



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente
adicionando vidrio borosilicato para pavimentos flexibles en la Av.
La Cultura, Cusco 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Prada Muñoz José Kevin (CÓDIGO ORCID: [0000-0002-5297-6078](https://orcid.org/0000-0002-5297-6078))

ASESOR:

Mg. Olarte Pinares Jorge Richard (CÓDIGO ORCID: [0000-0001-5699-1323](https://orcid.org/0000-0001-5699-1323))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Lima- Perú

2021

Dedicatoria

A Dios, por darme la fuerza cada día en mi vida.

A mi papá que siempre recibí su apoyo incondicional y a mi mamá la cual nunca deja de creer en mí.

A mis hermanos que son la compañía más preciada en mi vida y a mi novia la cual me motiva a seguir con todo lo que me propongo.

Agradecimiento

A la Universidad por haberme permitido ser un profesional con conocimientos importantes para mi desempeño.

Gracias a mis padres que siempre estuvieron conmigo desde que tengo recuerdo y son mi fuerza a continuar.

De especial manera al Mg. Jorge Richard Olarte Pinares por el gran apoyo otorgado y orientación para lograr terminar mi tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.	27
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	28
3.3. Población, muestra y muestreo.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	30
3.5. Procedimiento.	32
3.6. Métodos de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos Éticos.	52
IV. RESULTADOS.....	53
V. DISCUSIÓN.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES.	64
REFERENCIAS:.....	65
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Interpretación.	31
Tabla 2 Validadores	31
Tabla 3 Normas ensayos	32
Tabla 4 Granulometría piedra chancada-Huacarpay.....	33
Tabla 5 Granulometría agregado grueso-Huacarpay	34
Tabla 6 Granulometría Agregado Fino- Conyac.....	34
Tabla 7 Peso mínimo de la muestra de ensayo.	35
Tabla 8 Parámetros de cumplimiento para mezcla asfáltica.	35
Tabla 9 Determinación de la proporción óptima.	36
Tabla 10 Estabilidad Porcentajes promedio Asfalto	38
Tabla 11 Estabilidad Porcentajes promedio Asfalto	38
Tabla 12 Porcentaje de Vidrio	40
Tabla 13 Dosificación con Vidrio Borosilicato.....	40
Tabla 14 Estabilidad con Adición de Vidrio.	41
Tabla 15 Flujo porcentaje de asfalto.	42
Tabla 16 Deformación promedio con porcentajes de asfalto	42
Tabla 17 Deformación con adición de vidrio.	43
Tabla 18 Deformación con adición de vidrio.	43
Tabla 19 Peso de Probetas.....	44
Tabla 20 Volumen de Probeta.....	45
Tabla 21 Peso Unitario Probetas.....	45
Tabla 22 Peso específico de agregados y asfalto.	46
Tabla 23 Peso específico de áridos.	47
Tabla 24 Densidad Aparente de áridos	47
Tabla 25 VMA (Vacíos del agregado mineral).....	47
Tabla 26 Vacíos llenados con asfalto.	48
Tabla 27 Máxima densidad teórica.....	49
Tabla 28 Porcentaje de vacíos.	49

Tabla 29 Peso unitario.	50
Tabla 30 Peso específico de áridos.	51
Tabla 31 Determinación de los agregados vacíos del agregado mineral.	51
Tabla 32 Porcentaje de Vacíos.	51
Tabla 33 Promedio de estabilidad de probetas convencionales y modificadas.	54
Tabla 34 Promedio de mezcla modificada y convencional.	56
Tabla 35 Promedios de mezclas modificadas y convencionales.	58
Tabla 36 Resultados generales de las probetas convencionales.	59
Tabla 37 Resultados generales las probetas modificadas con vidrio borosilicato.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 VAM o VMA en una mezcla compactada	15
Figura 2 Estabilidad vs Contenido de Asfalto	23
Figura 3 Fluencia vs Contenido de Asfalto	24
Figura 4 Peso unitario vs Contenido de Asfalto.....	24
Figura 5 Vacíos de aire vs contenido de asfalto.....	25
Figura 6 VAM vs Contenido de Asfalto.....	25
Figura 7 VFA vs Contenido de Asfalto	26
Figura 8 Criterios de Diseños de Mezcla Marshall	26
Figura 9 Combinación granulométrica de 3 agregados.....	36
Figura 10 Probetas con porcentajes de asfalto	38
Figura 11 Estabilidad en probetas con porcentaje de asfalto.....	39
Figura 12 Dosificación de asfalto.	40
Figura 13 Figura 1. Estabilidad con Adición de Vidrio.....	41
Figura 14 Deformación por porcentaje de asfalto.....	42
Figura 15 Flujo por porcentaje de asfalto.	43
Figura 16 Flujo con adición de vidrio.....	44
Figura 17 Peso unitario de probetas.	46
Figura 18 VMA (Vacíos del agregado mineral).....	48
Figura 19 Porcentaje de vacíos.....	50
Figura 20 Peso unitario.	50
Figura 21 Porcentaje de vacíos.....	52
Figura 22 y Figura 23 Vista google eart Tramo de estudio.....	53
Figura 24 Vista de la zona de estudio	54
Figura 25 Comparación de estabilidad	55
Figura 26 Comparación deformación	56
Figura 27 Comparación porcentaje de vacíos	58

RESUMEN

La presente investigación titula el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente adicionando vidrio borosilicato para pavimentos flexibles en la AV. La Cultura, Cusco 2021, fijó por objetivo mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica y evitar la deformación permanente con la adición de aditivos (vidrio borosilicato) en el tramo de estudio. Como metodología se aplicó el método científico, del tipo aplicado, del nivel correlacional y diseño experimental.

Los resultados obtenidos muestran que para la adición de vidrio borosilicato con porcentajes de 4%, 5% y 6% la mezcla asfáltica en caliente aumenta la estabilidad hasta 2600 kg, pero también el flujo es mayor que el convencional, aunque se reduce conforme aumenta la adición de vidrio, el porcentaje de vacíos aumenta con mayor porcentaje de vidrio con una mejor resistencia a la oxidación.

Se cuenta con una mejor respuesta ante el gradiente térmico, se determina el porcentaje óptimo al 4% de vidrio y tiene el porcentaje óptimo de vacíos para la resistencia a la oxidación de la mezcla asfáltica.

Palabras Claves: Comportamiento mecánico, Vidrio borosilicato, mezcla asfáltica, asfalto.

ABSTRACT

The present investigation titrates the mechanical behavior of hot asphalt mixtures by adding borosilicate glass for flexible pavements in the AV. La Cultura, Cusco 2021, set the objective of improving the mechanical behavior of the asphalt mixture and avoiding permanent deformation with the addition of additives (borosilicate glass) in the study section. As methodology, the scientific method, of the applied type, of the correlational level and experimental design was applied.

The results obtained show that for the addition of borosilicate glass with percentages of 4%, 5% and 6%, the hot asphalt mix increases stability up to 2600 kg, but also the flow is greater than the conventional one, although it decreases as the flow increases. Adding glass, the percentage of voids increases with higher percentage of glass with better resistance to oxidation.

There is a better response to the thermal gradient, the optimum percentage at 4% of glass is determined and it has the optimum percentage of voids for resistance to oxidation of the asphalt mix.

Keywords: Mechanical behavior, Borosilicate glass, asphalt mix, asphalt.

I. INTRODUCCIÓN.

La pavimentación de carreteras, calles y caminos es muy importante actualmente, gracias a esta, la capa conformada por distintos materiales sirve para la movilidad de vehículos y paso de personas de manera segura, en ese sentido todos le dan prioridad siendo un medio de comunicación indispensable.

El pavimento está estructurado por varias capas que se construyen con materiales apropiadamente compactados. Dichas estructuras son colocadas sobre la subrasante de una vía y resisten esfuerzos de cargas repetidas de tránsito, que es su función principal.

En nuestro medio los pavimentos se clasifican en rígidos y flexibles, pero contamos también con pavimentos como son, semi rígidos o semiflexibles y los articulados.

Los pavimentos flexibles son constituidos principalmente por una carpeta bituminosa, la cual es una mezcla de agregados gruesos y finos con un material denominado como asfalto que es un componente del petróleo y que es utilizado desde la antigüedad por los sumerios 3200 A.C y luego también por los egipcios en momificaciones.

El asfalto se siguió utilizando a través del tiempo en diferentes culturas y en múltiples aplicaciones. El primer pavimento flexible se construyó en Washinton D.C. con asfalto natural en el año 1876. En 1900 aparece la primera mezcla asfáltica en caliente en Paris y en 1902 con la aparición de la circulación automovilística se fue expandiendo en el mundo, ya que eran económicos y puros.

En la actualidad el 90% de pavimentos a nivel mundial son elaborados con asfalto, por lo tanto, es un área en la que se debe realizar bastante investigación y desarrollo que ayude a mejorar las técnicas y obtener resultados.

El mejoramiento vial de un país es muy importante y que se mejore el comportamiento mecánico del asfalto es primordial para pavimentos flexibles para obtener una durabilidad ideal, lo cual es sinónimo de desarrollo.

En el Perú las vías que unen diferentes regiones, que son hechas con asfalto en caliente, tienen una duración aproximada de 15 años, en el caso del asfalto modificado este se puede llegar a mantenerse firme más de 20 años. Maquera (2007)

En la Region del Cusco las vias con pavimento asfaltico son de gran importancia, los cuales sufren daños mas significantes a diferencia de otras regiones por diferentes factores.

Una de las Avenidas mas importantes de la ciudad del Cusco es la Avenida de la Cultura, la cual se extiende por mas de 13 kilometros en los Distritos de Cusco, Wanchaq, San Sebastian y San Jerónimo. La principal característica de la Avenida, es que fue diseñada y construida con pavimento flexible (asfaltico) en un 90% quedando un 10% de pavimento rigido.

El principal problema que abarca la investigacion es que el pavimento flexible en la Avenida la Cultura Km 4+770 hasta 5+870 en el Distrito de San Sebastian que fue construido hace mas de 9 años y que en los primeros seis meses de puesto en funcionamiento comenzo a presentar deformaciones en varios tramos de la via y actualmente la cantidad de fallas tipo ahuellamiento en la AV. especificamente en el tramo de estudio es altamente pronunciada seguido por otro tipo de fallas que dificultan el transito vehicular ya sea la maniobrabilidad de los conductores y en ocasiones hasta accidentes de transito.

El cambio de clima extremo en la ciudad del Cusco varia durante la noche y el dia aumentando las exigencias del pavimento asfaltico y su mezcla en su diseño.

En ese sentido se pretende mejorar la respuesta mecánica de las mezclas asfálticas con la adición de un aditivo que lograra reducir las deformaciones generalizadas en toda la vía y mejorar el correcto tránsito vehicular.

La justificación de la investigación es en beneficio de toda la población ya que siendo una de las Avenidas más utilizadas por la ciudadanía es de gran importancia su conservación y serviciabilidad. A través de una adecuada vía los habitantes beneficiados tendrán una mejor calidad de vida, que mejorando el transporte, también mejorará el acceso que toda ciudad de gran empueradura debe tener. Es importante reducir el costo en el proceso constructivo, que viene siendo muy alto en la actualidad.

Por ello buscamos nuevas alternativas para conseguir pavimentos sostenibles.

La presente investigación pretende mejorar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas en caliente ante deformaciones con la adición del aditivo como es el vidrio borosilicato.

II. MARCO TEÓRICO.

Como **Antecedentes nacionales** tenemos a Melendrez (2020)“Efecto del vidrio molido reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera la soledad” el cual tiene como **objetivo** principal es realizar la investigación sobre el impacto del vidrio molido o triturado en la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente y utilizar agregados de la cantera Soledad. La **metodología** para el desarrollo de esta tesis es de tipo cuantitativa por su enfoque, transversal por su temporalidad, explicativo por el nivel de alcance que presenta, su tipo es básico por tener finalidad y laboratorio. Es una investigación experimental. De acuerdo a los **resultados** arrojados durante este proyecto de investigación, se puede decir que la hipótesis que fue planteada en el inicio del mismo que está establecida para el vidrio molido reciclado, se observa que a medida que se reemplaza el agregado fino por los diferentes porcentajes de vidrio molido, la estabilidad aumenta y se mantiene constante según el MTC y los parámetros establecidos.

