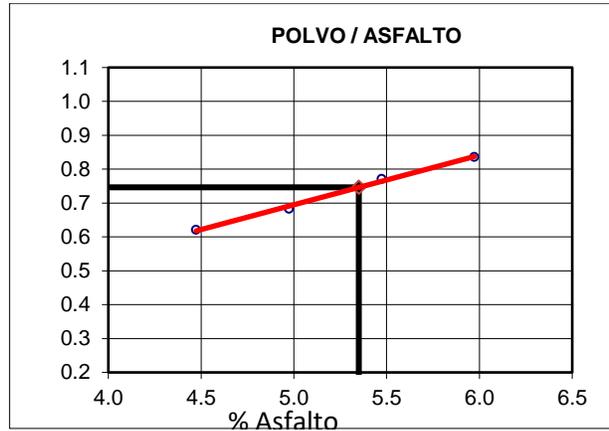
Figura 12: Vacíos Llenos C.A. vs Asfalto Tradicional



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 10 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene un 77.4% de V.L.L.C.A.

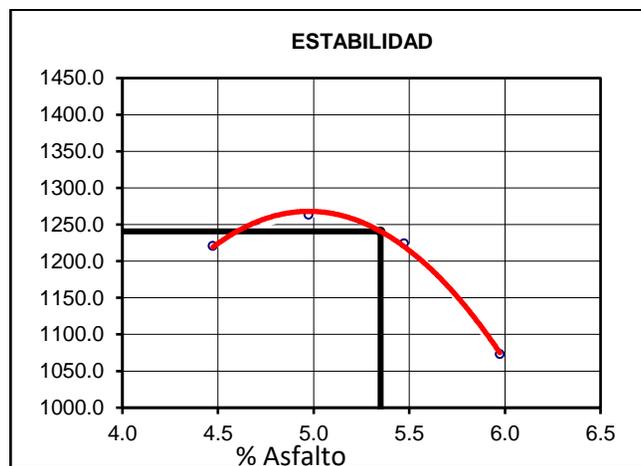
Figura 13: Relación de polvo / Asfalto tradicional



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 11 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene un 77.4% de polvo / asfalto.

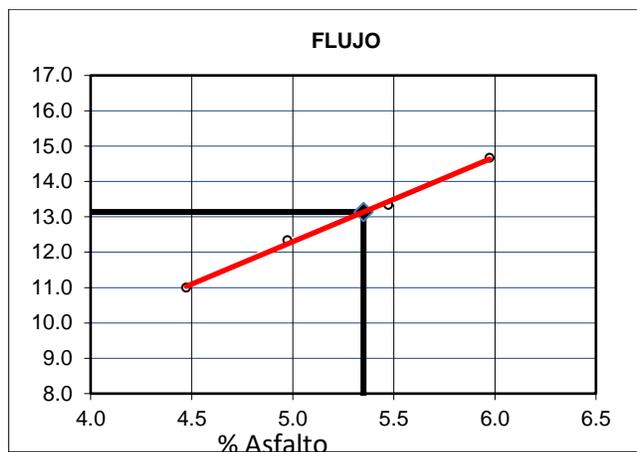
Figura 14: Estabilidad vs Asfalto Tradicional



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 12 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene una estabilidad de 1389 kg.

Figura 15: Flujo vs Asfalto Tradicional



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 13 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene un flujo de 3.7 mm.

Tabla 42: Resumen de valores del Asfalto Tradicional

CARACTERISTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	75
% C. A.	5.35	
P. UNITARIO	2.342	
VACIOS	4.3	3 - 5
V.M.A.	17.4	14.0
V. LL.C.A.	74.2	
POLVO / ASFALTO	0.7	0.6 - 1.3
FLUJO	13.1	8 - 14
ESTABILIDAD	12.4	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3778	1700 - 4000

Nota. Se presenta las características Marshall. Fuente: Propia.

3.1.2.2. Ensayo Marshall a la mezcla asfáltica modificado con HIMA

Para realizar esta variable, se ha procedido a realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall. A continuación, se muestran los materiales utilizados y las dosificaciones correspondientes para el ensayo.

Tabla 43: Insumos del Diseño Marshall del Asfalto Modificado

Insumos del Diseño MAM.		
INSUMOS	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
AGREGADOS	GRAVA CHANCADA < 1/2"	CANTERA EXCALIBUR
	GRAVA CHANCADA < 3/8"	CANTERA EXCALIBUR
	ARENA CHANCADA Y ZARANDEADA	CANTERA EXCALIBUR
	ARENA NATURAL	
	FULLER	
	PEN 60/70	TDM

Nota. Se presenta los datos de los insumos del diseño MAC. Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 44: Dosificación para el Diseño Marshall

Dosificación para el Diseño Marshall	
INSUMOS	PORCENTAJES %
Agregado Grueso	40.00 %
Agregado Fino	60.00 %
aditivo mejorado de adherencia (% en peso del PEN) 0.5%	0.5 %

Nota. Se presente la dosificación para el diseño Marshall de la mezcla modificado. Fuente: Elaboración Propia.

Para evaluar los parámetros de la mezcla asfáltica, se procedió a realizar el ensayo Marshall. En los siguientes cuadros, se muestra el diseño de la mezcla tradicional con respecto a cinco puntos de contenido asfáltico.

Tabla 45: Ensayo Marshall 4.5% A.M.

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.44				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.61				
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.00				
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.019				
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.636				
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724				
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110				
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11	Altura promedio de la briqueta (cm)									
12	Peso de la briqueta al aire (gr)					1204.6	1210.9	1196.1		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)					1208.9	1213.6	1200.5		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)					690.1	693.2	686.1		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					518.8	520.4	514.4		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.322	2.327	2.325	2.325	
17	Peso Específico Máximo – Rice (ASTM D 2041)					2.503				
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					7.2	7.0	7.1	7.1	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total					2.688				
20	Peso Específico Efectivo Agregado total					2.701				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.18				
22	% de Asfalto Efectivo					4.30				
23	Relación Polvo/Asfalto					0.6			0.6 - 1.3	
24	V.M.A.					17.0	16.9	16.9	16.9	14
25	% Vacios llenos con C.A.					57.5	58.3	58.0	57.9	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)					13.0	12.0	13.0	12.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1754.8	1824.4	1804.0		
28	Factor de estabilidad					1.0	1.0	1.0		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28					1754.8	1824.4	1804.0	1794.4	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo					5399.4	6081.3	5550.8	5677.2	1700 - 4000

Nota. En la tabla 24 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje 4.5 % de cemento asfáltico. Fuente: Fuente Propia.

Tabla 46: Ensayo Marshall 5.0% A.M.

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.22			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.33			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.48			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueeta (cm)								
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)					1202.2	1191.5	1200.3	
13	Peso de la briqueeta al agua por 60´(gr)					1205.6	1194.1	1203.2	
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)					694.1	688.2	692.4	
15	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)					511.5	505.9	510.8	
16	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)					2.350	2.355	2.350	2.352
17	Peso Especifico Maximo – Rice (ASTM D 2041)					2.483			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					5.3	5.1	5.3	5.3
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.686			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.684			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.03			
22	% de Asfalto Efectivo					5.00			
23	Relacion Filler/Betun					0.7			0.6 - 1.3
24	V.M.A.					16.9	16.7	16.9	16.8
25	% Vacios llenos con C.A.					68.4	69.2	68.3	68.6
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)					13.0	13.0	14.0	13.3
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1640	1692	1653	
28	Factor de estabilidad					1.00	1.04	1.00	
29	Estabilidad Corregida 27 * 28					1640	1760	1653	1684
30	Estabilidad / Flujo					5047	5416	4722	5062

Nota. En la tabla 24 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje 5.0 % de cemento asfáltico. Fuente: Fuente Propia.

Tabla 47: Ensayo Marshall 5.5% A.M.

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.5					
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				41.01					
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				53.05					
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.47					
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.019					
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.636					
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.724					
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.110					
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11	Altura promedio de la briqueta cm									
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1198.6	1200.2	1203.5			
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1200.2	1202.3	1206.3			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				692.2	694.3	695.4			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				508.0	508.0	510.9			
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.359	2.363	2.356	2.359		
17	Peso Específico Maximo – Rice (ASTM D 2041)				2.466					
18	% de Vacíos = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)				4.3	4.2	4.5	4.3	3 - 5	
19	Peso Específico Bulk Agregado Total				2.686					
20	Peso Específico Efectivo Agregado total				2.687					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.01					
22	% de Asfalto Efectivo)				5.47					
23	Relacion Filler/Betun				0.8					0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.0	16.9	17.1	17.0	14	
25	% Vacíos llenos con C.A.				74.6	75.2	73.9	74.5		
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.0	14.0	14.0	13.7	8 - 14	
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1502	1486	1582			
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.00			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1562	1545	1582	1563	MIN 815	
30	Estabilidad / Flujo				4807	4414	4519	4580	1700 - 4000	

Nota. En la tabla 24 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje 5.5 % de cemento asfáltico. Fuente: Fuente Propia.

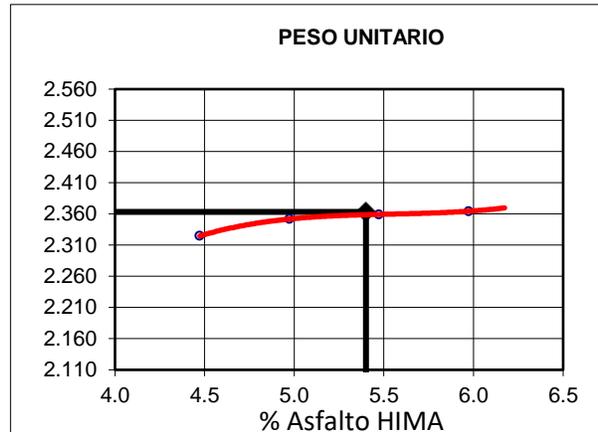
Tabla 48: Ensayo Marshall 6.0% A.M.

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				6.0					
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				40.79					
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				52.77					
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla				0.47					
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc				1.019					
6	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.636					
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.724					
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.110					
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11	Altura promedio de la briqueta (cm)									
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1202.2	1203.4	1199.3			
13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)				1203.8	1205.2	1200.6			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				696.4	695.3	693.2			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				507.4	509.9	507.4			
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.369	2.360	2.364	2.364		
17	Peso Específico Maximo – Rice (ASTM D 2041)				2.440					
18	% de Vacíos = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)				2.9	3.3	3.1	3.1	3 - 5	
19	Peso Específico Bulk Agregado Total				2.686					
20	Peso Específico Efectivo Agregado total				2.677					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				-0.13					
22	% de Asfalto Efectivo				6.10					
23	Relación Filler/Betún				0.9					0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.1	17.4	17.3	17.2	14	
25	% Vacíos llenos con C.A.				83.1	81.2	81.9	82.0		
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				15.0	15.0	14.0	14.7	8 - 14	
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1402	1451	1460			
28	Factor de estabilidad				1.04	1.00	1.04			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1458	1451	1519	1476	MIN 815	
30	Estabilidad / Flujo				3887	3868	4339	4031	1700 - 4000	

Nota. En la tabla 24 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje 6.0 % de cemento asfáltico. Fuente: Fuente Propia.