Como **conclusiones** tenemos como primera conclusión que se evaluó de acuerdo al número de tamices que fueron establecidos en los datos de la norma (MTC E-204), las diferentes propiedades del análisis granulométrico de los dos agregados, grueso y fino que fue sacado de la cantera Soledad, se consiguió efectos satisfactorios para seguir con el diseño de mezcla en caliente. Como segunda conclusión se diseñó la mezcla asfáltica en caliente sin alterar, con los agregados de la cantera La Soledad con porcentajes de 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% y 7.5% de cemento asfáltico para lo cual se obtuvo como resultados de estabilidad de bajos de 991 kg, 1200 kg, 1181 kg, 1029kg, 1032 kg respectivamente, y para el flujo se resultó de 2.95 mm, 3.23 mm, 3.42 mm, 3.78 mm y 2.50 mm. Como tercera conclusión se diseñó la mezcla asfáltica en caliente

reemplazando el agregado fino con porcentajes de 10 %, 15 % y 20 % de vidrio molido reciclado obteniendo como resultado de estabilidad de 1154 kg, 1271 kg y 1141 kg y flujo de 2.95 mm, 3.20 mm y 3.46 mm, para posteriormente ensayar las briquetas por el método Marshall donde se pueden observar en los resultados que a medida que se reemplaza el agregado fino con el vidrio molido reciclado la estabilidad aumenta, llegando a concluir que el porcentaje más óptimo en nuestra investigación es de 14.8% de vidrio molido reciclado para tener una mejor estabilidad.

Como **segundo antecedente nacional** tenemos a Torres (2018)“Uso del vidrio reciclado en el diseño de Mezcla Asfáltica para la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa Margarita- Piura, 2018” el cual tiene como **objetivo** principal es la estimación de la utilización del vidrio reciclado para la realización del diseño de mezcla asfáltica. La **metodología** para el desarrollo de esta tesis se tuvo en cuenta que es de tipo exploratoria para ver el grado de impacto con el uso del vidrio reciclado y también es cuantitativa ya que observamos fórmulas para llegar a los objetivos de los ensayos. Los **resultados** arrojados dieron primeramente que se tomó en cuenta 5% de vidrio y se tomó resultados combinados de granulometría del agregado grueso (piedra chancada), y arena zarandeada con 38%, 35%, 22% respectivamente y 5% de vidrio molido. La estabilidad arrojó 1125 kg de promedio, el flujo arrojó un 3.58 mm, el porcentaje de vacíos con aire arrojó 4,9. **Como segundo resultado** Se tomó en cuenta 10% de vidrio y se tomó resultados combinados de granulometría del agregado grueso (piedra chancada), y arena zarandeada con 38%, 38%, 14% respectivamente y 10% de vidrio molido. La estabilidad arrojó 1280 kg de promedio, el flujo arrojó un 3.81 mm, el porcentaje de vacíos con aire arrojó 4,3. Como **conclusiones** tenemos **que** con la adición del vidrio molido al 5% y 10%, los resultados obtenidos cumplieron los requisitos mínimos del (MTC).

Como **tercer antecedente nacional** tenemos a Gutierrez (2018)“Asfaltos modificados con vidrio y su comparación técnico y económico con los asfaltos convencionales” en el cual se tiene como **objetivo general** es hallar técnicas y económicas entre los asfaltos alterados y los asfaltos convencionales. La **metodología** nos dice que el método principal de esta investigación fue el científico y como método específico se

utilizó el análisis -sintético y el tipo de investigación por su naturaleza del estudio fue aplicada. Su análisis es aplicado porque descubre estrategias que permiten conseguir un objetivo concreto, a razón de poder utilizarlo y resolver un problema específico. Los **resultados** arrojados dieron primeramente que la mejor opción es el asfalto convencional, si queremos mejorar las propiedades del asfalto para garantizar pavimentos duraderos, lo factible es aumentar el porcentaje de vidrio, lo cual nos da como resultado una mezcla asfáltica modificada con 2% de vidrio, debido a que disminuye la cantidad de los galones de pen a utilizar, a diferencia de 1% y 3% de vidrio que su valor en porcentaje de pen es de 6.1%. Como **conclusiones** tenemos primero que se tuvo en cuenta las diferencias técnicas y económicas que hay entre los asfaltos alterados o modificados con los asfaltos comunes. Es mucho más técnico trabajar con asfaltos alterados con vidrio que hacerlo con asfaltos convencionales pero que el asfalto modificado es ligeramente mayor al convencional. Como **segunda conclusión** nos dice que existen diferencias técnicas entre asfaltos modificados y convencionales y que el asfalto modificado es mejor según sus características técnicas que el asfalto convencional.

Como **cuarto antecedente** nacional tenemos a Gonzales (2019) "Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mejorada con fibra acrílica respecto a la mezcla asfáltica convencional" en el cual se tiene como **objetivo general** A fin agrandar la vida útil del asfalto es mejorar el comportamiento mecánico con la adición de fibra acrílica. La **metodología**, se tiene un tipo aplicada, ya que se debe mejorar el comportamiento mecánico cuando esta es adicionada con la fibra acrílica y que aumenta su duración. Debido a su comportamiento que se analizan con el ensayo Marshall tendrá un enfoque cuantitativo. Los **resultados** arrojados son, **primero** que de acuerdo al aumento de la fibra observamos que su estabilidad baja y también que en el momento que se utilizó un porcentaje de 0.3% de la fibra, esta es más cercana a la mezcla común, es por eso que sabemos que es la máxima cantidad que podemos utilizar para los ensayos. Como **segundo** resultado nos dice que la utilización del porcentaje como es el de 0.1% de fibra acrílica nos da resultados de más pequeños que el convencional y esto nos entrega un comportamiento positivo a deformaciones.

El tercer resultado nos explica que cuando adicionamos un porcentaje de 0.2% el flujo aumento más que el común y cuando el porcentaje es 0.15%, este es casi igual que el valor en la mezcla común. **El cuarto** resultado Cuando tenemos el porcentaje de fibra en 0.15% los rangos de estabilidad y de flujo son parecidos al de la mezcla convencional y en el caso que el porcentaje es de 0.1% de fibra, los valores son mas altos que la mezcla común. Como **conclusiones** tenemos **primero** que la mezcla asfáltica común se determinó el contenido optimo es 5.8% de asfalto y que en base a esto se realizaron los ensayos con fibra acrílica en los porcentajes de 0.1%, 0.15% y 0.2% y que estos a si vez dieron diferentes comportamientos y que comparando estos con las mezclas comunes con los parámetros respectivos se obtuvo que el porcentaje optimo es el de 0.1% de fibra acrílica. La **segunda** conclusión con la adición de la fibra acrílica la estabilidad de la mezcla es mayor 17%. El flujo es menor con la adición de esta fibra en un 4%

Como **quinto antecedente** nacional tenemos a Meza (2019)“Uso de la fibra de cabuya para el análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente – 2019” en el cual se tiene como **objetivo general** ya que se tiene que mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica tenemos analizar y estimar la adición de la fibra cabuya en el laboratorio. La **metodología** es de un enfoque cuantitativo y tiene como nivel exploratorio y también es de tipo experimental. Los **resultados** arrojados arrojaron **primero** que con la adición de 0.30% de fibra cabuya la estabilidad es menor y según el manual EG-2013 nuestro valor mínimo es 831.07 kg lo cual cumple según norma. **Segundo** que el flujo es mayor que el de la mezcla convencional y según el manual EG-2013 que dice que el valor de flujo es de 8-14 plg lo cual no llegó a cumplir con el valor de flujo de la norma. Si se aumenta los valores de porcentaje de la adición el flujo también aumenta. **Tercero** se Determinó que la estabilidad no se incrementa con la adición de la fibra cabuya. Con la mezcla convencional el valor de estabilidad es mayor, por lo tanto, mejor. Como **conclusiones** tenemos **Primero** que el comportamiento de la mezcla es alterado por la adición de la fibra negativamente, pero los dos tipos de mezcla cumplen con la norma del diseño de mezclas con relación estabilidad/flujo de 1700 a 4000 kg/cm. **Segundo** que de acuerdo

a los resultados con la adición de la fibra cabuya en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% la estabilidad es menor y que su relación es inversa. A más porcentaje de fibra disminuye la estabilidad. Lo máximo que puede aceptar en porcentaje de fibra es de 0.5%. **Tercero** que de acuerdo a los resultados con la adición de la fibra cabuya en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% el flujo es mayor y que su relación es directa. A más porcentaje de fibra, mayor es la estabilidad. Lo máximo que puede aceptar en porcentaje de fibra es de 0.5%.

Como **primer antecedente internacional** tenemos, (Ecuador) Freire (2018)“Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación” en el cual se tiene como **objetivo general** el cual es usar el vidrio en estado molido en las mezclas asfálticas, con la razón de mitigar la contaminación. La **metodología** de investigación comprende desde las características de los materiales, su diseño y además el estudio de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas con vidrio molido, los **resultados** arrojados dieron que con los resultados que se obtuvieron y los contrastes realizados se dedujo que el porcentaje de vidrio óptimo fue 3% ya que llega a cumplir con todas sus especificaciones. Como **conclusiones** tenemos **primero** que cuando se aumenta el vidrio molido en los porcentajes de 3 y 6, sus resultados variaron notablemente, y que al seguir aumentando aún más el porcentaje sus variaciones no cambiaron y fue constante. Al realizar la comparación entre la mezcla convencional y la adicionada con vidrio se vio una mejora en estabilidad y flujo mejorando al igual que el VAF Cuando realizaron un análisis de comparación entre la mezcla sin alterar y la que tiene vidrio molido, en el cual dio como resultados y podemos ver que la estabilidad y el flujo tienen mejores características al igual que el VAF, sin embargo, el porcentaje de vacíos llegó a aumentar demasiado que sobrepasó el 5% a un 15% de vidrio con 7.31% de vacíos. Como **segunda** conclusión, se tuvo el óptimo porcentaje a 12%, cumpliendo con la estabilidad, el flujo y el porcentaje de vacíos y si se retirara el agregado fino se podría aumentar el vidrio molido y esto evitaría que la mezcla se convierta rígida. Como **tercera** conclusión Se realizó un análisis de precios unitarios de la mezcla original con respecto a la que esta alterada y con un aumento de vidrio

también aumenta el valor de la mezcla con una relación proporcional, pero la cual tiene un aumento mínimo de 0,02% por metro cubico con diferencia a la mezcla original.

Como **segundo antecedente internacional** tenemos a Bonilla (2018)“Modificación de mezclas asfálticas mediante fibras de vidrio listas para instalar” el cual cuenta como **objetivo general** es diseñar una mezcla asfáltica EZ Street Asphalt modificada con fibras de vidrio lista para instalar. La **metodología** en la cual es de tipo exploratoria en la cual se modificará la mezcla asfáltica EZ Street Asphalt y se analizará su comportamiento en laboratorio. Los **resultados** arrojados dieron **primeramente** que el incremento del comportamiento de la estabilidad es mínimo con porcentajes de 0.75 y 0.85% de fibra de vidrio y a medida que se sigue incrementando no hay aumento a los anteriores resultados lo cual quiere decir que las condiciones de diseño no cumplen. **Segundo** que en el caso de la densidad esta disminuye en al momento que se adiciona la fibra lo cual indica que no cumple y no hay mejora en los resultados obtenidos. **Tercero** que la deformación (flujo) de las muestras adicionándole fibra de vidrio se puede ver que varía desde el comienzo y aumenta conforme a la modificación con fibra. Como **conclusiones** tenemos **primero** que cuando adicionaron los porcentajes de fibra de vidrio se observó ligeros aumentos que no tienen incidencia y al final reducen la resistencia al mayor flujo. **Segundo** que en relación a la densidad tenemos que la fibra no llena los vacíos y esto causa que el asfalto se desborde en pedazos. **Tercero que** no encontramos un buen comportamiento en relación a la estabilidad con la adición de fibra de vidrio.

Como **tercer antecedente internacional** tenemos a Toapanta(2019)“Utilización de vidrio pulverizado y material pétreo de la cantera de Guayllabamba en el mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con asfalto AC-20, mediante la metodología superpave” el cual cuenta como **objetivo general** es realizara el diseño de la mezcla de asfalto en caliente con la adición del vidrio pulverizado de la cantera de Guayllabamba y asi también con el asfalto AC-20. La **metodología** que tenemos aquí es exploratoria y experimental con el ensayo de laboratorio de SUPERPAVE. Los **resultados** arrojados dieron **primeramente** teniendo un contenido de asfalto de 7.3% y además la adición de vidrio molido en el cual es difícil tomar valores únicos y por esto

se realiza la dependencia y se obtuvo un 4% de vacíos de aire y un como óptimo un 30% de vidrio molido. Como **conclusiones** tenemos **primero** el cambio de 30% de vidrio por el agregado fino y 7.3% de cantidad de asfalto, cumplen con los parámetros establecidos en las normas ASTM y AASHTO.

Como **cuarto antecedente internacional** tenemos, Gómez (2019)“Propiedades mecánicas de un concreto asfáltico, modificado con residuos de vidrio templado y cal, comparado con una mezcla de diseño tradicional” en el cual se tiene como **objetivo general** con los residuos de vidrio templado y cal, comparar las propiedades mecánicas de un concreto asfáltico modificado. La **metodología** de dicha investigación abarca un desarrollo experimental, los **resultados** arrojados dieron. **Primero** que el porcentaje de vacíos con el cemento asfáltico más óptimo esta entre 4,45 a 5% y con el vidrio y cal que modificaron la mezcla el porcentaje óptimo es 4,4 a 5,25%. **Segundo** que tenemos como valor mínimo de estabilidad a 1200 lbf (544.31 kgf) y su resultado está dentro de las especificaciones teniendo como máxima estabilidad en la mezcla tradicional 5% y en la mezcla que es modificada con vidrio y cal es de 4,5% y se encuentran dentro del ligante óptimo. **Tercero** que el caso del flujo de las dos mezclas el cambio de la deformación es por la cantidad de cemento asfáltico finos que presentan y es considerablemente alta en la mezcla asfáltica Como **conclusiones** tenemos **primeramente** que los porcentajes de vacíos, así como la estabilidad y flujo cumplen con los parámetros que establece la norma ASTM D 1559 pero existen variaciones en la deformación debido a que la mezcla se relaciona directamente con la proporción de asfalto y agregados finos y esto por la adición de vidrio y cal hidratada . **Segundo** que en la mezcla modificada hay una reducción del porcentaje de vacíos y la densidad que es causa del vidrio templado y cal hidratada ya que sus pesos volumétricos son menores a los de los agregados finos.

Los Pavimentos, son estructuras de varias capas que son construidas encima de la sub rasante para soportar y distribuir diferentes cargas que son generadas por vehículos y así lograr mejorar las diferentes condiciones de seguridad y confort para un correcto tránsito. Específicamente **el pavimento flexible** es una estructura que está compuesta por capas granulares las cuales son sub base y base, además de una capa

de rodadura, un material bituminoso, agregados y de ser el caso aditivo siendo considerado capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares. MTC (2014).

Fallas en pavimento flexible, las fallas más comunes en el pavimento como es la falla por fatiga que se ocasiona por la repetición de cargas y la magnitud de la deformación en la capa del pavimento.

De igual forma la deformación que el pavimento sufre cuando los vehículos transitan se recuperan por su elasticidad, pero esta no es total quedando remanentes los cuales conducen a una deformación permanente y plástica.

El Asfalto, es un producto de la destilación del petróleo crudo que se encuentra a una temperatura ambiente con una baja proporción de productos volátiles y propiedades aglomerantes.

Análisis Granulométrico, Su aplicación sirve para determinar la gradación de materiales para el uso de agregados. MTC/14 (2017).

Peso específico de Agregados, relación que hay del peso de partículas del agregado en un volumen igual de agua libre de aire. Es un indicador de calidad, es decir que a mayores valores tiene materiales de buen comportamiento y viceversa Huapaya (1996).

Absorción, es la capacidad de admitir y sostener agua en los espacios vacíos dentro de los poros de partículas.

Mezclas asfálticas en Caliente, es la unión de agregados que son escogidos de manera uniforme y que se les cubre con Cemento de asfalto con diferentes características.

Sus propiedades son, la estabilidad en el cual el pavimento resiste las cargas inducidas por el tránsito que producen deformaciones

La Durabilidad, es la cualidad para resistir factores como descomposición de agregados, por el tránsito y el clima existe cambios en sus propiedades del asfalto cambios en las propiedades del asfalto a consecuencia de tránsito y el clima.

Impermeabilidad, Capacidad del material para resistir el paso de aire y agua.

Trabajabilidad, es la simpleza que tiene el pavimento para que pueda colocarse y compactarse.

Flexibilidad, es la capacidad para adaptarse a desplazamientos de la base y subrasante.

Penetración del asfalto, es un ensayo que permite hallar la dureza, mediante la penetración de un material asfáltico, para los valores altos de penetración se indican consistencias más blandas y valores más bajos se indican consistencias más duras.

El comportamiento mecánico del pavimento flexible, está definido por valores de estabilidad y deformación. (Algunos investigadores lo denominan rigidez Marshall). Las mezclas asfálticas más utilizadas en Perú son el PEN 60-70 (MAC 2). Por otro lado, una de la parte fundamental del procedimiento Marshall es la densidad e Índice de Vacíos que está relacionado directamente con la permeabilidad de la mezcla compactada.

El Vidrio borosilicato, es un material inorgánico Según Ambiente (2000)“Está compuesto ante todo por sílice entre 70 y 80 % y óxido bórico entre 7 y 13% con diminutas porciones de álcalis (como son los óxidos de sodio y también de potasio) y además del óxido de aluminio. La resistencia más característica es hacia los choques de temperatura”. (p.07).

Materiales Pétreos, para una mezcla de asfáltica actúan dos materiales importantes , los cuales son el asfalto y los agregados pétreos, los que determinan el peso a 90 y 95 % y además un volumen del 75 y 85 % son los agregados; la calidad de estos materiales son base para la mezcla asfáltica optima, así como también la capacidad de carga de la carpeta, para esto necesitamos una adecuada selección para la elaboración de la mezcla asfáltica, esencialmente cuando se ve la granulometría y su distribución. Es necesario tener un control adecuado por que el cambio mínimo en el porcentaje de agregado puede causar cambios notables en las propiedades la mezcla fabricada, el control tiene que ser eficiente y puede contener: un control de calidad del

agregado que se elabora en la planta que tritura, acumulación de agregados y alimentación en frío. (MTC, 2016)

Origen de los Agregados, son provenientes de rocas que pueden ser sedimentarias, metamórficas o ígneas.

➤ Sedimentarias: Son formadas por acopio de sedimentos conforme entra el agua en su interior. Su origen de las gravas, arcillas y areniscas son minerales; de remanentes de productos orgánicos, como calizas y carbones, el yeso y la sal; son producto de una reacción química o cuando se combinan estos diferentes tipos de materiales.

➤ Rocas ígneas: Son provenientes del material que se funde, es decir del magma, proveniente de los volcanes que enfrió y endureció.

➤ Rocas metamórficas: Derivan de las rocas ígneas o sedimentarias alteradas.(MTC, 2016)

Mezcla Asfáltica, según Asphalt Institute (2012) se denominan a las mezclas de asfalto como aglomerados, se conforman por agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato. Estas mezclas son utilizadas para proyectos de construcción como: carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales y otros.

Dentro de su composición se tiene:

- Agregados pétreos en finos y gruesos a 90%
- 5% de filler polvo mineral fino
- Ligante de asfalto al 5%

El ligante de asfalto y el polvo mineral determinar la calidad y el costo del pavimento.
(pág. 22)

Características y comportamiento de la Mezcla Asfáltica, Según Asphalt Institute (2012) se puede diseñar un espécimen o muestra para hallar el desempeño correspondiente a la estructura del pavimento, por lo cual este análisis está enfocado

hacia las características de la mezcla y influencia que estas tienen en el comportamiento de la mezcla, siendo estas las siguientes:

- Densidad de la mezcla
- Vacíos de aire
- Vacías en el agregado mineral
- Contenido de asfalto

➤ Vacíos de Aire: son espacios muy pequeños de aire o bolsas de aire que están entremezclados con los agregados y la mezcla final compactada. Por otro lado, es necesario que las mezclas asfálticas tengan cierto porcentaje de vacíos permitiéndoles ser compactados adicionalmente bajo el tráfico permitiéndose espacios donde pueda fluir el asfalto durante esta compactación adicional. El porcentaje de vacíos dentro de laboratorio es del 3% al 5%. La durabilidad del pavimento está en función del contenido de vacíos de este mismo, si la cantidad de vacíos es menos, la permeabilidad de la mezcla también será menor.

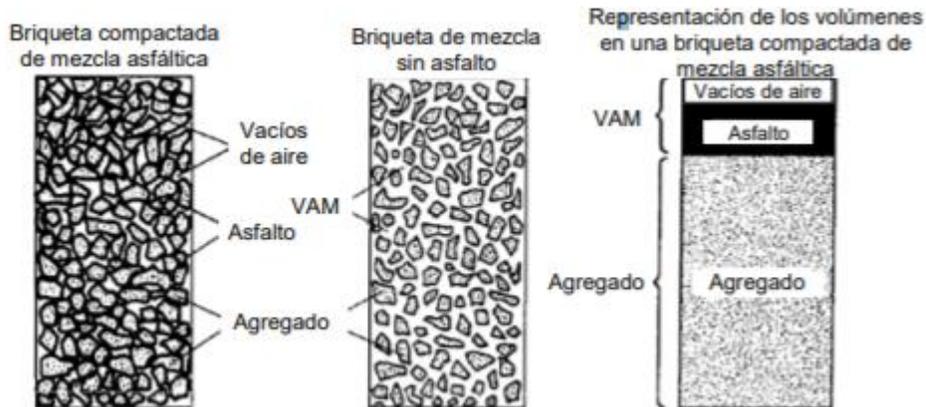
➤ Vacíos en el Agregado Mineral: son aquellos vacíos o espacios de aire que se encuentran en las partículas de los agregados o en una mezcla en compactación cuando se pavimenta, inclusive cuando están contenidos con asfalto. El VAM es el espacio disponible para que el volumen efectivo de asfalto se acomode entre los volúmenes de vacíos necesario en la mezcla, si el VAM es mayor, se tendrá más espacio disponible para las demás películas de asfalto.

Por lo cual la durabilidad de la mezcla depende de cuánto más gruesa es la película de asfalto que llena las partículas de agregado.

En la figura 1 se muestra el concepto de VAM. Se debe obtener valores mínimos del VAM para que la mezcla sea durable. Por otro lado, si existiera un incremento en la densidad de la gradación del agregado, hasta obtener valores de VAM por debajo del mínimo especificado, podría resultar en películas delgadas de asfalto y en mezclas de

baja durabilidad por lo cual es perjudicial disminuir la cantidad del VAM para la mezcla asfáltica. (Asphalt Institute, 2012)

Figura 1 VAM o VMA en una mezcla compactada



Fuente: Serie de manuales, No22, MS-22, Instituto del Asfalto

➤ Contenido de Asfalto

La proporción de asfalto en una mezcla es de mucha importancia determinarla en laboratorio y así mismo realizar su control en obra.

El contenido del asfalto que se encuentra en una mezcla necesita de la granulometría y capacidad de absorción del asfalto. Las mezclas más grandes requieren menos asfalto porque su área superficial total es menor. La proporción entre el área superficial del agregado y el contenido óptimo de asfalto es más notoria cuando hay relleno mineral (Asphalt Institute, 2012)

La clasificación de mezclas asfálticas, en las cuales existen las siguientes

➤ Fracciones de agregado pétreo:

a) Masilla asfáltica: Polvo mineral más cemento asfáltico.

b) Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla.

c) Concreto asfáltico: El cual contiene agregado grueso, fino, polvo mineral y cemento asfáltico.

d) Macadam asfáltico: es una carpeta de asfalto que se compone de capas consecutivas de piedras más pequeñas de abajo hacia arriba, que son angulosas y limpias.

➤ Por la Temperatura de puesta en obra.

a) Mezclas asfálticas: La compactación y mezcla del concreto asfáltico en planta, se compone por agregados graduados y asfalto, fabricado a una temperatura aproximada de 150°C.

b) Mezclas asfálticas en Frío: contiene un ligante que suele ser una emulsión asfáltica la puesta en obra se realizara a T° ambiente.

c) Mezclas asfálticas Tibias: estas mezclas son aquellas que se producen a temperaturas menores entre 100°C y 135°C.

➤ Por la proporción de Vacíos en la mezcla asfáltica. Este parámetro es imprescindible para evitar alteraciones plásticas debido al paso de las cargas y de las variaciones de temperatura.

➤ Por el Tamaño máximo del agregado pétreo.

a) Mezclas Gruesas: tamaño máximo del agregado excede los 10 mm.

b) Mezclas Finas: son aquellas formadas básicamente por un agregado fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico.

➤ Por la Estructura del agregado pétreo.

a) Mezclas con Esqueleto mineral: son aquellas que tienen un esqueleto mineral resistente, tienen una resistencia al rozamiento interno bastante considerable.

b) Mezclas sin Esqueleto mineral: son aquellas que no poseen un esqueleto mineral resistente debido a que su resistencia es por la cohesión de la masilla.

➤ Por la Granulometría.

- a) Mezclas Continuas: es una cantidad muy distribuida y bien granulometría de los agregados pétreos.
- b) Mezclas Discontinuas: Una cantidad muy limitada de tamaños. (Asphalt Institute, 2012)

Desarrollo y Aplicación del Método Marshall, Según Asphalt Institute (2012) establecidos por Bruce Marshall para diseñar mezclas en pavimento. Debido a extensas investigaciones y estudios realizados por los Ingenieros del Ejército de EE.UU. mejoraron y además aumentaron diferentes clases de elementos a todo el procedimiento del ensayo y se designaron diferentes criterios al diseño. Podemos encontrar el procedimiento en las normas ASTM D 1559, los cuales hablan de la resistencia al flujo plástico de mezclas de asfalto con la denominada prueba Marshall. Nos basamos directamente en los procedimientos del ASTM los cuales son casi idénticos. El método Marshall como característica principal que sus agregados son máximo el tamaño de 25 mm o menor. Si tenemos tamaños de hasta 38 mm tendrá que ser un Marshall modificado.