Luego de obtener los datos de los cinco puntos, se procedió a realizar las respectivas gráficas para determinar el óptimo contenido de cemento asfáltico y por consiguiente su respectivo índice de rigidez.

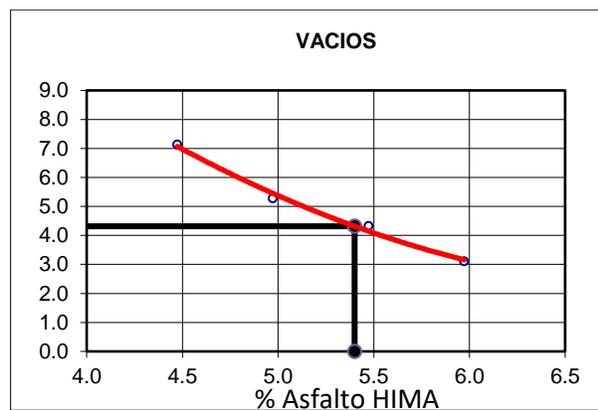
Figura 16: Peso Unitario vs Asfalto Modificado



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 14 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.4% con un peso específico de 2.4 g/cm².

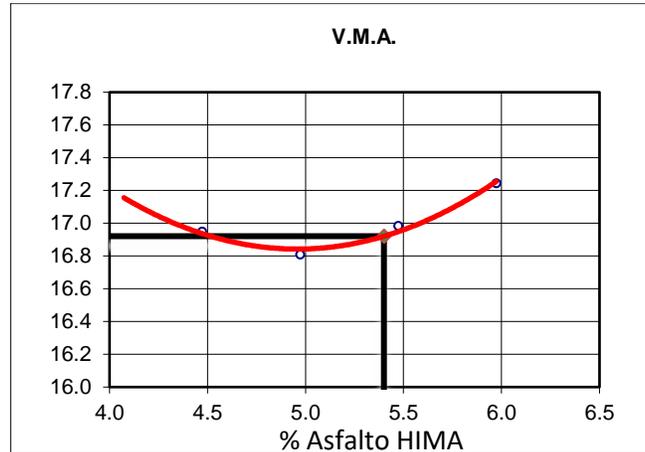
Figura 17: % Vacíos vs Asfalto Modificado



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 15 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.6% con un porcentaje de vacíos de 3.9%.

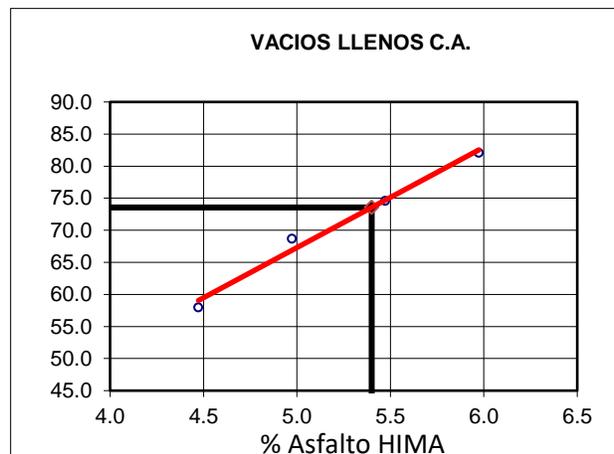
Figura 18: V.M.A. vs Asfalto Modificado



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 16 se muestra que con un 5.6% es el contenido óptimo de asfalto con un VMA de 17.2%.

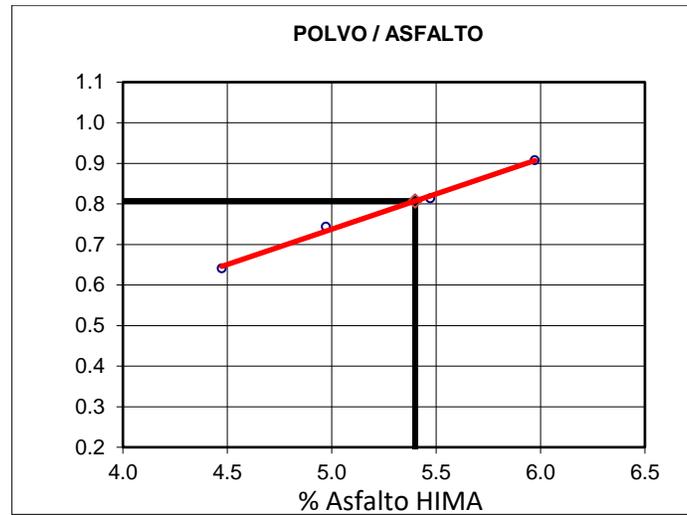
Figura 19: Vacíos llenos C.A. vs Asfalto Modificado



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 17 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene un 77.4% de VLLCA.

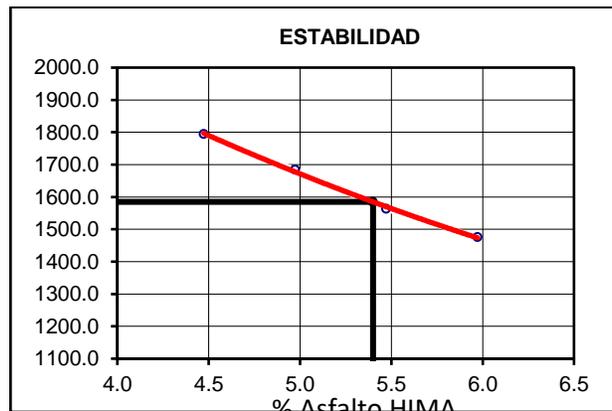
Figura 20: Relación de polvo / Asfalto Modificado



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 18 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene un 77.4% de polvo / asfalto modificado.

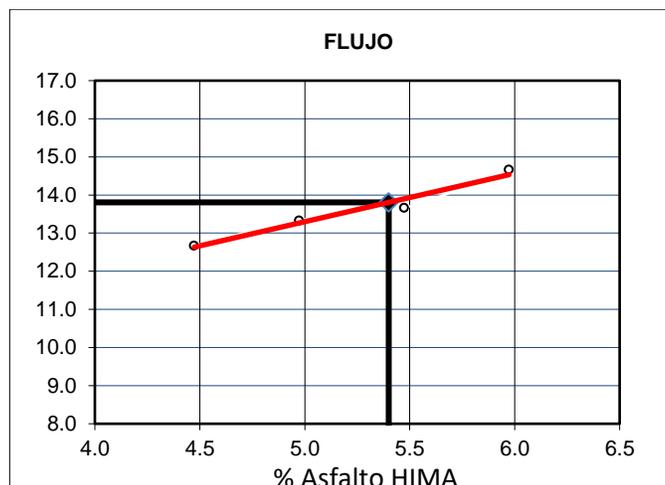
Figura 21: Estabilidad vs Asfalto Modificado



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 19 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene una estabilidad de 1389 kg.

Figura 22: Flujo vs Asfalto Modificado



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 20 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene una estabilidad de 3.7 mm.

Tabla 49: Características Marshall

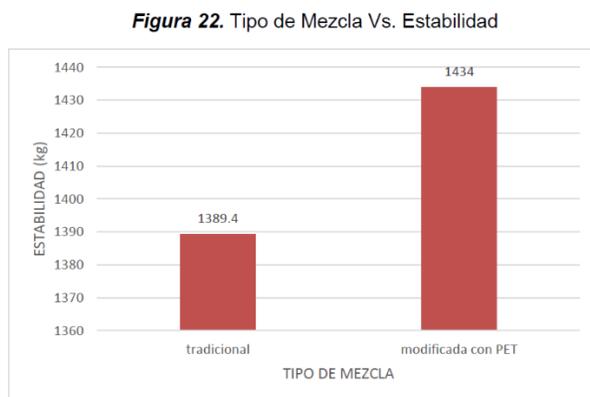
CARACTERISTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	75
% C. A.	5.40	
P. UNITARIO	2.363	
VACIOS	4.3	3 - 5
V.M.A.	16.9	14.0
V. LL.C.A.	73.6	
POLVO / ASFALTO	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO	13.8	8 - 14
ESTABILIDAD	15.8	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	4592	1700 - 4000

Nota. Se presenta las especificaciones que se debe cumplir la mezcla en las características Marshall. Fuente: Elaboración por los autores.

3.1.3. Comparación estadística de las mezclas asfálticas

Previo a analizar la incidencia del índice de rigidez en a la resistencia a las deformaciones permanentes, se debe evaluar las diferencias entre dos tipos de mezclas estudiadas a fin de estimar una posible respuesta ante este tipo de deterioro. Cabe resaltar que, el índice de rigidez es la relación entre la estabilidad (rigidez) entre el flujo (deformación). Por ello, los siguientes gráficos se evalúa dichos parámetros.

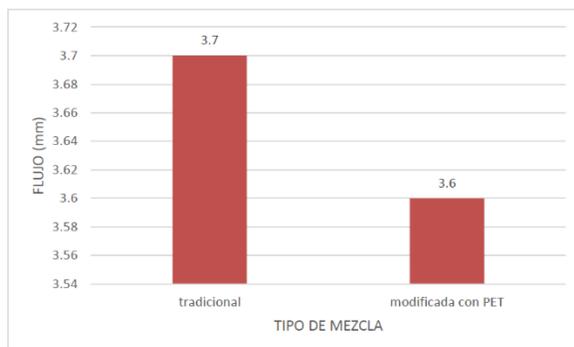
Figura 23: Tipo de Mezcla vs Estabilidad



Se visualiza en la figura 21 que la mezcla asfáltica modifica evidencia un aumento en la estabilidad, resistiendo una carga adicional de 44.6 kg. Es decir, un 3.11% más con respecto a la mezcla convencional, lo cual es un indicativo que la mezcla asfáltica modificada con HIMA proporciona mayor resistencia a la fluencia que la mezcla tradicional.

Figura 24: Tipo de Mezcla vs Flujo

Figura 23. Tipo de mezcla Vs. Flujo

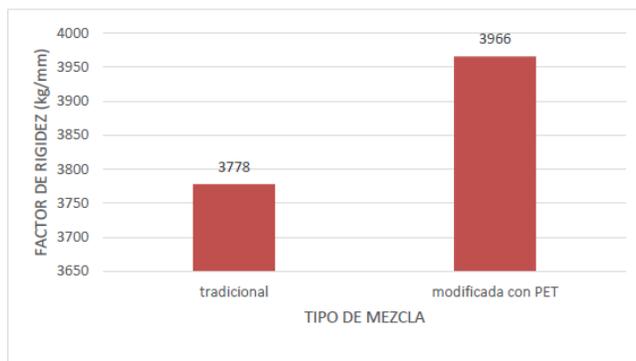


Fuente: Elaboración propia

Se muestra que la mezcla asfáltica experimental presenta una leve reducción en el flujo de 2.70% con respecto a la mezcla tradicional, lo cual indica que además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante la fluencia.

Figura 25: Tipo de Mezcla vs Índice de Rigidez

Figura 24. Tipo de mezcla Vs. Índice de rigidez



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que, en este parámetro, existe una gran diferencia entre ambas mezclas. Por un lado, la mezcla tradicional presentó un factor de rigidez de 3788 kg/cm², mientras que la

mezcla experimental presentó un valor de 3966 kg/cm², representando un incremento de 4.49%.