El procedimiento es de la siguiente manera:

- a) Los materiales a ser utilizados deben de ser con especificaciones físicos-mecánicas según su requerimiento.
- b) Se tiene que cumplir con especificaciones con combinaciones de mezcla de agregados.
- c) Para realizar el análisis de la densidad y vacíos

Primeramente, se analizará la gravedad específica de los agregados que se van a usar y la gravedad específica del cemento de asfalto.

El método Marshall utiliza:

- Probetas de ensayo estándar de 64 mm (2- 1/2 pulgada.) de alto x 102 mm (4 pulgadas.) de diámetro.

➤ Preparación de muestras de ensayo

Es recomendable preparar una cantidad de probetas del ensayo y así obtener una diversidad de contenidos de asfaltos, de modo que las curvas de los resultados sean bien definidas en todos sus resultados.

Los ensayos para cambios en porcentajes de asfalto deben variar a $\frac{1}{2}$ porcentaje progresivamente con al menos 2 contenidos de asfalto que sean mayores del valor que se espera y dos de igual forma por debajo.

➤ Equipos para preparar de las probetas de ensayo necesitamos.

1. Fuentes metálicas.
2. Cubetas metálicas redondas.
3. Horno y Plancha de Calentamiento.
4. Cuchara para dosificación de agregados.
5. Recipientes
6. Termómetros: de vidrio o tipo dial con eje de metal, desde 10°C (50° F) a 235°C (450° F).
7. Balanzas: con capacidad de 5 kg sensible a 1 gramo.
8. Cucharón.
9. Espátula grande.
10. Mezcladora mecánica (opcional)
11. Pedestal de compactación.
12. Molde de compactación
13. Martillo de compactación
14. Sujetador para el molde
15. Guantes de soldar para el manejo del equipo a altas temperaturas. Guantes de hule que servirán para sumergir las probetas.

➤ Pasos para la elaboración de probetas de ensayo.

a) Cantidad de Probetas: se debe de preparar al menos 03 muestras.

b) Preparación de los agregados: deberán ser secados a una masa y temperatura de entre 105°C y 110°C (221°F y 230°F)

c) análisis de las temperaturas que tendrá la mezcla y además de la compactación: la temperatura adecuada para que se logre una viscosidad 170 ± 20 centistokes.

Para la compactación la temperatura debe de producir una viscosidad de $280 + 30$ centistokes. Se utiliza la gráfica que nos indique la conexión entre la viscosidad (tabla de viscosidad en centistokes) versus la temperatura (escala Rankine $^{\circ}R = ^{\circ}R + 459.7$) con respecto al cemento de asfalto empleado.

d) Preparación del molde y martillo: Se limpiará muy bien todo el conjunto del molde y además la placa del martillo para la compactación y luego se calentará en un baño de agua a una temperatura que va de 95°C y 150°C (200° F y 300° F). Se colocará un pedazo de papel filtro que será cortado con un porte adecuado en el interior del molde antes de la colocación de la mezcla.

e) Preparación de mezclas: Se separa en envases cada parte de la muestra, se coloca cada una de las porciones de agregados que se necesiten para lograr una dosificación llenando la compactación de la muestra de $63.5 + 1.27$ mm (2.5 ± 0.05 in.) de alto. Aproximadamente de 1.2 kilogramos (2.7 lb.). Como contención se prevee preparar una muestra anterior para así tener los límites de colocación de la muestra para la compactación adecuada con la cantidad de agregados de la siguiente manera

Teniendo Unidades del Sistema Internacional (SI): 63.6 (conteo de agregados utilizada) Masa ajustada de agregados = altura obtenida de la muestra (mm) Unidades tradicionales de EEUU: 2.5 Peso ajustado de agregados = altura obtenida de la muestra (plg.) Se pondrá los envases en una plancha caliente o en un horno a temperaturas que no pasen los 28°C (50°F) por arriba de la temperatura de mezcla. Se cargará el envase de la mezcla con los diferentes agregados calientes y se seque la mezcla en su totalidad. Formar un hoyo en el agregado ya mezclado y coloque la cuantía necesaria de cemento asfáltico conforme a los pesos adecuados a la medición. Los límites en temperatura deben estar en este punto ya adecuados. El aglomerante asfáltico no debe estar a temperaturas de mezclado más de 60 min antes que se

emplee. De manera mecánica o a mano con una pala se mesclará los agregados y el aglomerante de manera rápida logrando una mezcla uniforme.

f) Embalado del molde: Después de poner toda la mezcla en el molde, se golpeará con una pala o espátula 15 veces por los lados y 10 veces en el interior. Se alisa al final llegando a tener forma circular.

Si la muestra no se encuentra en los límites adecuados en temperatura antes de la compactación, este debe ser excluid. Está prohibido calentar nuevamente la mezcla

g) Compactación de la muestra: en la superficie de la mezcla poner adecuadamente un papel filtro y luego las piezas del molde sobre el pedestal donde se compactará. Como especificación en la condición de transito de diseño se aplicará 35, 50 o 75 golpes con el martillo Marshall con una caída de 18 plg. El martillo deberá estar totalmente recto con todo el molde durante todo el número de golpes especificado. Se quita la placa base y el collar, póngalos en los extremos contrarios del molde y vuelva colocar el molde. Realice la misma cantidad de golpes en la otra cara de la probeta. Al terminar la compactación, quite los discos con papel y la placa base, esperamos que la muestra se enfríe sin tocarla evitando que esta se deforme cuando se saque el molde. Si queremos que la muestra enfríe mas rápido podemos utilizar ventiladores eléctricos, en ningún caso se debe agregar agua, a no ser que este envuelto en una bolsa plástica. Con una herramienta para extruir u otro dispositivo, retirar la muestra del molde y ponerla en una superficie plana y nivelada hasta que este preprada para los diferentes ensayos posteriores. Lo normal es que las muestras enfríen toda una noche

➤ Procedimiento de ensayo Las muestras serán sujetas a varios ensayos en un orden establecido a continuación:

- Análisis de Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Bulk)
- Ensayo de Estabilidad y Flujo
- Análisis de Densidad y Vacíos

➤ Equipos necesarios para probetas de 102 mm (4 plg.) de diámetro x 64 mm (2 ½ plg.) de alto son:

a) La Prensa de ensayo Marshall, un equipo de ensayo por compresión. Por medio de cabezas circulares su diseño tiene la función de aplicar fuerza a las probetas de ensayo dentro de un radio de curvatura de 51 mm (2 plg.) a una tasa constante de tensión vertical de 51 mm (2 plg.) por minuto. Para su movimiento en forma vertical tiene bases perpendiculares y que a su vez no permita el desplazamiento horizontal en peno ensayo. Cuenta con un anillo dinamométrico para el cual se obtendrá la carga establecida del ensayo, se tiene dos medidores Marshall, uno para la estabilidad y el otro para el flujo que calcula la tensión aplicada por la máxima carga. Es factible la utilización de una maquina universal que tendrá que ser equipada con los esfuerzos establecidos y equipos que indiquen la deformación.

b) Depósito de agua, de 150 mm. (6 plg.) de fondo y controlado termostáticamente a 60°C + 1°C (140°F + 1.8°F). Para soportar las probetas por lo menos a 50 mm (2 in.) El deposito tendrá que tener una falsa fosa perforada o estar abastecido con un estante sobre la profundidad del tanque.

➤ Determinación de Densidad Relativa Aparente. Cuando las probetas se encuentren recientemente compactadas y estén frías a una temperatura ambiente se comenzará con dicho ensayo. Utilizaremos ASTM D 2726, Densidad Relativa Aparente de Mezclas Bituminosas Compactadas Empleando Muestras Saturadas de Superficie Seca o el ASTM D 1188, Densidad Relativa Aparente de Mezclas Bituminosas Compactadas Empleando Muestras Recubiertas de Parafina.

➤ Ensayos de Estabilidad y Fluencia, los cuales son posteriores a la determinación de la densidad relativa.

a) Se sumerge la probeta en el baño de agua a 60°C + 1°C (140°F + 1.8°F) por 30 a 40 minutos.

b) Si no se cuenta con el equipo de registro automatico, se coloque el medidor de flujo en cero metiendo un cilindro metalico de 101.6 mm (4 plg.) de diámetro en el cabezal

y poner el medidor de flujo sobre la barra guía, estableciendo así el medidor de flujo para que lea “cero”.

Debe utilizarse en el ensayo de las probetas el mismo conjunto de cabezal de ensayo y medidor de flujo. Las muestras deberán ser de 101.6 ± 0.25 mm (4.00 in. \pm 0.01 in.); y si no es así se necesitará las lecturas inicial y final del medidor de flujo para tener el valor de flujo.

c) Se limpia totalmente toda la superficie del cabezal. Su temperatura tendrá que mantenerse entre 21.1° a 37.8°C (70° a 100°F) se utilizara baños de agua cuando se necesite. Engrasar las barras guía con aceite para el desliz sin que se aglutine. Si es que se utilizó un anillo dinamométrico, se tiene que revisar su indicador dial, que esté fuertemente sujetado y en número cero en una postura sin carga.

d) Cuando el equipo de ensayo se encuentre listo, de vueltas a la probeta del baño de agua y secar con mucho cuidado su superficie. Se pondrá la probeta en el cabezal inferior y ponerlo bien centrado; lo mismo con el cabezal superior, centrándolo también en el equipo de carga. Poner el medidor de flujo de igual forma como nos menciona en el insiso (b) visto anteriormente.

e) Utilizando una tasa de deformación constante, colocamos la carga de prueba a la probeta de 51 mm (2 plg.) esto por minuto hasta que suceda la rotura. El punto de rotura de acuerdo a la lectura es la máxima carga aplicada. El total de Newtons (lb) que es necesitado para que produzca la rotura de la probeta viene a ser registrado como la estimación de estabilidad de la prensa Marshall.

f) El procedimiento total en tiempo estimado para medir la estabilidad y el flujo que comienza cuando se saca las probetas del baño de agua, tiene que ser máximo en 30 segundos de periodo.

➤ Con una serie de probetas de ensayos determinamos la densidad y los vacíos, cuando terminemos con el ensayo de estabilidad y flujo.

a) Determinamos la densidad relativa promedio para todas las probetas con los diferentes contenidos de asfalto. No incluir muestras erradas de ninguna manera

deben estar incluidos en el promedio. Necesitamos estos valores de densidad relativa ya que los utilizaremos en el cálculo de vacíos más adelante.

b) Al multiplicar el resultado de la densidad relativa aparente y la densidad del agua [1,000 kg/m³ (62.4 por pie cúbico)]. Halle el promedio de peso para cada cantidad de asfalto.

c) Determinamos la densidad máxima teórica (ASTM D2041) para dos contenidos de asfalto mínimamente, de preferencia en las muestras que tengan la cantidad de asfalto del diseño. Con estos valores determinamos el promedio de la densidad relativa de todos los agregados. A diferentes contenidos de asfalto estos valores nos sirven para tener la densidad relativa máxima.

d) Con todos los datos previstos anteriormente calcularemos el porcentaje de asfalto absorbido por el peso del agregado seco, el porcentaje de vacíos de aire (V_a), el porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA) y el porcentaje de vacíos en agregados minerales (VAM).

Tendencias y relaciones de los datos de ensayo, con las curvas de las propiedades de cada ensayo obtenemos susceptibilidad de la mezcla a la cantidad de asfalto. Las curvas generadas casi siempre son consistentes para as mezclas bien gradadas, aunque se presentan en ocasiones variación. Lo normal que se observa es:

a) Cuando la estabilidad se incrementa, esta es proporcional al incremento de asfalto hasta llegar a un máximo, luego la estabilidad va reduciéndose poco a poco.

Figura 2 Estabilidad vs Contenido de Asfalto



Fuente: Serie de manuales, No. 80, MS-22 versión español

b) En el caso del flujo, su valor aumenta de igual forma y constantemente con el aumento de contenido de asfalto.

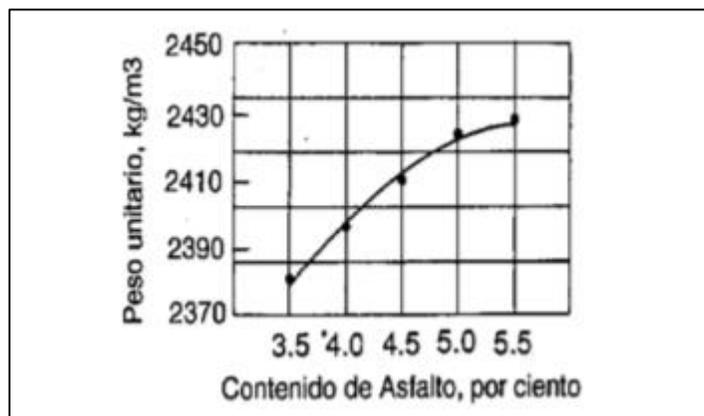
Figura 3 Fluencia vs Contenido de Asfalto



Fuente: Serie de manuales, No. 80, MS-22 versión español

c) Para el peso de la mezcla, su curva de igual forma viene en aumento como la estabilidad, sin tener un máximo de unidad de peso siendo en algunas ocasiones su contenido de asfalto más alto que el de la estabilidad a nivel máximo.