Por lo tanto, se puede **confirmar que el PET** en la mezcla aporta una mayor rigidez a la mezcla, lo cual evidencia un mejor comportamiento a la fluencia.

3.1.4. Costo

3.1.4.1. Costo de Producción

Se muestra los costos de producción de la mezcla asfáltica reflejados en el análisis de precios unitarios elaborados, tanto en el convencional como modificado.

Tabla 50: Análisis de Precio Unitario del Asfalto Tradicional

Presupuesto	0203002	"INFLUENCIA DEL ASFALTO ALTAMENTE MODIFICADO (HIMA) SOBRE LA FLUENCIA Y LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE CARGAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. ZARUMILLA, LIMA - PERÚ 2021"				
Subpresupuesto	001	ASFALTO CONVENCIONAL				
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70					
Rendimiento	m3/DIA	338.8000	EQ.	338.8000	Costo unitario directo por: m3	547.16
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	1.0000	0.0236	28.19	0.67
OPERARIO		hh	1.0000	0.0236	23.49	0.55
OFICIAL		hh	1.0000	0.0236	18.57	0.44
PEON		hh	3.0000	0.0708	16.79	1.19
						2.85
Materiales						
PETROLEO DIESEL # 2		gal		5.8000	15.50	89.90
FILLER (CAL HIDRATADA)		kg		42.9700	0.92	39.53
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70		kg		132.3000	2.61	345.30
						474.73
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	2.85	0.14
CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4 - 4.1 YD3		hm	1.0000	0.0236	226.26	5.34
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW		hm	1.0000	0.0236	182.58	4.31
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 120 TON/HS		hm	1.0000	0.0236	522.83	12.34
						22.13
Subcontratos						
ARENA CHANCADA		m3		0.1300	64.80	8.42
ARENA ZARANDEADA		m3		0.4700	38.15	17.93
PIEDRA CHANCADA		m3		0.4200	50.24	21.10
						47.45

Nota. Se presenta el análisis de precio unitario de la mezcla asfalto convencional en caliente. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Análisis de Precios Unitario del Asfalto Modificado

Presupuesto	0203002	"INFLUENCIA DEL ASFALTO ALTAMENTE MODIFICADO (HIMA) SOBRE LA FLUENCIA Y LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE CARGAS DEL PAVIMETO FLEXIBLE EN LA AV. ZARUMILLA, LIMA - PERÚ 2021"				
Subpresupuesto	002	ASFALTO ALTAMENTE MODIFICADO (HIMA)				
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70					
Rendimiento	m3/DIA	338.3800	EQ.	338.3800	Costo unitario directo por : m3	577.16
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0236	28.19	0.67	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0236	23.49	0.55	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0236	18.57	0.44	
PEON	hh	3.0000	0.0709	16.79	1.19	
					2.85	
Materiales						
PETROLEO DIESEL # 2	gal		5.8000	15.50	89.90	
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	kg		132.3000	2.61	345.30	
					435.20	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.85	0.14	
CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4 - 4.1 YD3	hm	1.0000	0.0236	226.26	5.34	
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0236	182.58	4.31	
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 120 TON/HS	hm	1.0000	0.0236	522.83	12.34	
					22.13	
Subcontratos						
POLIMERO ALAMENTE MODIFICADO (HIMA)	kg		13.5000	5.15	69.53	
ARENA CHANCADA	m3		0.1300	64.80	8.42	
ARENA ZARANDEADA	m3		0.4700	38.15	17.93	
PIEDRA CHANCADA	m3		0.4200	50.24	21.10	
					116.98	

Nota. Se presenta el análisis de presupuesto del asfalto altamente modificado HIMA. Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que el porcentaje de incidencia del polímero altamente modificado es de 12.05%. Asimismo, el costo total de producción por m3 de mezcla asfáltica modificada es de S. / 577,16 soles, representando un 1.055 % mayor en comparación al costo de la mezcla asfáltica tradicional.

3.1.4.2. Beneficios de ambas mezclas asfálticas

Para determinar los beneficios de costo, se procede a comparar los costos del tradicional frente al altamente modificado. En la siguiente tabla, se muestra dichos resultados.

Tabla 52: Costo en la producción total de mezcla asfáltica

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA TRADICIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA ALTAMENTE MODIFICADA (EXPERIMENTAL)	% VARIACIÓN
COSTO MEZCLA ASFÁLTICA TOTAL	S/. 547.16	S/. 577.16	-1.055%
DIFERENCIA DE COSTO POR (M3)		S/. 30.00	

Nota. Se presenta la diferencia de costo en producción total de ambas mezclas asfálticas. Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que el precio total de la mezcla asfáltica altamente modificada se incrementa en un 1.055 % con respecto a la mezcla convencional y a su vez mejora el comportamiento mecánico.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

3.2. Discusión

Primera Discusión. Según los requisitos de la norma la estabilidad mínima que es solicitada para una mezcla bituminosa de calidad es de 8,15 KN establecidos en MTC-EG-2013, “Mezcla de agregados, tabla 423-06”. Según los resultados de esta investigación la implementación del polímero altamente modificado nos otorgó resultados favorables presentando una estabilidad de 15.80 KN garantizando de esta forma la resistencia de la mezcla y sobrepasando el 100 % de lo solicitado por la norma.

Segunda Discusión. De acuerdo con la investigación, la modificación de asfalto usando el polímero SBS altamente modificado demostró resultados favorables referentes a los requisitos solicitados por norma, existe una reducción en la susceptibilidad. Se observa que la mezcla de cemento asfáltico PEN 60/70 presenta una razón de 79.00%, mientras que la mezcla altamente modificada experimental (HIMA) un 83.00%, concluyéndose en una MENOR susceptibilidad a la humedad inducida, y por ende, mostrando una MAYOR resistencia frente a cambios de temperatura. Cabe decir que la mezcla de control no solamente es más susceptible que la experimental, además, esta no cumple con la especificación correspondiente que determina un mínimo de 80%. También se puede observar que en la mezcla modificada no presenta daños por humedad ni fractura de agregados a diferencia del convencional que se visualizó agregados fracturados (agregado grueso).

Tercera Discusión. En el desarrollo de los ensayos de laboratorio, trabajamos de la mano con el Manual de Carreteras MTC EG – 2013, para realizar el control de calidad, del mismo modo el tipo de gradación para mezcla asfáltica en caliente que emplearemos para el diseño en ambos

métodos. Dichos pasos se efectúan para velar por obtener buenos materiales para comenzar los ensayos, al tener agregados eficientes, se llegará a los resultados factibles y viables. Se tomarán % C.A. en peso de la mezcla para poder determinar el óptimo de ligante asfáltico. Los porcentajes estarán establecidos por 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0%. En cada una de estos parámetros fabricaremos 5 briquetas de las que solo se aceptara en consideración 3 briquetas de cada porcentaje y 2 briquetas se descartarán ya que están fuera de las especificaciones establecidas por la EG – 2013.

Cuarta Discusión. La temperatura de mezcla 173°C y 179°C y compactación se dispuso teniendo presente la viscosidad del ligante asfáltico y fueron 164°C y 170°C respectivamente. La compactación se hizo con 75 golpes por cada cara de la briqueta. Tuvimos presente el factor temperatura para no originar errores o desviaciones en la obtención de resultados en la densidad y estabilidad, referente a su trabajabilidad fue manejable y no presento impedimentos en cuanto a su implementación.

Quinta Discusión. Se ha corroborado que los elastómeros son polímeros que presentan mayor compatibilidad con el asfalto debido a sus características elásticas, siendo el SBS el polímero que proporciona mejores propiedades a la mezcla asfáltica. Se puede verificar con el presente estudio, según los resultados logrados de la variable, los cuales evidencian mejora notoria con respecto a la mezcla altamente modificada debido a la buena compatibilidad entre el ligante como el polímero SBS.

3.3. Conclusiones

Primera Conclusión: Se realizó el ensayo Marshall a las probetas de concreto asfáltico modificado con polímero altamente modificado adicionando porcentajes de 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0% porcentaje en peso del cemento asfáltico óptimo, y teniendo en cuenta que la mezcla debe

presentar un promedio de 3-5 % de vacíos y al cual le corresponde un porcentaje de 4.3 % de polímero altamente modificado (HIMA) así que a este contenido se considera el porcentaje óptimo en el concreto asfáltico mostrando un incremento apreciable en las propiedades Marshall respecto al concreto asfáltico convencional, obteniendo 15.80 KN de estabilidad Marshall y 13.10 centésimas de pulgada para la deformación.

Segunda Conclusión: Concluimos que teniendo en cuenta los mismos porcentajes de agregados para ambos diseños obtuvimos los siguientes resultados: El óptimo porcentaje de cemento asfáltico es de 5.3% para la mezcla asfáltica convencional contra 5.4% de la mezcla asfáltica Modificada con Polímero Hima, siendo de valores similares en un 0.1%; luego tenemos el valor de 12.40 Kn en estabilidad de la mezcla asfáltica convencional, contra 15.80 KN en la mezclas asfáltica Modificada con Polímero Hima, el mayor valor de estabilidad se considera mejor. Para la Fluencia el valor fue 13.80 centésimas de pulgada en el caso de mezclas asfálticas convencional y de 13.10 centésimas de pulgada para la mezcla asfáltica altamente Modificada con polímero Hima. Esto quiere decir que la mezcla asfáltica modificada tiene mejor comportamiento mecánico. Estos datos salieron del Método Marshall.

Tercera Conclusión: Se comprueba que la deformación por carga, obtenidas mediante el ensayo de diseño Marshall en la mezcla altamente modificada mejora la resistencia a la deformación en un 1.05% lo que implica mayor soporte de cargas frente al tradicional. La relación entre las deformaciones y la capacidad para soportar cargas de la mezcla asfáltica altamente modificada se incrementa en un 21.56 % en comparación a la mezcla asfáltica tradicional lo cual hace que sea mucho más resistente a la hora de soportar cargas.

Cuarta Conclusión: La trabajabilidad del cemento asfáltico se incrementa considerablemente en el uso de mezcla asfáltica altamente modificada, lo cual aporta en la mezcla una mejor adherencia durante la formación de la carpeta asfáltica.

Quinta Conclusión: El costo de una mezcla asfáltica modificada con polímeros es de S/. 577.16 por metro cubico, esto significa un aumento de S/. 30.00 (1.055% adicional) frente a una mezcla asfáltica convencional, esto sucede como consecuencia del costo del polímero y de una baja en el rendimiento (de 338 m³/día) como se muestra en el sustento del Capítulo III: Resultados. Como ya se expuso antes, este incremento del 1.055% en el costo del pavimento se contrarresta con los beneficios que la aplicación de polímeros genera en el pavimento flexible.

3.4. Recomendaciones

Recomendación 1. El asfalto altamente modificado (HIMA) ha evidenciado una mejora con respecto al tipo de deterioro de deformación permanente, sin embargo, se recomienda seguir con dichas investigaciones cambiándole porcentaje de SBS en el polímero altamente modificado.