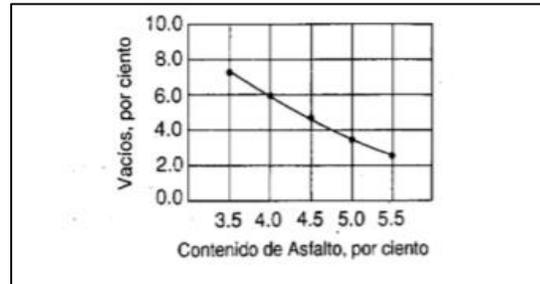
Figura 4 Peso unitario vs Contenido de Asfalto



Fuente: Serie de manuales, No. 80, MS-22 versión español

d) El % de vacíos de aire (V_a) va siendo menor de manera constante con el aumento del cemento de asfalto, comprobando así que se llena los vacíos con asfalto y su porcentaje va reduciendo.

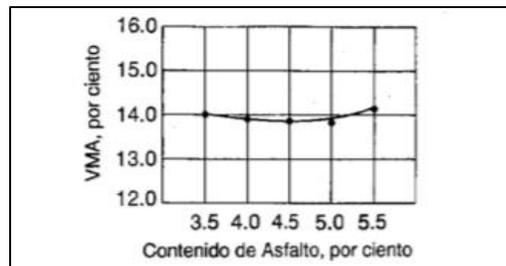
Figura 5 Vacíos de aire vs contenido de asfalto



Fuente: Serie de manuales, No. 80, MS-22 versión español

e) En aumento de cemento asfáltico, los % de vacíos en los agregados minerales (VAM o VMA) primero se reducen y luego aumentan

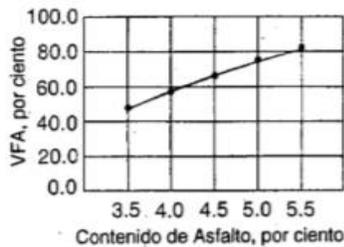
Figura 6 VAM vs Contenido de Asfalto



Fuente: Serie de manuales, No. 80, MS-22 versión español

f) El % de vacíos colmados con asfalto (VFA) va en aumento progresivamente con el asfalto, esto ocurre porque los VMA se llenan con el asfalto.

Figura 7 VFA vs Contenido de Asfalto



Fuente: Serie de manuales, No. 80, MS-22 versión español

Determinación Preliminar de Contenido de Asfalto del Diseño, la cantidad de asfalto que tiene una mezcla asfáltica para la pavimentación, se determina teniendo en cuenta todo el procedimiento que se mencionaron antes. Como menciona el Instituto de Asfalto se debe tomar un contenido de asfalto de término medio de los límites de porcentaje de vacíos que viene a ser un aproximado de 4 %. Se evaluará y comparará. Para tener la cantidad de asfalto preliminar se deben cumplir estos criterios. En caso no se cumplieran se deberán hacer ajustes o volver a diseñar la mezcla.

Figura 8 Criterios de Diseños de Mezcla Marshall

Criterios de Mezcla del Método	Tráfico ligero Superficie y Base		Tráfico medio Superficie y Base		Tráfico pesado Superficie y Base	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Compactación, número de golpes en cada lado de la muestra	35		50		75	
Estabilidad, N (lb.)	3336 (750)	---	5338 (1200)	---	8006 (1800)	---
Flujo, 0.25	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de Vacíos de Aire	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en agregados minerales (VMA)	Ver Tabla 5.3					
Porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

NOTAS

1. Todos los criterios deben tomarse en cuenta para el diseño de una mezcla asfáltica de pavimentación, no solo el valor de estabilidad. Las bases de mezclas asfálticas en caliente que no cumplen con estos criterios cuando se ensayan a 60°C (140°F) son satisfactorias si cumplen los criterios cuando se ensayan a 38°C (100°F) y se colocan a 100 mm (4 in.) o más bajo la superficie. Esta recomendación aplica solo a las regiones que tienen un rango de condiciones climáticas similares a las que prevalecen en la mayoría de los Estados Unidos. En regiones que tienen condiciones climáticas más extremas se puede considerar el uso de una temperatura distinta de ensayo que sea más baja.
2. Clasificaciones de tráfico
 - Ligero Condiciones de tráfico que resultan en un EAL de diseño <10⁴
 - Medio Condiciones de tráfico que resultan en un EAL de diseño entre 10⁴ y 10⁶
 - Pesado Condiciones de tráfico que resultan en un EAL de diseño > 10⁶
3. La fuerza de compactación en laboratorio debe aproximarse mucho a la máxima densidad obtenida en pavimento bajo tráfico.
4. El valor de flujo se refiere al punto en el que la carga comienza a reducirse.
5. Al calcular los porcentajes de vacíos de aire se debe tomar en cuenta la porción de cemento asfáltico que se pierde por absorción hacia las partículas de los agregados.
6. El porcentaje de vacíos en los agregados minerales se debe calcular en base la densidad relativa aparente ASTM para el agregado.

Fuente: Serie de manuales, No. 80, MS-22 versión español

III. METODOLOGÍA.

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Método: Científico.

Según el Borja (2012)“el método científico es el método que se sigue para responder las interrogantes de investigación que ocurren sobre diversos fenómenos que se muestran en la naturaleza y sobre las dificultades que alteran a la sociedad”(p.08).

La investigación iniciará con la observación del pavimento flexible, sus comportamientos mecánicos como estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos mediante pruebas de laboratorio en varias muestras.

En concordancia con estas consideraciones, se aplicará el método científico.

3.1.2. Tipo: Aplicada

Según Carrasco (2005)“esta investigación se diferencia por tener propósitos prácticos inmediatos, bien definidos, es decir se investiga para producir, modificar, transformar cambios en un determinado lugar de la realidad” (pág. 43)

Se realizará la estabilidad, fluencia, deformación y porcentaje de vacíos para determinar la influencia de la adición de vidrio borosilicato en mezclas asfálticas.

La clasificación de esta investigación es de tipo aplicada.

3.1.3. Nivel: Correlacional

Según Hernandez (2014)“tienen como fin conocer la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular”(p. 105).

Este nivel de investigación es de tipo correlacional porque recopilara datos y características de las mezclas asfálticas adicionado con aditivo vidrio borosilicato.

Bajo este análisis la investigación corresponde al nivel explicativo.

3.1.4. Diseño: Experimental.

Según Muñoz (2011) el objetivo es propagar un fenómeno dentro de un lugar específico de pruebas e ir cambiando diferentes elementos para ver qué sucede con dicho fenómeno. Claro que todo esto se realiza mediante un método formal de investigación con manipulación de variables experimentales en situaciones severamente controladas para así simular las posibles condiciones a las que se hace frente el objeto de estudio. (p. 23).

Es experimental conformado por el ensayo de las mezclas asfálticas modificadas con vidrio borosilicato en el que se realizara los ensayos, manipulando variables.

Según este análisis el diseño a aplicar en la investigación será diseño experimental.

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

3.2.1. Variable 1: Evaluación de la Deformación de Pavimentos Asfálticos

Definición conceptual.

Las deformaciones de pavimentos son cambios en el tamaño y forma tras haberle aplicado cargas por el tránsito de vehículos. La deformación puede ser resiliente es decir que se recupera, o permanente o sea plástica.

Definición Operacional.

Para la obtención de esta variable se determinará su comportamiento mediante el ensayo Marshall.

3.2.2. Variable 2: Comportamiento Mecánico de mezclas asfálticas

Definición conceptual.

El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica está ligado a esfuerzos por tracción es por ello es necesario analizar la estabilidad y flujo que estas presentan.

Definición Operacional.

Para determinar las características de la mezcla optimizada será necesario evaluar sus propiedades mecánicas mediante el ensayo Marshall.

3.2.3. Variable 3: Envejecimiento por Oxidación

Definición conceptual.

Es un fenómeno por el cual se encuentra reacciones químicas entre el oxígeno a través de los huecos.

Definición Operacional.

Para la obtención de esta variable se determinará el porcentaje de vacíos en mezclas asfálticas en caliente compactadas.

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. Población.

Según ICART(2006) “Considera que es un conjunto de individuos con algunas características y propiedades que son las que se desea estudiar”(p.55).

En esta investigación se tendrá como población La prolongación Avenida de la Cultura de la Ciudad del Cusco, ya que se tomará el estudio de deformaciones de dicha avenida.

3.3.2. Muestra.

Es subconjunto de unidades importantes de un conjunto llamado población o universo, que son seleccionadas al azar, y que se somete a una investigación científica con el objetivo de obtener resultados válidos para el universo total investigado, dentro de unos límites de error y de probabilidad de que se pueden determinar en cada caso. López (2015)(p.06).

La muestra lo conforma el tramo en estudio desde el Kilómetro 4+770 (Quinto paradero-San Sebastián) hasta el Kilómetro 5+880 (Paradero Santa Rosa)

3.3.3. Muestreo.

“Es el proceso de selección de una parte que se basa la población, la cual permite evaluar los lineamientos de la población que es objeto de estudio” Valderrama (2015)(p.188)

El muestreo es no probabilístico ya que ha sido seleccionado intencionalmente debido a su mayor cantidad de fallas en el pavimento en estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Técnica: Observación directa

Según Hernandez (2014)consiste en descripciones de lo que se visualiza, oye, oliendo y sintiendo del contexto y de los casos o participantes observados. Normalmente van organizadas de manera cronológica. Esto nos permitirán contar con una narración de los sucesos que acontecen (qué, quién, cómo, cuándo y dónde). (p.371).

En la presente investigación se aplicará la técnica de observación directa mediante los ensayos en las mezclas asfálticas y así ver sus comportamientos.

3.4.2. Instrumentos: Ficha de Recopilación de Información

Según Robledo (2012)se aplicará la investigación de la ficha de recopilación de información en el cual “incluyen todos los procedimientos y los instrumentos que se

permiten en el uso óptimo y racional de los recursos documentales encontrados de información”(p.63).

En la presenta investigación se aplicará como instrumento la ficha de recopilación de información.

3.4.3. Validez: observación directa

Los instrumentos de investigación se validaron mediante el juicio de expertos. Como dice J. Salkind (1999)“la validez es es la cualidad de una prueba que hace aquello para lo cual se diseñó”(p.400).

Tabla 1 Interpretación.

RANGOS DE VALIDEZ	INTERPRETACIÓN
0.53 a menos	Validez Nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy Valida
0.72 a 0.99	Excelente Validez
1.0	Validez Perfecta

Fuente OSADA (2011)

Los instrumentos de variables de vidrio borosilicato y comportamiento mecánico

Tabla 2 Validadores

N°	Grado Académico	Nombres y Apellidos	CIP	Validez
1	Ingeniero	Fernando Días Farfán	108403	Aplicable
2	Ingeniero	Sergio Iván Liendo Vargas	65074	Aplicable
3	Ingeniero	Mario Paliza Aima	53085	Aplicable

3.4.4. Confiabilidad.

La confiabilidad está establecida generalmente con el análisis del alfa de cronbach.

La confiabilidad según Briones (2000) “se refiere a la cantidad de confianza o seguridad con el cual es posible aceptar los resultados que se han obtenido a través de un investigador basado en los procedimientos que son empleados para efectuar su estudio”(p.59).

3.5. Procedimiento.

3.5.1. Estudios de Laboratorio

En los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas se ejecutará el método Marshall.

Los reglamentos aplicados será ASTM D3515, Norma M-MMP-4-05-031 Estabilidad, Fluidez, Densidad, Vacíos en la mezcla y Vacíos del agregado mineral

Tabla 3 Normas ensayos

Ensayo de ASTM D3515, MTC E204 Ver Anexo 03
granulometría

Peso Específico	MTC E 206	Ver anexo 04
Agregados		
Parámetros volumétricos	EG-2013	Ver anexo 05
Ensayo de Estabilidad y Flujo	ASTM C670 MTC	Ver anexo 6

Los equipos utilizados para la elaboración de los ensayos son: prensa Marshall, compactador, desmoldador de briquetas, equipos para peso específicos, moldes Marshall.

3.6. Métodos de análisis de datos.

Los análisis se realizaron siguiendo el orden de los objetivos (específicos y generales).

3.6.1. Obtención de un adecuado comportamiento de la mezcla asfáltica

Identificar actividades a realizar.

Caracterización de materiales (Agregados)

Análisis Granulométrico

Se determinó la granulometría de agregados a través de un proceso de clasificación por su tamaño nominal a través de 3 tipos de muestras: Agregado grueso, piedra chancada y agregado fino proveniente de las canteras de Huacarpay y Cunyac.