Recomendación 2. Se recomienda usar materiales adecuados en la infraestructura del diseño de mezcla con el asfalto altamente modificada (HIMA) que cumplan con las especificaciones vigentes para su elaboración en una reducción de espesores en la carpeta asfáltica.

Recomendación 3. Debido a los resultados obtenidos a partir del Diseño Marshall con 75 golpes de compactación, para los cuales se observó un mejor performance en los parámetros del Diseño Marshall realizado con el asfalto altamente modificado (HIMA), la compactación dentro del proceso constructivo cobra una mayor importancia en relación con una mezcla asfáltica del tipo convencional.

Recomendación 4. Para los investigadores interesados en realizar futuras trabajos sobre asfaltos altamente modificados, Se recomienda complementar el presente estudio realizando pruebas de desempeño, tales como deformación permanente e índice fatiga a la mezcla realizada con el asfalto altamente modificada (HIMA), ya que, por ser una mezcla asfáltica con un alto índice de rigidez, esta podría ser susceptible a fisuras, obteniendo por otro lado las fallas por fatiga dinámica (altas cargas de tráfico).

Recomendación 5. Controlar la temperatura de compactación de la mezcla altamente modificada, evitando que sea menor a 164°C , ya que, de lo contrario, esta se vuelve muy viscosa y no trabajable.

Recomendación 6. Se recomienda expandir el presente estudio realizando modelos estadísticos del deterioro por deformación permanente y realizar tramos de prueba en la vía Zarumilla con el asfalto altamente Modificado (HIMA) a fin de verificar, corroborar o encontrar diferencias con los ensayos de laboratorio con los de escala real (insitu). En donde se utilice a escala real otra clase de ensayos como son (rugosidad, rueda de Hamburgo, etc.).

REFERENCIAS

- AASHTO T 245. (2015). Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus. Estados Unidos.
- Arunkumar, G., Anikumar, B., & Amaranatha Reddy, M. (2018). INVESTIGACIÓN REOLÓGICA DE ALTO MÓDULO DE ASFALTO. *ResearchGATE*.
- ASTM. (2014). *ASTM. United States: ASTM Internacional*.
- ASTM D 6927. (2006). *Método de prueba estándar para estabilidad marshall y flujo de mezclas bituminosas*. Estados Unidos: ASTM International.
- Avila Baray, H. L. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. Chihuahua - Mexico: Edición Electrónica.
- Borja TorresStalin, Stalin Alberto; Cárdenas Castillo, Joffre Alexander;. (2019). *Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS*. Quito - Ecuador: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- CASO QUISPE, SARA WAYTA; DE LA CRUZ GUITERREZ, GISSELA. (2021). *DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MODIFICADAS CON POLÍMERO RECICLADOS HDPE Y SBR, PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE*

HUANCAVELICA.

Chávez Armas, J. J. (2017). *Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli*. 2017. yauli-junin : Universidad Cesar Vallejo.

Fonseca, A. (2008). *Ingeniería de Pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.

Hormigón, I. B. (2010). *Diseño de Pavimentos (AASHTO - 93) Y DIPAV*. Bolivia: Materiales para pavimentos.

INFANTE ATATURIMA, C. A., & VÁSQUEZ ALARCÓN, D. H. (2016). “*ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO CONVENCIONAL Y USO DE LOS POLÍMEROS EVA Y SBS EN LA APLICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS*”. Chiclayo - Perú: Universidad Señor de Sipán.

Instituto del Asfalto . (1982). *Manual de Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente MS-22*. Estados Unidos: Lexington.

M&D Corporación Asociados S.A.C. (2013). Revista Especializada PERUVIAS. *PERUVIAS*, 2(10), 32.

Manual de carreteras. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Perú: Ministerio de transporte y comunicaciones.

Ramírez Palma, N. I. (2006). *Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco*. Santiago de Chile - Chile: Repositorio Universidad de Chile.

Reyes, A. (2016). *Diseño Racional de Pavimentos*. Lima: Cep E.L.

Silvestre, D. (2017). *Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima - 2017*. Lima - Perú: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.

Stracuzzi, P., Pestana, S., & Feliberto. (2012). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA*. Caracas: FEDUPEL.

Ulloa Calderón, A. (2011). *Guía de pruebas de laboratorio y muestre en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico*. IANAMMEUCR.

Zlotowska, M., Nagórski, R., & Blazejowski, K. (2021). *CONCEPTO DE MÉTODO DE SIMILITUD PARA LA PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL POR FATIGA DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO CON LIGANTE HIMA EN CAPAS DE ASFALTO*. MDPI.

ANEXOS

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 01	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima	Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil	

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
 Identificación : Cantera "Excalibur"
 Descripción : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

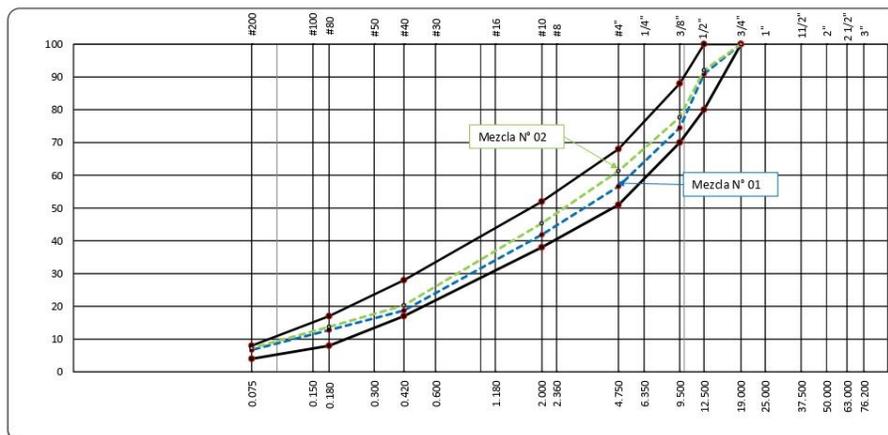
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ	ABERTURA	Grava	Arena chancada	Filler	Mezcla N°01	Mezcla N°02	MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm							
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	
1/2"	12.500	77.4	100.0	100.0	90.9	92.1	80	
3/8"	9.500	36.2	100.0	100.0	74.5	77.7	70	
1/4"	6.300							
#4	4.750	0.0	94.3	100.0	56.6	61.3	51	68
#6	3.360							
#8	2.360							
#10	2.000		69.5	100.0	41.9	45.3	38	52
#16	1.180							
#20	0.840							
#30	0.600							
#40	0.420		30.7	99.0	18.7	20.3	17	28
#50	0.300							
#80	0.180		20.6	97.0	12.7	13.8	8	17
#100	0.150							
#200	0.075		10.5	95.0	6.7	7.2	4	8
>200								

Mezcla de agregados	
Mezcla N°01	Mezcla N°02
Piedra chancada	40.0
Arena chancada	59.5
Filler	0.5
OK	

Observaciones
 Especificaciones Técnicas MTC "EG - 2013"
 Pavimento de concreto asfáltico en caliente
 (Sección 423)

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

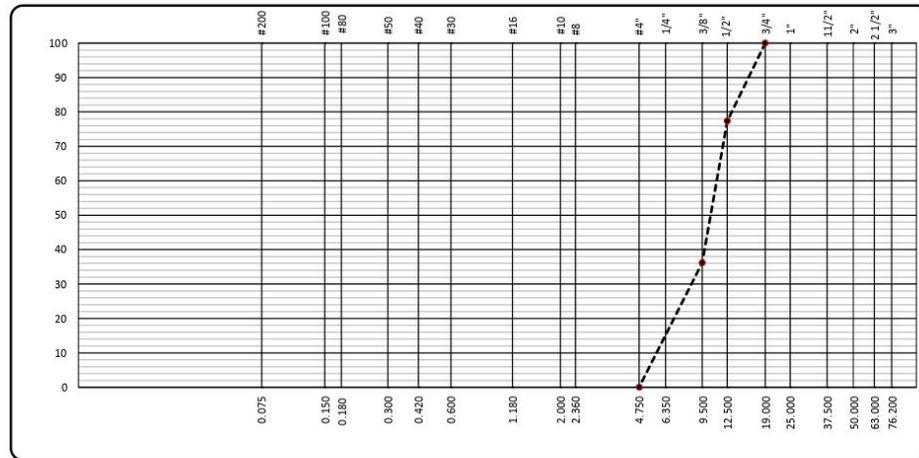
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 02	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Rony José Alvarado Mendoza	Institución: Universidad Privada del Norte	Especialidad: Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
 Identificación : Cantera "Excalibur"
 Descripción : Piedra Chancada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenid.	Retenido	Acumul.	
3"	76.200					Peso húmedo _____ g Peso seco <u>1805.00</u> g
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					Contenido de humedad <u>0.0</u> %
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					Observaciones
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	408.7	22.6	22.6	77.4	
3/8"	9.500	742.9	41.2	63.8	36.2	
1/4"	6.350					
#4	4.750	652.6	36.2	100.0	0.0	
#6	3.350					
#8	2.360	0.8	0.0	100.0	0.0	
#10	2.000					
#16	1.180					
#20	0.840					
#30	0.600					
#40	0.420					
#50	0.300					
#60	0.250					
#80	0.190					
#100	0.150					
#200	0.075					
>200						

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

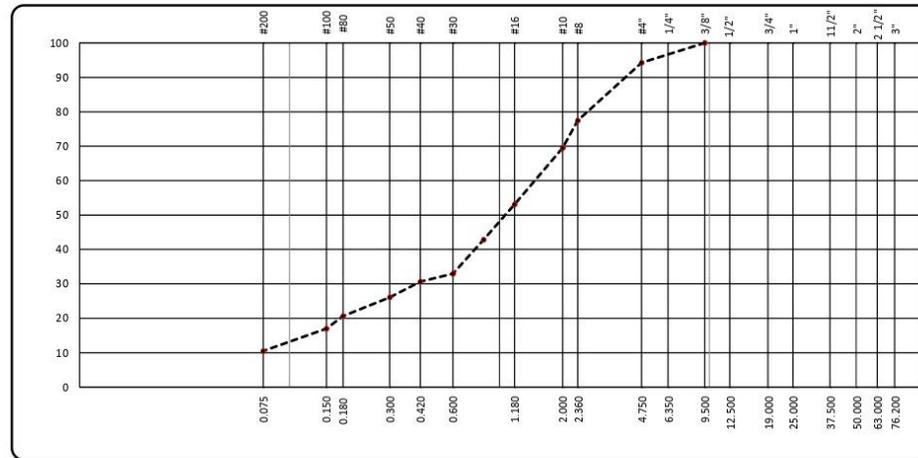
Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 03</p>	<p>CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021</p>
<p>Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Rony José Alvarado Mendoza</p>		
<p>Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"</p> <p>Fecha emisión informe: 21/06/2021</p>		
<p>Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima</p>		

<p>Tipo de muestra: : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional</p> <p>Identificación: : Cantera "Excalibur"</p> <p>Descripción: : Arena chancada</p>	
<p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)</p>	