Los análisis por tamizado de cada uno de estas muestras se encuentran en las hojas de cálculo (anexos).

Se establecerá las distribuciones de las partículas los cuales son los agregados finos y gruesos por medio de tamices.

Tabla 4 Granulometría piedra chancada-Huacarpay

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)
4"	100	0
3½"	90	0
3"	75	0
2½"	63	0
2"	50	0
1½"	37.5	0
1"	25	0
¾"	19	19.81
½"	12.5	932.3
⅜"	9.5	1746.98
¼"	6.3	621.34
Nº 4	4.75	109.8
Bandeja		44.85
Lavado	-	38.38
Fracción Retenida en Lavado		3475.08
Total		3513.46

Tabla 5 Granulometría agregado grueso-Huacarpay

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)
4"	100	0
3"	75	0
2"	50	0
1"	25	0
3/4"	19	26.43
1/2"	12.5	102.41
3/8"	10	214.58
Nº 4	5	514.9
Nº 8	2.36	350.82
Nº 16	1.18	291.2
Nº 30	0.6	253.89
Nº 50	0.3	193.81
Nº 100	0.15	117.41
Nº 200	0.075	77.72
Cazuela		2.67
Lavado		265.98
Fracción Retenida en Lavado		2145.84
Total		2411.82

Tabla 6 Granulometría Agregado Fino- Conyac

Tabla 1.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)
4"	100	0
3"	75	0
2"	50	0
1"	25	0
3/4"	19	0
1/2"	12.5	0
3/8"	9.5	1.96
Nº 4	4.75	4.03
Nº 8	2.36	7.89
Nº 16	1.18	67.83
Nº 30	0.6	422.52
Nº 50	0.3	875.48
Nº 100	0.15	300.13
Nº 200	0.075	69.57
Cazuela	-	0.78
Lavado	-	54.59
Fracción Retenida en Lavado		1750.19
Total		1804.78

Peso Específico.

Aquí se encuentra a los valores mínimos según el tamaño nominal.

Tabla 7 Peso mínimo de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal mm	Peso mínimo de la muestra de ensayo Kg
12,50	2
19,00	3
25,00	4

Diseño de mezcla asfáltica método Marshall.

En este diseño se explicará las dosificaciones optimas de asfalto que utilizaremos en la investigación con el vidrio borosilicato molido.

Obtuvimos los resultados a través de 9 probetas con diferentes porcentajes de asfalto y otras 9 probetas adicionando el vidrio borosilicato molido, las cuales fueron sometidas a un esfuerzo en la prensa Marshall con el fin de determinar la estabilidad, deformación (flujo) y porcentaje de vacíos.

De acuerdo a los parámetros de cumplimiento de la mezcla asfáltica utilizamos la siguiente tabla.

Tabla 8 Parámetros de cumplimiento para mezcla asfáltica.

TAMIZ	ESPECIFICACIONES	
1"	100	100
3/4"	100	100
1/2"	80	100
3/8"	70	90
Nº4	50	70
Nº8	35	50
Nº30	18	29
Nº50	13	23
Nº100	8	16
Nº200	4	10

Fuente. Instituto de Asfalto.

Determinamos la proporción de los diferentes agregados en porcentajes para realizar las diferentes probetas de ensayo.

Tabla 9 Determinación de la proporción óptima.

Proporciones	25.0% % Retenido A Grava Triturada < 3/4"	66.0% % Retenido B Arena Triturada < 3/8"	9.0% % Retenido C Arena Nat. Zarandeado	SUMA RETENIDO PARCIAL	% ACUMUL.	% QUE PASA	Especificación Mezcla
TAMIZ							Asfáltica en Caliente
3/4"	0.1	0.8	0.0	1.0	1.0	99.0	100 100
1/2"	6.7	3.1	0.0	9.9	10.8	89.2	80 100
3/8"	12.6	6.6	0.0	19.2	30.0	70.0	72 90
Nº4	5.3	15.8	0.0	21.1	51.1	48.9	50 70
Nº8	0.0	10.8	0.0	10.8	61.9	38.1	35 50
Nº30	0.0	16.8	2.5	19.3	81.2	18.8	18 29
Nº50	0.0	6.0	4.5	10.5	91.7	8.3	13 23
Nº100	0.0	3.6	1.5	5.2	96.9	3.1	8 16
Nº200	0.0	2.4	0.4	2.8	99.6	0.4	4 10
< 200	0.3	0.1	0.0	4.4	104.0	-4.0	
TOTAL	25	66	9				

Fuente. Elaboración Propia

Dosificación de la mezcla sin alterar.

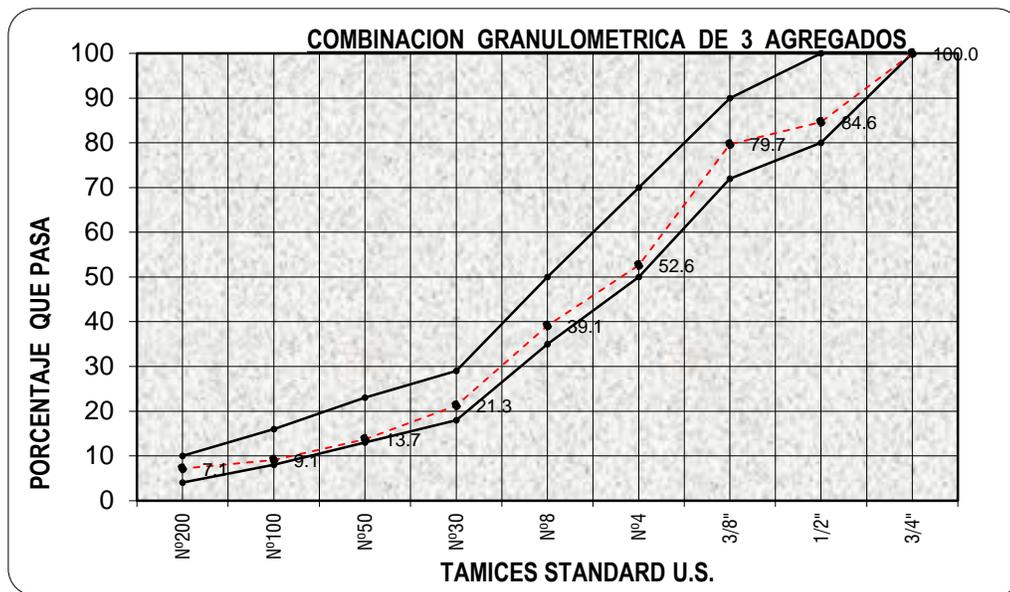


Figura 9 Combinación granulométrica de 3 agregados.

Podemos observar la combinación de los porcentajes de agregado el cual cumple dentro de los parámetros de la mezcla asfáltica en caliente.

Tenemos la mezcla se encuentra en la mitad de la especificación máxima y mínima con diferentes porcentajes de cada material que tuvo nuestra muestra.

Porcentaje óptimo de asfalto.

Se realizó las pruebas a nueve probetas las cuales tienen tres diferentes porcentajes de asfalto, con 5.5%, 6% y 6.5%.

Estas probetas no son alteradas con vidrio y así determinamos el porcentaje óptimo de asfalto.

Proceso de Fabricación de las probetas.

De acuerdo a la dosificación para cada probeta sin alterar, se calentó primeramente la piedra chancada a 150°C, 513 gramos de peso, así también el agregado grueso 570 gramos y arena fina con 50 gramos. En cuanto al asfalto será en una proporción (PEN 60:70) igual a 60 gramos.

Se agregará de igual forma el vidrio borosilicato en cada probeta la cual será en porcentaje de agregado fino de 4,5,6% en diferentes probetas.

Luego continuamos con colocar la mezcla en moldes, para luego ser compactadas con un martillo en el cual se aplicarán 75 golpes por cada cara en un tiempo que no supere los 90 segundos. Las dejamos enfriar a una temperatura ambiente y se desmoldan para así determinar sus espesores.

Realización del ensayo Marshall.

Determinación del Ensayo con la prensa Marshall.

- Sumergimos los especímenes en agua durante 30 minutos a 60 °C
- Posteriormente se colocó en la mordaza Marshall y luego en la parte inferior de la prensa, asegurando colocar una esfera entre el pistón y la mordaza teniendo un ligero contacto entre las piezas. Se tuvo en cuenta también con colocar el dispositivo de medición de flujo.
- Se tuvo en cuenta la colocación de los marcadores de los medidores en cero.
- La aplicación de carga a una velocidad de 50.8 mm/min.
- Observamos y registramos las mediciones.

- Tan pronto como cada muestra fallo se observó que las agujas se desplazaron en sentido contrario y se determinó el valor máximo de la carga la cual es la estabilidad Marshall.
- La deformación vertical del espécimen correspondiente a la máxima carga se denomina flujo (deformación) y lo expresamos en centésimas de milímetro.

Estabilidad

Tabla 10 Estabilidad Porcentajes promedio Asfalto

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Estabilidad valor max(KG)	2061.87	2363.70	2134.27	2133.25	1493.88	1665.20	2282.12	1441.88	1798.78

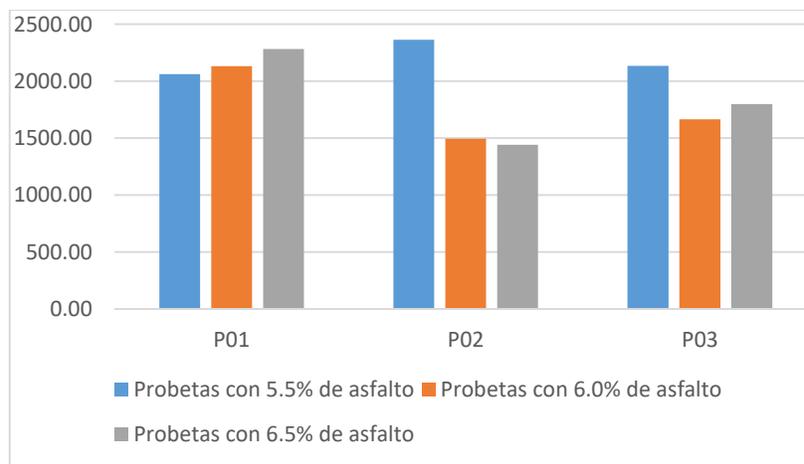


Figura 10 Probetas con porcentajes de asfalto

Tabla 11 Estabilidad Porcentajes promedio Asfalto

	Probetas con 5.5% de asfalto	Probetas con 6.0% de asfalto	Probetas con 6.5% de asfalto
Estabilidad valor max (kg)	2186.61	1764.11	1840.93

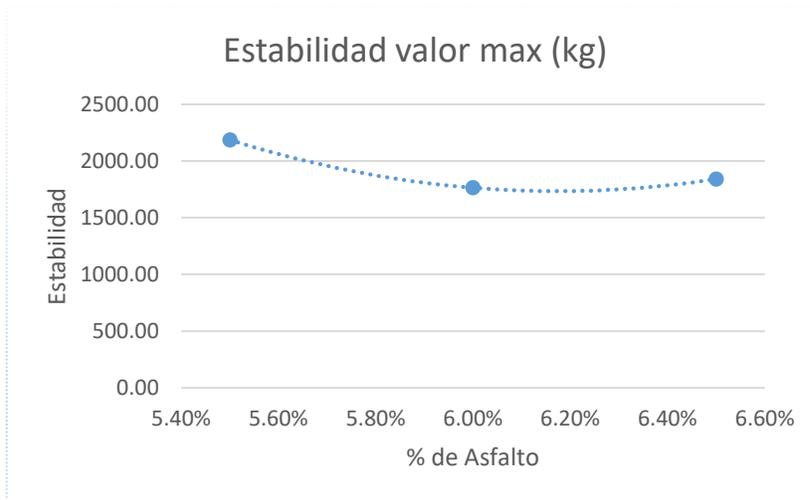


Figura 11 Estabilidad en probetas con porcentaje de asfalto

Como observamos en el promedio de los porcentajes de asfalto verificamos que el porcentaje óptimo de asfalto es el de 5.5% ya que tiene la mayor estabilidad en kilogramos como observamos en la tabla y luego la estabilidad se reduce y se mantiene constante directamente proporcional con él % de asfalto.

Diseño de mezcla asfáltica con vidrio borosilicato molido.

Explicaremos la adición de vidrio borosilicato en la mezcla en comparación con la mezcla original sin modificación con una proporción de asfalto de 6% el cual es la más óptima.

Para la adición del vidrio borosilicato contaremos con la misma dosificación original y adicionando la sustancia molida en 4%, 5% y 6% teniendo 3 muestras por cada porcentaje de vidrio.

- Determinación de la cantidad de vidrio en cada porcentaje.

$$W_v = \frac{\% \text{ de vidrio} * 1100}{100 - \% \text{ de vidrio}} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Wv = peso del vidrio

Tabla 12 Porcentaje de Vidrio

Porcentaje de vidrio	Peso de vidrio (gr)	Peso total de la mezcla
4%	50.0	1250
5%	62.5	1250
6%	75.0	1250

Determinamos la dosificación de vidrio el cual reemplazo a la arena fina.

Tabla 13 Dosificación con Vidrio Borosilicato

Vidrio Borosilicato (%)	4%	5%	6%
Piedra Chancada (gr)	300.00	287.50	300.00
Arena Gruesa (gr)	787.50	787.50	762.50
Arena Fina (gr)	112.50	112.50	112.50
Total (gr)	1250.0	1250.0	1250.0

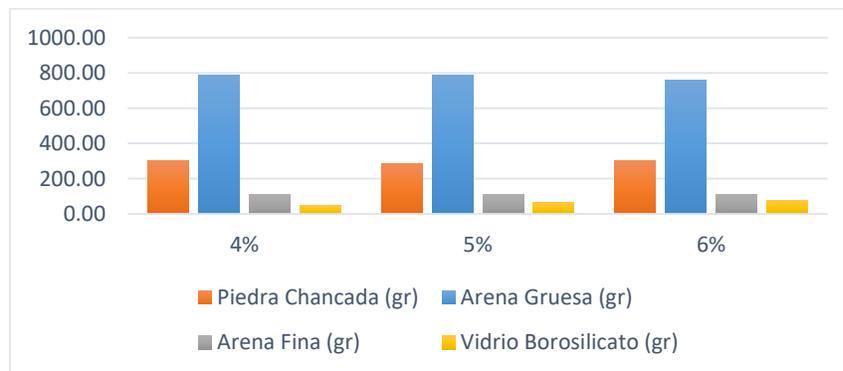


Figura 12 Dosificación de asfalto.

El proceso de fabricación de las probetas fue el mismo que la muestras sin alterar que se realizó previamente para así determinar el porcentaje óptimo de asfalto.

En este ensayo se obtuvo el mismo número de probetas que son 9, en las cuales se realizó tres de cada porcentaje (4%, 5% y 6%).

3.6.2. Calculo del porcentaje de vidrio borosilicato para optimizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica optimizada, respecto a la mezcla tradicional.

Determinación del Ensayo con la prensa Marshall con la adición de vidrio borosilicato molido.

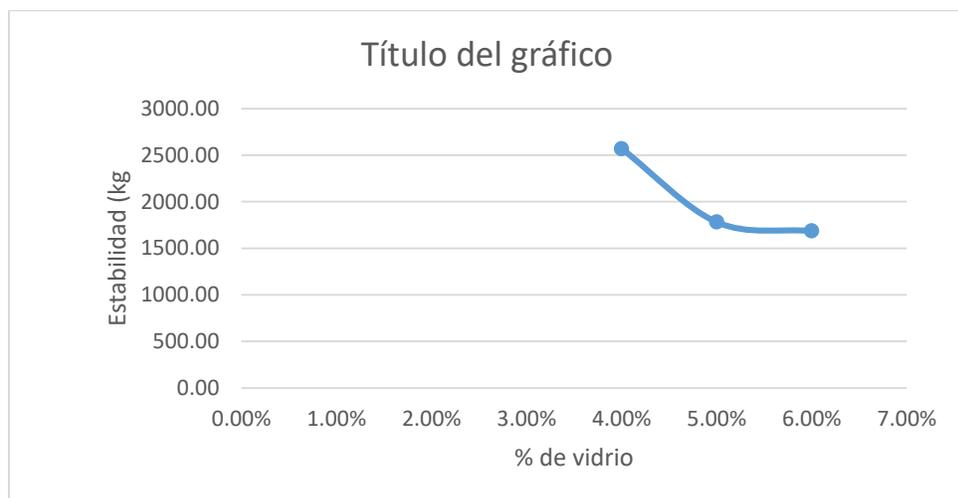
El procedimiento que se realizó para la prueba en la prensa Marshall es la misma que usamos en la determinación del ensayo con la muestra sin alterar con diferentes porcentajes de asfalto. En esta ocasión con la adición de porcentajes de vidrio borosilicato molido.

Así obtuvimos los resultados de estabilidad Marshall en las 9 probetas en diferentes porcentajes.

Tabla 14 Estabilidad con Adición de Vidrio.

	Probetas con 5.5% de vidrio			Probetas con 6.0% de vidrio			Probetas con 6.5% de vidrio		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Estabilidad valor max(KG)	2725.70	2706.33	2273.97	1983.35	1821.21	1540.79	1578.52	1559.15	1918.09

Figura 13 Figura 1. Estabilidad con Adición de Vidrio.



Como observamos en el promedio de los porcentajes de asfalto verificamos que el porcentaje óptimo de vidrio es el de 5% ya que tiene la mayor estabilidad en kilogramos

como observamos en la tabla y luego la estabilidad se reduce y se mantiene constante y solo aumenta ligeramente

Flujo.

Ver ítem 1 se procede.

- Se tiene la tabla por cada probeta según la deformación en milímetros.

Tabla 15 Flujo porcentaje de asfalto.

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Deformación (mm)	4.08	4.05	7.33	4.41	7.05	6.43	6.72	6.51	4.81

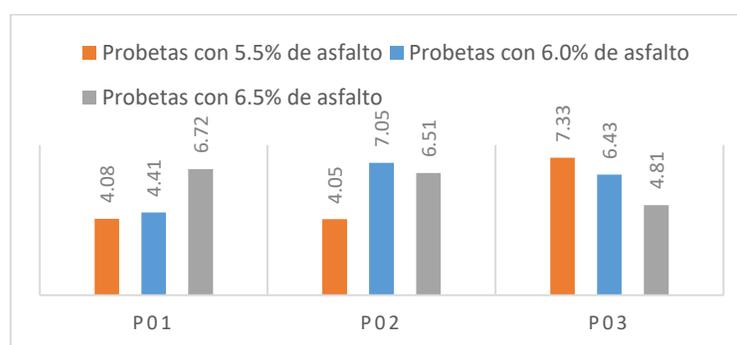


Figura 14 Deformación por porcentaje de asfalto

Tabla 16 Deformación promedio con porcentajes de asfalto

	Probetas con 5.5% de asfalto	Probetas con 6.0% de asfalto	Probetas con 6.5% de asfalto
Deformación (mm)	5.15	5.96	6.01

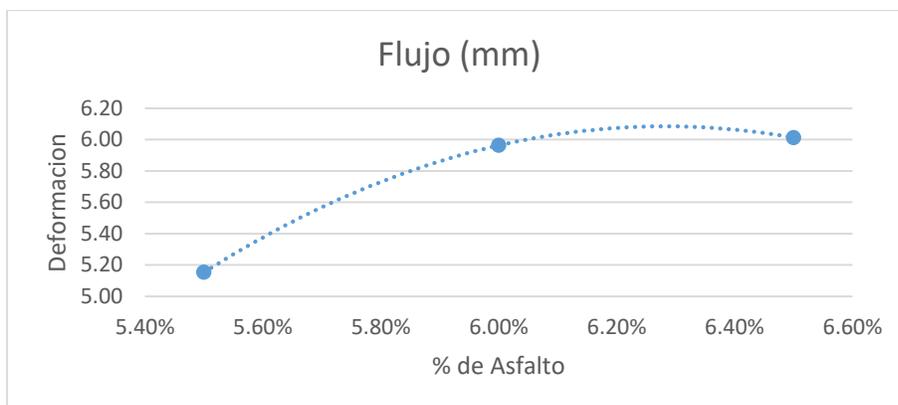


Figura 15 Flujo por porcentaje de asfalto.

Se puede observar el promedio del flujo y la curva con respecto a los porcentajes de asfalto y al igual que en la estabilidad la menor deformación es en el porcentaje de 5.5%.

Realizando la misma operación que en el objetivo específico 1 obtendremos los resultados de la deformación (flujo) en el siguiente cuadro.

Tabla 17 Deformación con adición de vidrio.

	Probetas con 4% de Vidrio			Probetas con 5% de Vidrio			Probetas con 6% de Vidrio		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Deformación (mm)	6.59	4.96	5.46	5.33	6.04	5.53	5.76	6.52	5.32

Tabla 18 Deformación con adición de vidrio.

	Probetas con 5.5% de asfalto	Probetas con 6.0% de asfalto	Probetas con 6.5% de asfalto
Deformación (mm)	5.67	5.63	5.87

Deformación con adición de vidrio.

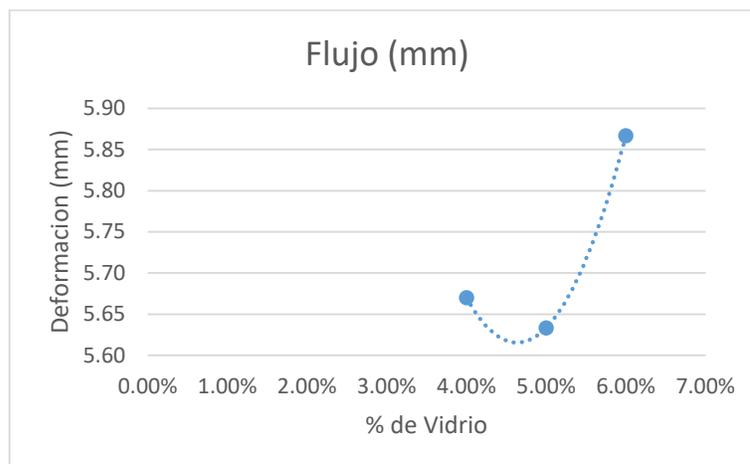


Figura 16 Flujo con adición de vidrio.

Se puede observar el promedio y tenemos una óptima deformación en 5.8% de adición de vidrio borosilicato.

3.6.3. Optimización de respuesta de la mezcla asfáltica ante procesos de envejecimiento por oxidación con el cálculo del porcentaje de vacíos con la adición del aditivo en el tramo de estudio

Ver ítem 1 se procede.

Determinación del Peso unitario de las probetas compactadas.

- Se bañó con parafina las muestras hasta que no quedaron vacíos en cada probeta.
- Pesamos la muestra al aire de todas las probetas para luego pesar las mismas sumergidas en agua.

Tabla 19 Peso de Probetas.

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Peso al Aire	1273.78	1292.24	1295.11	1310.3	1201.9	1320.55	1310.25	1307.77	1319.9
Peso al Agua	704.5	717	717.5	734.5	685	752.5	757	748.5	757

- Continuamos con el análisis de densidad y vacíos para cada grupo de prueba. Determinamos el volumen mediante la siguiente expresión.

$$VP = \text{Peso Aire} - \text{Peso Agua} \quad (\text{Ec.3.3})$$

Donde:

VP = Volumen probeta

Peso aire = Peso de la muestra en aire en estado SSS.

Peso agua = Peso de la muestra en el agua en estado SSS.

Tabla 20 Volumen de Probeta

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Volumen de probeta	569.28	575.24	577.61	575.8	516.9	568.05	553.25	559.27	562.9

Luego determinamos el Peso Unitario por probeta

$$\text{Peso Unitario} = \frac{\text{Peso Probeta al Aire}}{\text{Volumen Adoptado}} \quad (\text{Ec.3.4})$$

Tabla 21 Peso Unitario Probetas

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Peso unitario	2.24	2.25	2.24	2.28	2.33	2.32	2.37	2.34	2.34

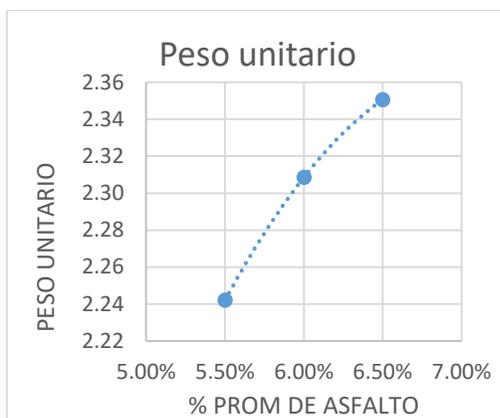


Figura 17 Peso unitario de probetas.

Tabla 22 Peso específico de agregados y asfalto.

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall									
Peso Específico de C.A	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Peso específico del agregado grueso	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Peso específico del agregado fino	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
% C.A. en peso de la mezcla	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
% Agregado grueso en peso de mezcla	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
% Agregado fino en peso de la mezcla	67.50	67.50	67.50	67.00	67.00	67.00	66.50	66.50	66.50

$$PEA = \frac{\%AGPM + \%AFPM}{\frac{\%AGPM}{PEAG} + \frac{\%AFPM}{PEAF}} \quad (\text{Ec.3.5})$$

PEA = Peso específico de áridos

%AGPM = porcentaje de agregado grueso en peso de mezcla.

%AFPM = porcentaje de agregado fino en peso de mezcla.

PEAG = peso específico de agregado grueso.

PEAF = peso específico de agregado fino.

Tabla 23 Peso específico de áridos.