TAMIZ	ABERTURA mm	PORCENTAJE				DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		Retenid.	Retenido	Acumul.	Pasante	
3"	76.200					
2 1/2"	63.000					Peso húmedo
2"	50.000					Peso seco
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000					Contenido de humedad
1/2"	12.500					Limite líquido
3/8"	9.500				100.0	Limite plástico
Nº	6.300					Azul de metileno
Nº	4.750	56.0	5.7	5.7	94.3	
Nº	3.300					
Nº	2.300	165.0	16.8	22.5	77.5	
Nº	2.000	77.9	7.9	30.5	69.5	
Nº	1.180	161.1	16.4	46.9	53.1	
Nº	0.840	100.3	10.2	57.2	42.8	
Nº	0.600	97.3	9.9	67.1	32.9	
Nº	0.420	22.1	2.3	69.3	30.7	
Nº	0.300	45.1	4.6	73.9	26.1	
Nº	0.180	53.6	5.5	79.4	20.6	
Nº	0.150	35.8	3.7	83.0	17.0	
Nº	0.075	63.3	6.5	89.5	10.5	
>200		102.9	10.5	100.0	0.0	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 04</p>	<p>CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021</p>
<p>Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza</p> <p>Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"</p> <p>Fecha emisión informe: 21/06/2021</p> <p>Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima</p>		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Piedra chancada

ABRASIÓN LOS ÁNGELES (MTC E207)

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
GRADACIÓN	"B"	"B"				
PESO MUESTRA	5003	5005				
1 1/2" - 1"						
1" - 3/4"						
3/4" - 1/2"	2500	2501				
1/2" - 3/8"	2503	2504				
3/8" - 1/4"	-	-				
1/4" - Nº 4	-	-				
Nº 4 - Nº 8	-	-				
RETENIDO Nº12	4230	4250				
PASA Nº 12	773	755				
% DESGASTE	15.5	15.1				

PROMEDIO	15.3 %
-----------------	---------------

Observaciones :

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 05</p>	<p>CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021</p>
<p>Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza</p> <p>Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"</p> <p>Fecha emisión informe: 21/06/2021</p> <p>Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima</p>		
<p>Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional Identificación : Cantera "Excalibur" Descripción : Piedra chancada</p> <p style="text-align: center;">SALES SOLUBLES TOTALES (MTC E219)</p>		

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	110.0	0.01	0.5 máx

Observaciones:

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

**Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.**

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20801148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 06	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Rony José Alvarado Mendoza		Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa Maria del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Piedra chancada

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC 209)

AGREGADO GRUESO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		3000±300							
2"	1 1/2"		2000±200							
1 1/2"	1"		1000±50							
1"	3/4"		500±30							
3/4"	1/2"	22.6	670±10	670.0		659.5	10.5	1.6	0.35	
1/2"	3/8"	41.2	330±5	300.0		295.2	4.8	1.6	0.66	
3/8"	N° 4	8.0	300±5	300.0		289.6	10.4	3.5	0.28	

TOTAL	1.29
--------------	-------------

AGREGADO FINO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04									--
N° 04	N° 08									--
N° 08	N° 16									--
N° 16	N° 30									--
N° 30	N° 50									--
N° 50	N° 100									--

TOTAL	
--------------	--

OBSERVACIONES:
Solución en Sulfato de Magnesio

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601148864</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 07</u>	<small>CF: Ing - IF - TA - PN</small> <small>VF: 02</small> <small>FEF: 01/06/2021</small>
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Rony José Alvarado Mendoza	Institución: Universidad Privada del Norte	Especialidad: Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra Identificación Descripción	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional : Cantera "Excalibur" : Piedra chancada
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E206)	

AGREGADO GRUESO					
MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
A Peso del mat. sat. superf. seco (en el aire) (g)	1334.0	1245.0			
B Peso del mat. sat. superf. seco (en el agua) (g)	831.0	775.0			
C Vol. de masa + Vol. de vacíos (cc)	503.0	470.0			
D Peso del material seco en el horno (105°C) (g)	1326.0	1238.5			
E Vol. de masa (g)	495.0	463.5			
F Peso específico bulk (base seca) (g/cc)	2.636	2.635			2.636
G Peso específico bulk (base saturada) (g/cc)	2.652	2.649			2.651
H Peso específico aparente (base seca) (g/cc)	2.679	2.672			2.675
I % de absorción	0.60	0.52			0.56

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601348464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 08	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra Identificación Descripción	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional : Cantera "Excalibur" : Piedra chancada
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (MTC E210)	

Porcentaje con una o más caras fracturadas						
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	480.7	98.0	43.81	42.95
1/2"	3/8"	329.5	305.1	92.6	29.44	27.26
3/8"	1/4"	299.3	240.9	80.5	26.74	21.53
TOTAL						91.74 %

Porcentaje con dos o más caras fracturadas						
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	450.0	91.8	43.81	40.21
1/2"	3/8"	329.5	275.2	83.5	29.44	24.59
3/8"	1/4"	299.3	221.5	74.0	26.74	19.79
TOTAL						84.59 %

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601148464</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 09</u>	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra: Identificación: Descripción:	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional : Cantera "Excalibur" : Piedra chancada
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791)	

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	%	(CxD)/100
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	25.1	5.1	43.81	2.24
1/2"	3/8"	329.5	24.9	7.6	29.44	2.23
3/8"	1/4"	299.3	20.1	6.7	26.74	1.80
TOTAL						6.26 %

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

**Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.**

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 10	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
	Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Rony José Alvarado Mendoza	Institución: Universidad Privada del Norte
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Arena chancada
EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E514)	

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	1	2	3	4
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación	09:15	09:23		
Hora de salida de saturación (10')	09:25	09:33		
Hora de entrada a decantación	09:27	09:35		
Hora de salida de decantación (20')	09:47	09:55		
Lectura Inicial pulg	5.8	6.0		
Lectura Final pulg	3.6	3.7		
Equivalente de Arena %	62.1	61.7		
PROMEDIO	63.0 %			

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

**Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.**

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 11	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
	Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Rony José Alvarado Mendoza	Institución: Universidad Privada del Norte
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Arena chancada
LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 111)	

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO		1	2	3
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NUMERO DE GOLPES				

LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO		4	5	6
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)				

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES									
30									
28									
26									
24									
22									
20									
18									
16									
14									
12									
10									
	10		25						100

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	
LÍMITE PLÁSTICO	
INDICE DE PLASTICIDAD	

OBSERVACIONES
Pasante la malla Nº 40

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601148464</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 12	<small>CF: Ing - IF - TA - PN</small> <small>VF: 02</small> <small>FEF: 01/06/2021</small>
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021."		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra Identificación Descripción	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional : Cantera "Excalibur" : Arena chancada
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E205)	

AGREGADO FINO					
MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sat. superf. Seco (en el aire) (g)	500.00	500.00		
B	Peso fiola calibrada con agua (g)	654.67	654.67		
C	Peso fiola con agua + peso del mat. s.s.s. (g)	1154.67	1154.67		
D	Peso del mat. + peso fiola + H ₂ O (g)	972.81	973.00		
E	Vol. de masa + vol. de vacíos (cc)	181.86	181.67		
F	Peso mat. seco en el horno (105°C) (g)	494.99	495.10		
G	Vol. de masa (g)	176.85	176.77		
H	Peso específico bulk (base seca) (g/cc)	2.722	2.725		2.724
I	Peso específico bulk (base saturada) (g/cc)	2.749	2.752		2.751
J	Peso específico aparente (base seca) (g/cc)	2.799	2.801		2.800
K	% de absorción	1.01	0.99		1.0

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601348464</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 13</u>	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		
SALES SOLUBLES TOTALES (MTC E219)		

Tipo de muestra Identificación Descripción	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional : Cantera "Excalibur" : Arena chancada
---	--

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	995.0	0.10	0.5 máx.

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601148464</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 14	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEE: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		
AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57)		
Tipo de muestra Identificación Descripción	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional : Cantera "Excalibur" : Arena chancada	

Ensayo	Resultados	Especificación
	mg/g	mg/g
Contenido de reactividad	6.0 mg/g	8.0 máx.

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15</u>	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		
DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (RESUMEN)		

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava chancada TM 3/4"	(Cantera "Excalibur")	: 40.0 %
Agregado arena chancada	(Cantera "Excalibur")	: 59.5 %
Filler	(Cemento Portland)	: 0.5 %
Gradación		: MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto	: PEN 60 / 70
% óptimo de asfalto residual	: 5.35 %

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño	- 0.2 %	%	+0.2 %	Especificación EG 2013
		Óptimo		
GOLPES N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO %	5.15	5.35	5.55	
PESO UNITARIO kg/m ³	2.338	2.342	2.344	
VACIOS %	4.8	4.3	4.0	3 - 5
V.M.A. %	17.4	17.4	17.5	14
V. LL.C.A. %	71.6	74.2	76.7	
POLVO / ASFALTO %	0.7	0.7	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO 0.01" (0.25 mm)	12.7	13.1	13.6	8 - 14
ESTABILIDAD kN	12.6	12.4	12.0	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO kg/cm	3988.4	3777.7	3536.4	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa		2.2		2,1
RESISTENCIA RETENIDA %		77		75
RESISTENCIA CONSERVADA %		79		80

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.01	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC)
 Identificación : Cantera "Excalibur"
 Descripción : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.44			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.61			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.48			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1217.2	1207.4	1218.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1218.6	1210.8	1221.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				693.3	690.2	697.4		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				525.3	520.6	523.9		
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.317	2.319	2.325	2.321	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.485			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				6.8	6.7	6.4	6.6	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.686			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.664			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.31			
22	% de Asfalto Efectivo					4.17			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.6			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.6	17.5	17.3	17.5	14
25	% Vacios llenos con C.A.				61.6	61.9	62.8	62.1	
26	Flujo 0,01'(0,25 mm)				11.0	11.0	11.0	11.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1239	1229	1245		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1239	1229	1195	1221	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4505	4467	4346	4440	1700 - 4000

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.02	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra Identificación Descripción	: Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC) : Cantera "Excalibur" : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)	

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla						5.0			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla						41.22			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla						53.33			
4 % Cemento portland en peso de la Mezcla						0.48			
5 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.020			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.636			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.724			
8 Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.110			
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11 Altura promedio de la briqueta cm									
12 Peso de la briqueta al aire (gr)					1201.8	1202.3	1205.3		
13 Peso de la briqueta al agua por 60° (gr)					1204.2	1205.3	1209.6		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)					689.2	691.3	693.2		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					515.0	514.0	516.4		
16 Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.334	2.339	2.334	2.336	
17 Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)						2.461			
18 % de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					5.2	5.0	5.2	5.1	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.686			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.658			
21 Asfalto Absorbido por el Agregado						0.41			
22 % de Asfalto Efectivo						4.59			
23 Relación Filler/Betun						0.7			0.6 - 1.3
24 V.M.A.					17.5	17.3	17.4	17.4	14
25 % Vacíos llenos con C.A.					70.3	71.2	70.4	70.6	
26 Flujo 0,01"(0,25 mm)					12.0	12.0	13.0	12.3	8 - 14
27 Estabilidad sin corregr (Kg)					1297	1259	1235		
28 Factor de estabilidad					1.00	1.00	1.00		
29 Estabilidad Corregida 27 * 28					1297	1259	1235	1263	MIN 815
30 Estabilidad / Flujo					4322	4196	3800	4106	1700 - 4000

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.03	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra Identificación Descripción	: Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC) : Cantera "Excalibur" : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)	

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.01			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.05			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1208.4	1195.8	1201.4		
13	Peso de la briqueta al agua por 60"(gr)				1211.5	1198.0	1203.8		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				696.0	689.1	691.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				515.5	508.9	512.5		
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.344	2.350	2.344	2.346	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.449			
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.3	4.0	4.3	4.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.686			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.665			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.31			
22	% de Asfalto Efectivo					5.18			
23	Relación Filler/Betun					0.8			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.5	17.3	17.5	17.4	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				75.6	76.7	75.6	76.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.0	14.0	13.0	13.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1217	1232	1224		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1217	1232	1224	1225	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3746	3521	3766	3678	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.04	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					40.79			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					52.77			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1201.3	1197.2	1205.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1202.9	1198.4	1206.5		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				690.1	689.2	692.8		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				512.8	509.2	513.7		
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.343	2.351	2.346	2.347	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.427			
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.5	3.1	3.3	3.3	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.686			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.660			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.38			
22	% de Asfalto Efectivo					5.61			
23	Relación Filler/Betun					0.8			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				18.0	17.7	17.9	17.9	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				80.8	82.4	81.4	81.6	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				14.0	15.0	15.0	14.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1048	1059	1070		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1048	1059	1113	1073	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				2995	2825	2967	2929	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

**Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.**

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.05	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
	Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Rony José Alvarado Mendoza Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima	Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC) Identificación : Cantera "Excalibur" Descripción : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)

MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	6047.0	6047.0	6047.0	6047.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8191.0	8191.0	8191.0	8191.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7695.4	7688.7	7685.0	7680.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8927.0	8925.0	8924.0	8920.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1231.6	1236.3	1239.0	1240.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	495.6	502.3	506.0	511.0	
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.485	2.461	2.449	2.427	
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00	

Observaciones :

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



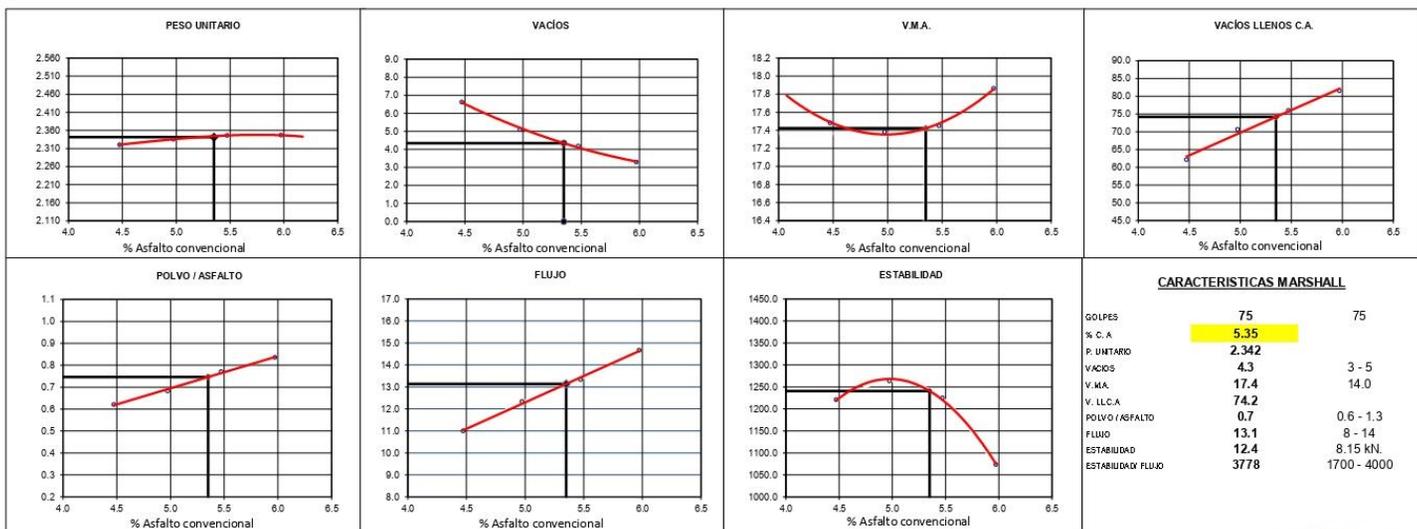

Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601348464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.06	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Tema de tesis: Rony José Alvarado Mendoza Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima	Institución: Universidad Privada del Norte	Especialidad: Ingeniería Civil
Título de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC)
 Identificación : Cantera "Excalibur"
 Descripción : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



DATOS DE LAS PROPORCIONES

	4.5	5.0	5.5	6.0
% C.A.	4.5	5.0	5.5	6.0
P.U. BRIQUETA	2.321	2.336	2.346	2.347
VACÍOS	6.6	5.1	4.2	3.3
V.M.A.	17.5	17.4	17.4	17.9
V.L.L.A	62.1	70.6	76.0	81.6
POLVO / ASF.	0.6	0.7	0.8	0.8
FLUJO	11.0	12.3	13.3	14.7
ESTABILIDAD	1220.9	1263.4	1224.6	1073

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 

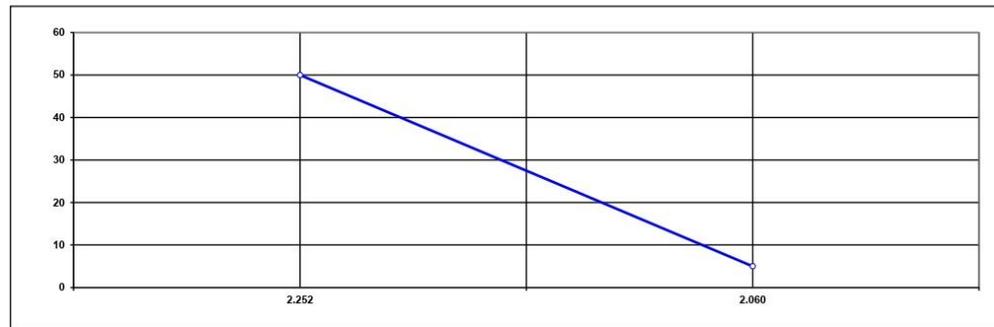


Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.07	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD	



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	50	50	5	5
1.- Peso Briqueta al Aire	1199.2	1197.3	1197.8	1200.1
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1206.4	1204.7	1211.9	1214.9
3.- Peso por Desplazamiento	671.7	675.4	631.7	631.2
4.- Volumen de la Briqueta	534.7	529.3	580.2	583.7
5.- Peso Unitario (Gr./cc)	2.243	2.262	2.064	2.056
PROMEDIOS	2.252		2.060	

2.252	2.060
50	5

1
0.192
GEB(50) - GEB(5)

IC =	5.20
-------------	-------------

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

**Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.**

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 15.08</u>	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
	Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Rony José Alvarado Mendoza Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima	Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional (MAC) Identificación : Cantera "Excalibur" Descripción : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA CONSERVADA (AASHTO T283)

Nº DE PROBETAS	Grupo seco			Grupo húmedo	
	01	02	Promedio	04	05
1 Diámetro	10.16	10.15		10.15	10.15
2 Espesor	6.67	6.67		6.67	6.65
3 Contenido de Cemento Asfáltico	5.35	5.35		5.35	5.35
4 Peso Probeta al Aire	1200.1	1203.5		1200.3	1199.0
5 Peso de la Probeta Saturada (60')	1200.6	1203.8		1200.7	1199.4
6 Peso de la Probeta en el Agua	685.0	687.0		691.0	685.0
7 Volumen de la Probeta	515.6	516.8		515.7	514.4
8 Peso Específico Bulk de la Probeta	2.328	2.329		2.339	2.331
9 % de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)	6.8	6.8		6.4	6.7
10 Estabilidad sin corregir	233	241		182	184
11 Factor Estabilidad	1.00	1.00		1.00	1.00
12 Estabilidad corregida (kg)	233	241		182	184
13 Resistencia a la compresión	2.2	2.3	2.2		
14 Resistencia retenida	78	76	77		
15 Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	237				
16 Promedio Estabilidad (24 Horas) (kg)				188	
17 Resistencia conservada (%)	79				

Observaciones :

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (RESUMEN)	

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava chancada TM 3/4"	(Cantera "Excalibur")	: 40.0 %	
Agregado arena chancada	(Cantera "Excalibur")	: 59.5 %	
Filler	(Cemento Portland)	: 0.5 %	
Gradación		: MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"	

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto		: Betutec HIMA (Asfalto altamente modificado)	
% óptimo de asfalto residual		: 5.40 %	

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño		- 0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
		GOLPES	N°		
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.20	5.40	5.60	
PESO UNITARIO	kg/m ³	2.361	2.363	2.365	
VACIOS	%	4.8	4.3	3.9	3 - 5
V.M.A.	%	16.9	16.9	17.0	14
V. L.L.C.A.	%	70.4	73.6	76.7	
POLVO / ASFALTO	%	0.8	0.8	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO	0.01" (0.25 mm)	13.6	13.8	14.1	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	16.3	15.8	15.4	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	4802.6	4591.6	4393.3	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.3		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		80		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		83		80

Observaciones:

Elaborado por:

Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:

Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.01</u>	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)	

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla						4.5			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla						41.44			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla						53.61			
4 % Cemento portland en peso de la Mezcla						1.00			
5 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.019			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc						2.636			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.724			
8 Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.110			
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11 Altura promedio de la briqueta cm									
12 Peso de la briqueta al aire (gr)					1204.6	1210.9	1196.1		
13 Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)					1208.9	1213.6	1200.5		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)					690.1	693.2	686.1		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					518.8	520.4	514.4		
16 Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.322	2.327	2.325	2.325	
17 Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)						2.503			
18 % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					7.2	7.0	7.1	7.1	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.688			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.701			
21 Asfalto Absorbido por el Agregado						0.18			
22 % de Asfalto Efectivo						4.30			
23 Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.6 - 1.3
24 V.M.A.					17.0	16.9	16.9	16.9	14
25 % Vacios llenos con C.A.					57.5	58.3	58.0	57.9	
26 Flujo 0,01"(0,25 mm)					13.0	12.0	13.0	12.7	8 - 14
27 Estabilidad sin corregir (Kg)					1755	1824	1804		
28 Factor de estabilidad					1.00	1.00	1.00		
29 Estabilidad Corregida 27 * 28					1755	1824	1804	1794	MIN 815
30 Estabilidad / Flujo					5399	6081	5551	5677	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601148464</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.02	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 9
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.22			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.33			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.48			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1202.2	1191.5	1200.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 °(gr)				1205.6	1194.1	1203.2		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				694.1	688.2	692.4		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				511.5	505.9	510.8		
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.350	2.355	2.350	2.352	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.483			
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				5.3	5.1	5.3	5.3	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.686			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.684			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.03			
22	% de Asfalto Efectivo					5.00			
23	Relación Filler/Betun					0.7			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				16.9	16.7	16.9	16.8	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				68.4	69.2	68.3	68.6	
26	Flujo 0.01"(0.25 mm)				13.0	13.0	14.0	13.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1640	1692	1653		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.04	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 ° 28				1640	1760	1653	1684	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				5047	5416	4722	5062	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. CIVIL CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.03	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					41.01			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.05			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.724			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1198.6	1200.2	1203.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1200.2	1202.3	1206.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				692.2	694.3	695.4		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				508.0	508.0	510.9		
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.359	2.363	2.356	2.359	
17	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.466			
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.3	4.2	4.5	4.3	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total					2.686			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total					2.687			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.01			
22	% de Asfalto Efectivo					5.47			
23	Relación Filler/Betun					0.8			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.0	16.9	17.1	17.0	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				74.6	75.2	73.9	74.5	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.0	14.0	14.0	13.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1502	1486	1582		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1562	1545	1582	1563	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4807	4414	4519	4580	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.04	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
Identificación : Cantera "Excalibur"
Descripción : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	74.5	56.6	41.9	18.7	12.7	6.7
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en peso de la Mezcla						6.0			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla						40.79			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla						52.77			
4 % Cemento Portland en peso de la Mezcla						0.47			
5 Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc						1.019			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.636			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.724			
8 Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.110			
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11 Altura promedio de la briqueta cm									
12 Peso de la briqueta al aire (gr)					1202.2	1203.4	1199.3		
13 Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)					1203.8	1205.2	1200.6		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)					696.4	695.3	693.2		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					507.4	509.9	507.4		
16 Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.369	2.360	2.364	2.364	
17 Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)						2.440			
18 % de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					2.9	3.3	3.1	3.1	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.686			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.677			
21 Asfalto Absorbido por el Agregado						-0.13			
22 % de Asfalto Efectivo						6.10			
23 Relación Filler/Betun						0.9			0.6 - 1.3
24 V.M.A.					17.1	17.4	17.3	17.2	14
25 % Vacíos llenos con C.A.					83.1	81.2	81.9	82.0	
26 Flujo 0,01" (0,25 mm)					15.0	15.0	14.0	14.7	8 - 14
27 Estabilidad sin corregir (Kg)					1402	1451	1460		
28 Factor de estabilidad					1.04	1.00	1.04		
29 Estabilidad Corregida Z' * 28					1458	1451	1519	1476	MIN 815
30 Estabilidad / Flujo					3887	3868	4339	4031	1700 - 4000

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601148464</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.05</u>	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra Identificación Descripción	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA) : Cantera "Excalibur" : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)	

MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	6047.0	6047.0	6047.0	6047.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8188.0	8188.0	8188.0	8188.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7705.0	7701.7	7705.0	7697.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8914.0	8909.0	8896.0	8895.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1209.0	1207.3	1191.0	1198.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	483.0	486.3	483.0	491.0	
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.503	2.483	2.466	2.440	
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00	

Observaciones :

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



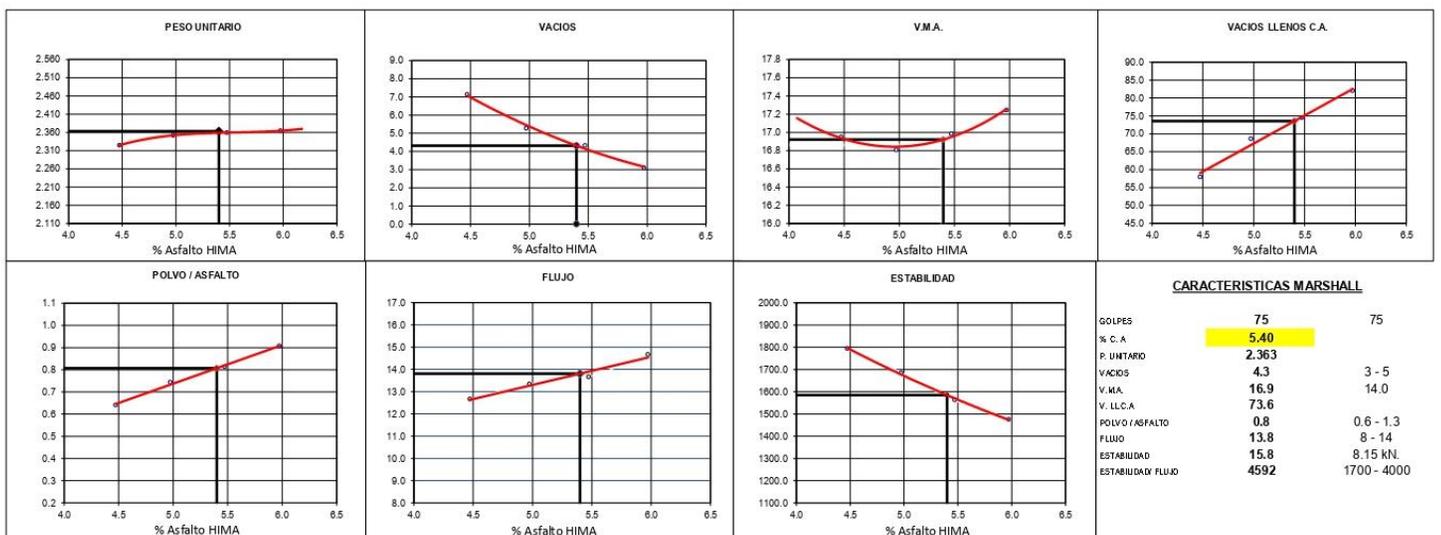

Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.06	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: Rony José Alvarado Mendoza "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
 Identificación : Cantera "Excalibur"
 Descripción : Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



	4.5	5.0	5.5	6.0
% C.A.	4.5	5.0	5.5	6.0
P.U. BRIQUETA	2.325	2.352	2.359	2.364
VACÍOS	7.1	5.3	4.3	3.1
V.M.A.	16.9	16.8	17.0	17.2
V.L.L.A.	57.9	68.6	74.5	82.0
POLVO / ASF.	0.6	0.7	0.8	0.9
FLUJO	12.7	13.3	13.7	14.7
ESTABILIDAD	1794.4	1684.4	1563.0	1475.6

Elaborado por:
 Miguel Ángel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:

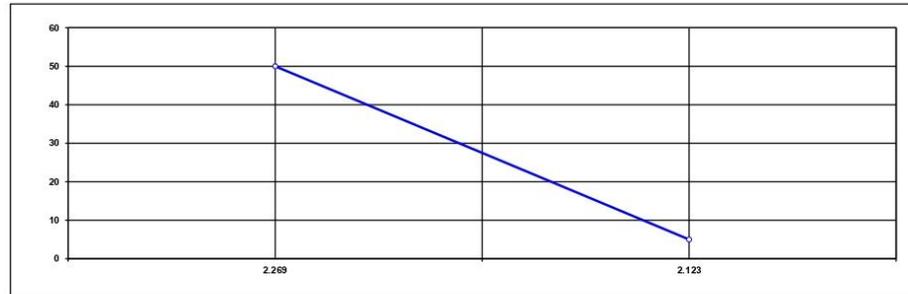



Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA) Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

 HIS <small>ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.</small> <small>R.U.C. 20601148464</small>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.07	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza		
Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021"		
Fecha emisión informe: 21/06/2021		
Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima		

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD	



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	50	50	5	5
1.- Peso Briqueta al Aire	1206.2	1199.1	1199.3	1203.1
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1213.4	1207.9	1212.0	1214.7
3.- Peso por Desplazamiento	681.7	679.4	646.7	648.2
4.- Volumen de la Briqueta	531.7	528.5	565.3	566.5
5.- Peso Unitario (Gr/cc)	2,269	2,269	2,122	2,124
PROMEDIOS	2,269		2,123	

2,269	2,123
50	5

1
0,146
GEB(50) - GEB(5)

IC =	6.85
------	------

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

**Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.**

 R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - TA - JGFC/RJAM - 2021 - 16.08	CF: Ing - IF - TA - PN VF: 02 FEF: 01/06/2021
	Solicitante: Junior Guillermo Francia Campos Institución: Universidad Privada del Norte Especialidad: Ingeniería Civil Rony José Alvarado Mendoza Tema de tesis: "Influencia del asfalto altamente modificado (HIMA) sobre la fluencia y la capacidad de soporte de cargas del pavimento flexible en la Av. Zarumilla, Lima - Perú 2021" Fecha emisión informe: 21/06/2021 Ubicación: Villa María del Triunfo - Lima	

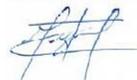
Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto altamente modificados (HIMA)
Identificación	: Cantera "Excalibur"
Descripción	: Mezcla de agregados (Piedra chancada/Arena chancada)
INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA CONSERVADA (AASHTO T283)	

N° DE PROBETAS	Grupo seco			Grupo húmedo	
	01	02	Promedio	04	05
1 Diámetro	10.16	10.15		10.15	10.15
2 Espesor	6.65	6.64		6.65	6.65
3 Contenido de Cemento Asfáltico	5.40	5.40		5.40	5.40
4 Peso Probeta al Aire	1200.1	1203.5		1206.3	1199.0
5 Peso de la Probeta Saturada (60°)	1200.6	1203.8		1206.7	1199.4
6 Peso de la Probeta en el Agua	685.0	687.0		691.0	685.0
7 Volumen de la Probeta	515.6	516.8		515.7	514.4
8 Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.328	2.329		2.339	2.331
9 % de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)	6.8	6.8		6.4	6.7
10 Estabilidad sin corregir	243	240		192	195
11 Factor Estabilidad	1.00	1.00		1.00	1.00
12 Estabilidad corregida (kg)	243	240		192	195
13 Resistencia a la compresión	2.3	2.3	2.3		
14 Resistencia retenida	79	81	80		
15 Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	242				
16 Promedio Estabilidad (24 Horas) (kg)				200	
17 Resistencia conservada (%)				83	

Observaciones :

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en laboratorio de suelos, concreto y asfalto.
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



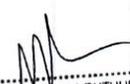
Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

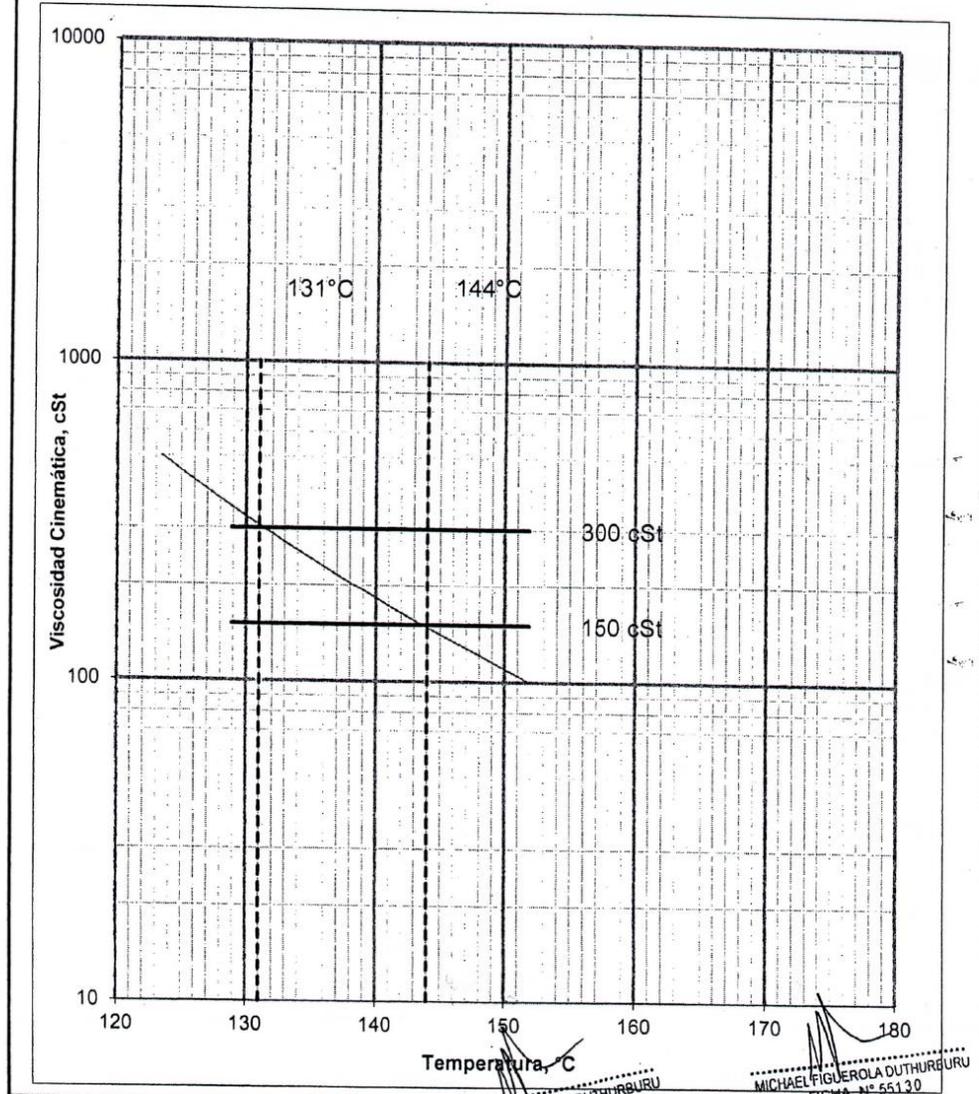
Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 85/100 PEN)		N° GDCN-LAB-1084-2021			
FECHA DE REPORTE: 27.05.2021	FECHA DE RECEPCIÓN 25.05.2021	CÓDIGO DE MUESTRA : 07127			
HORA DE RECEPCIÓN: 00:04 HORAS	PROCEDECENCIA: "JEFATURA OPERACIONES"	BUQUE/TANQUE: -----			
TANQUE DE MUESTREO : 47	VOLUMEN CERTIFICADO: -----	DESTINO: PLANTA CONCHÁN			
ENSAYOS	MÉTODO ASTM(A)	OTRO MÉTODO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
				MIN.	MAX.
PENETRACIÓN:					
a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D 5-13		89	85	100
DUCTILIDAD:					
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		>150	100	
FLUIDEZ:					
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-10		3286	Reportar	
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170-10		240.0	170	
SOLUBILIDAD:					
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-15		99.7	99	
VOLATILIDAD:					
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92-16b		278	232	
DENSIDAD:					
Gravedad API a 60°F, °API	D 70-09 ^{e1}		7.5	Reportar	
Gravedad Específica a 60/60°F	D 70-09 ^{e1}		1.018	Reportar	
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA:					
Punto de Ablandamiento, °C	D 36-14e1		46.0	Reportar	
Índice de Penetración			-0.8	-1	1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina):	D 1754-09(2014)				
- Pérdida por calentamiento, % masa			0.47		1.0
- Penetración Retenida, % del Original	D 5-13		64	47+	
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		124	75	
OBSERVACIONES:					
1. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada.					
2. La muestra fue proporcionada por el cliente.					
La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 131 y 144°C					
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.					
3. (A): American Society for Testing and Materials					
ORIGINAL : CLIENTE	ELABORADO POR:		APROBADO POR:		
COPIA 1 : ARCHIVO GENERAL DE INFORMES DE ENSAYO	 MICHAEL FIGUEROA DUTHURBURU FICHA N° 55130 CQP N° 932		 MICHAEL FIGUEROA DUTHURBURU FICHA N° 55130 CQP N° 932		
COPIA 2: INFORME DE ENSAYO DE PRODUCTOS					
GDCNLAB-PG-015-F-02, Rev. 6					
----- FIN DE INFORME -----					
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERU					

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 85/100 PEN)

N° GDCN-LAB-1084-2021

Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Óptima de Mezcla
TQ. 47 - C. A. 85 / 100 PEN. - 25.05.2021 - 00:04 horas



MICHAEL FIGUEROA DUTHURBURU
FICHA N° 55130
CQP N° 932

MICHAEL FIGUEROA DUTHURBURU
FICHA N° 55130
CQP N° 932

Pag 2 de 2

Panamericana Sur km 26,5 - Lurín
Central telefónica: (511) 625-4000 / (511) 315-6330
Portal empresarial: www.petroperu.com.pe

/petroperu /epetroperu_sa /canalpetroperu /petroperu

Influencia Del Asfalto Altamente Modificado (HIMA)
Sobre La Fluencia Y La Capacidad De Soporte De Cargas Del
Pavimento Flexible En La Av. Zarumilla, Lima – Perú 2021.

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN)		N° GDCN-LAB-1232-2021		
FECHA DE REPORTE: 12.06.2021	FECHA DE RECEPCIÓN 11.06.2021	CÓDIGO DE MUESTRA : 08079		
HORA DE RECEPCIÓN: 16:15 HORAS	PROCEDENCIA: JEFATURA OPERACIONES	BUQUE/TANQUE: -----		
TANQUE DE MUESTREO : 9	VOLUMEN CERTIFICADO: -----	DESTINO: PLANTA CONCHÁN		
ENSAYOS	MÉTODO ASTM ^(A)	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
			MIN.	MAX.
PENETRACIÓN:				
a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D 5-13	64	60	70
DUCTILIDAD:				
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07	>150	100	
FLUIDEZ:				
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-10	4896	Reportar	
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170-10	420	200	
SOLUBILIDAD:				
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-15	99.8	99	
VOLATILIDAD:				
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92-16b	290	232	
DENSIDAD:				
Gravedad API a 60°F, °API	D 70-09 ¹	6.8	Reportar	
Gravedad Especifica a 60/60°F	D 70-09 ¹	1.023	Reportar	
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA:				
Punto de Ablandamiento, °C	D 36-14e1	50.0	Reportar	
Índice de Penetración		-0.6	-1	+1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina):	D 1754-09(2014)			
- Cambio de Masa, % masa del Original		0.24	0.8	
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07	129	50	
OBSERVACIONES:				
1. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada.				
2. La muestra fue proporcionada por el cliente.				
La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 141 y 156°C				
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.				
3. (A):American Society for Testing and Materials				
ORIGINAL : CLIENTE	ELABORADO POR:	APROBADO POR:		
COPIA 1 : ARCHIVO GENERAL DE INFORMES DE ENSAYO	STEVE SÁNCHEZ SÁNCHEZ FICHA: 56986	STEVE SÁNCHEZ SÁNCHEZ FICHA: 56986		
COPIA 2: INFORME DE ENSAYO DE PRODUCTOS				

GDCNLAB-PG-015-F-02, Rev. 6

Pag 1 de 2

----- FIN DE INFORME -----

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERÚ

Gerencia Departamento Refinación Conchán
Panamericana Sur km 26,5 - Lurín
Central telefónica: (511) 625-4000 / (511) 315-6330
Portal empresarial: www.petroperu.com.pe



/Petroperu



/@petroperu_sa

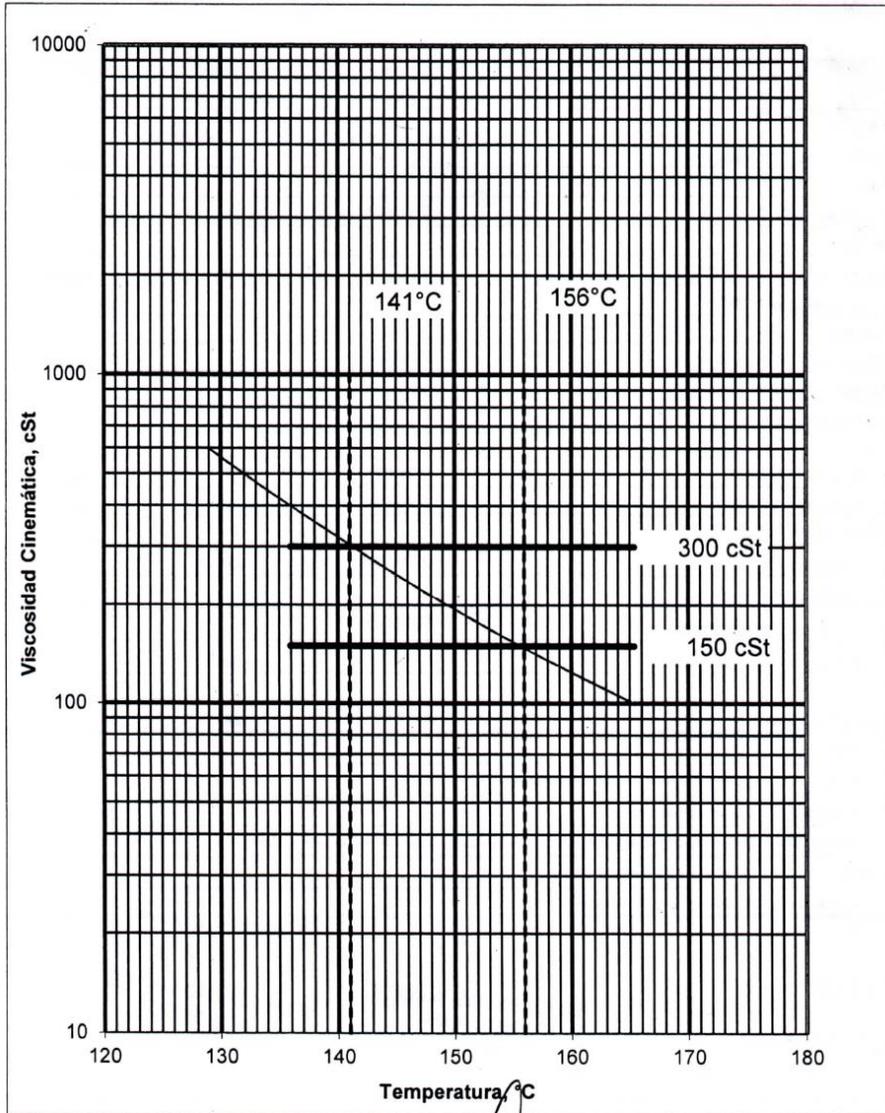


/canalpetroperu



/petroperu

Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Optima de Mezcla
TQ. 9 - C. A. 60 / 70 PEN. - 11.06.2021 - 16:15 horas



Pag 2 de 2

Gerencia Departamento Refinación Conchán
Panamericana Sur km 26,5 - Lurín
Central telefónica: (511) 625-4000 / (511) 315-6330
Portal empresarial: www.petroperu.com.pe

STEVE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
FICHA 56986



/Petroperu

@petroperu_sa

/canalpetroperu

/petroperu