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall									
Peso Específico de Áridos	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75

$$\text{Densidad aparente de áridos} = PU * \frac{1 - \%CAPM}{100} \quad (\text{Ec.3.5})$$

PU = Peso Unitario

%CAPM = Porcentaje de Cemento Asfáltico en Peso de mezcla.

Tabla 24 Densidad Aparente de áridos

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall									
Densidad aparente de áridos	2.60	2.60	2.60	2.58	2.58	2.58	2.57	2.57	2.57

Hallamos los vacíos del agregado mineral

$$V.M.A = 100 * \frac{PEA - DAA}{PEA} \quad (\text{Ec.3.6})$$

VMA = Vacíos del Agregado mineral

PEA = Peso específico de Áridos

DAA = Densidad aparente de áridos

Tabla 25 VMA (Vacíos del agregado mineral)

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall									
VMA	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50

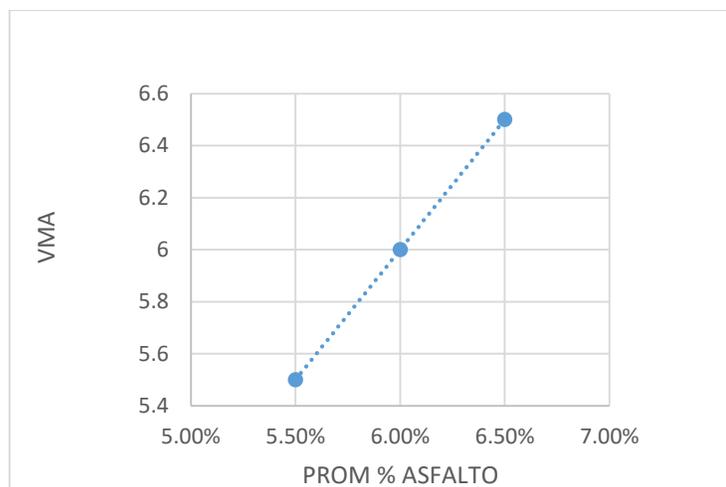


Figura 18 VMA (Vacíos del agregado mineral)

Se tiene un VMA que aumenta directamente conforme a la proporción de asfalto en la mezcla.

Determinamos los vacíos llenados con Cemento Asfáltico.

$$VLLCA = \frac{\%CAPM * PU}{VMA} * 100 \quad (\text{Ec.3.7})$$

Tabla 26 Vacíos llenados con asfalto.

Probetas Marshall	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Vacíos llenados con CA	223.75	224.64	224.22	227.56	232.52	232.47	236.83	233.84	234.48

Máxima densidad teórica.

$$MDT = \frac{100}{\left(\frac{\%CAPM}{PECA}\right) + \left(\frac{\%AGPM}{PEAG}\right) + \left(\frac{\%AFPM}{PEAF}\right)} \quad (\text{Ec.3.8})$$

%CAPM = porcentaje de cemento asfáltico en peso de mezcla.

%AGPM = porcentaje de agregado grueso en peso de mezcla.

%AFPM = porcentaje de agregado fino en peso de mezcla.

PECA = peso específico de cemento asfáltico.

PEAG = peso específico de agregado grueso.

PEAF = peso específico de agregado fino.

Tabla 27 Máxima densidad teórica

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Máxima densidad teórica	2.54	2.54	2.54	2.52	2.52	2.52	2.50	2.50	2.50

Porcentaje de Vacíos

$$\%V = 100 * \frac{MDT - PU}{MDT} \quad (\text{Ec.3.9})$$

%V = Porcentaje de Vacíos

MDT = Máxima densidad teórica

PU = Peso Unitario

Tabla 28 Porcentaje de vacíos.

	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Porcentaje de vacíos	11.83	11.48	11.64	9.70	7.73	7.75	5.37	6.56	6.30

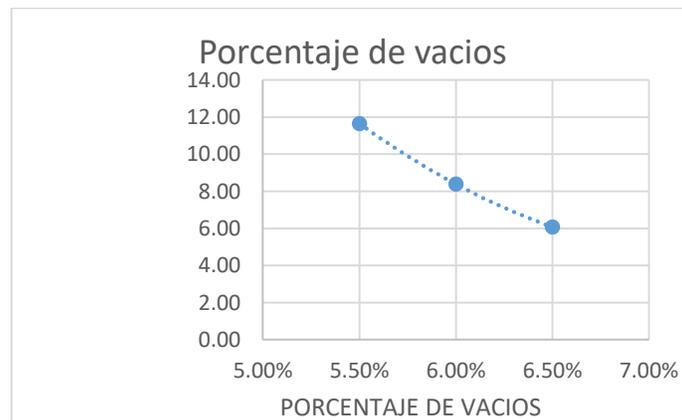


Figura 19 Porcentaje de vacíos

Se obtuvo el porcentaje de vacíos y se obtuvo el más óptimo el cual fue de 6.5%.

Determinación del porcentaje de vacíos en las probetas modificadas con vidrio borosilicato.

Tabla 29 Peso unitario.

	Probetas con 4% de vidrio			Probetas con 5% de vidrio			Probetas con 6% de vidrio		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Peso al Aire	1273.78	1292.24	1295.11	1310.3	1201.9	1320.55	1310.25	1307.77	1319.9
Peso al Agua	704.5	717	717.5	734.5	685	752.5	757	748.5	757
Volumen de probeta	559.2	558.14	557.43	557.01	564.43	562.87	565.04	569.14	565.1
Peso unitario	2.35	2.36	2.36	2.35	2.32	2.33	2.32	2.31	2.32

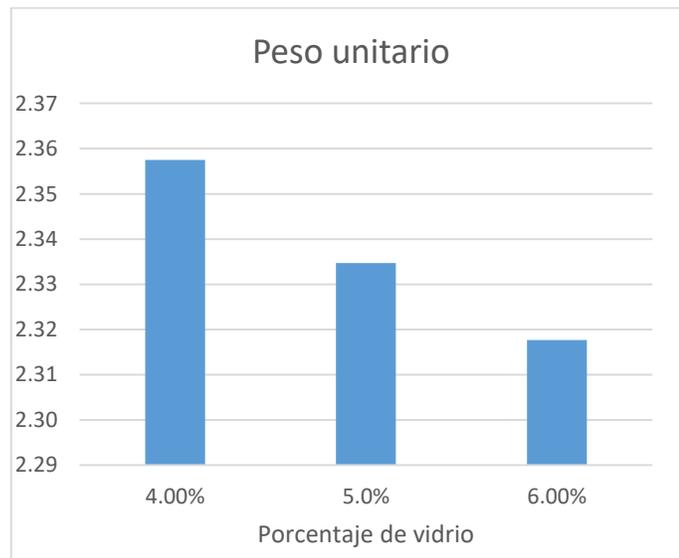


Figura 20 Peso unitario.

Observamos el peso unitario (bulk) de las diferentes probetas en sus porcentajes.

Ahora determinamos el peso específico de áridos.

Tabla 30 Peso específico de áridos.

	Probetas con 4% de vidrio			Probetas con 5% de vidrio			Probetas con 6% de vidrio		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Peso Específico de C.A	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Peso específico del agregado grueso	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Peso específico del agregado fino	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
% C.A. en peso de la mezcla	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
% Agregado grueso en peso de mezcla	27	27	27	27	27	27	27	27	27
% Agregado fino en peso de la mezcla	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50

Tabla 31 Determinación de los agregados vacíos del agregado mineral.

	Probetas con 4% de vidrio			Probetas con 5% de vidrio			Probetas con 6% de vidrio		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Peso Especifico de Aridos	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Densidad aparente de áridos	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57
VMA	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50

Tabla 32 Porcentaje de Vacíos.

	Probetas con 4% de vidrio			Probetas con 5% de vidrio			Probetas con 6% de vidrio		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Vacíos llenados con CA	235.10	236.35	235.80	234.74	232.35	233.33	232.20	231.07	232.01
Máxima densidad teórica	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Porcentaje de vacíos	6.05	5.56	5.78	6.20	7.16	6.76	7.21	7.66	7.29

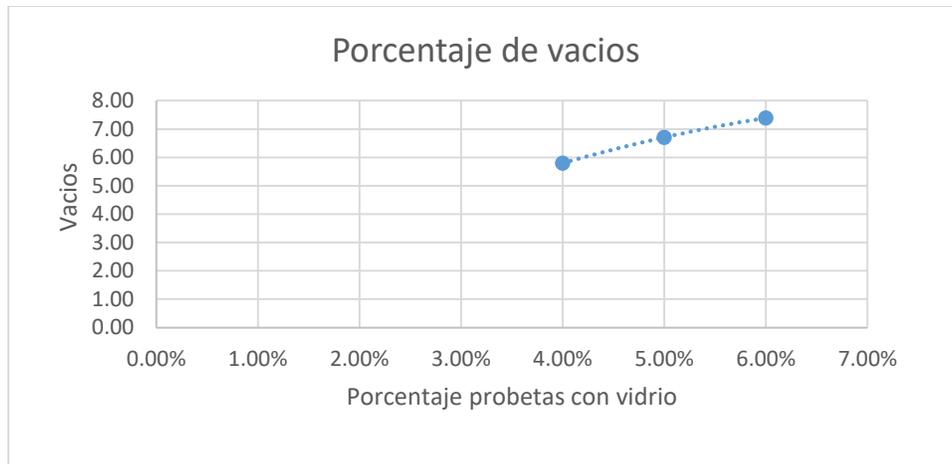


Figura 21 Porcentaje de vacíos

El porcentaje de vacíos tiende a aumentar proporcional con el aumento del porcentaje de vidrio y se obtiene como óptimo al menor valor en 4% de probeta modificada con 5.80.

3.6.4. Determinación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica evitando la deformación permanente con la adición de aditivos (vidrio borosilicato) en el tramo de estudio.

La determinación de la variación del comportamiento mecánico está basada en un resumen de todos los cálculos, ya sea a través de la adición del vidrio borosilicato y también con la mezcla asfáltica sin alterar con diferentes porcentajes de asfalto.

3.7. Aspectos Éticos.

La investigación fue desarrollada basado en los lineamientos éticos y legales establecidos por la >Universidad Cesar Vallejo.

El desarrollador se compromete a salvaguardar la propiedad intelectual con la finalidad de garantizar resultados reales

IV. RESULTADOS.

Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

La presente investigación se realizó en la AV. La Cultura en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco, en el departamento de Cusco.

Figura 22 y Figura 23 Vista google eart Tramo de estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Vista de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Obtención del porcentaje de vidrio borosilicato para optimizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica optimizada, respecto a la mezcla tradicional.

Para poder obtener este ensayo se ha establecido según los resultados con asfalto optimo que es de 6.5% de cemento asfáltico, para el cual se hizo 3 briquetas para cada porcentaje de adición de vidrio molido reciclado que serán 9 en total.

Podemos Observar según el porcentaje de vidrio que es más óptimo al 5% y que comparando con la estabilidad de las probetas sin modificar al 6% tenemos el siguiente cuadro.

Tabla 33 Promedio de estabilidad de probetas convencionales y modificadas.

	Con Vidrio	Sin Vidrio
P01	2568.66	2282.12
P02	1781.78	1441.88
P03	1685.25	1798.78

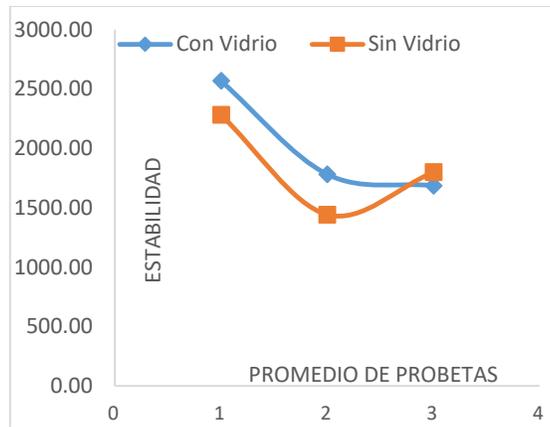


Figura 25 Comparación de estabilidad

Interpretación.

Según la tabla 33. La variación de la estabilidad de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 4% de vidrio borosilicato es de 2568.66 kg.

Podemos observar que las probetas con adición de vidrio borosilicato aumentan la estabilidad de cada probeta con excepción del tercer promedio de probetas.

También observamos que la muestra convencional ocurre lo mismo, solo que en el último promedio de probetas esta aumenta a mayor valor que la modificada.

De acuerdo al resultado obtenido del ensayo de estabilidad con vidrio borosilicato es mayor en un porcentaje de 4% y es menor cuando el porcentaje de vidrio borosilicato es 6%.

Esto quiere decir que la estabilidad es mayor en la adición del aditivo (vidrio borosilicato) que la convencional resistiendo el desplazamiento y deformación, fallando a una mayor carga. Y así obteniendo un adecuado comportamiento respecto al gradiente térmico.

Flujo

De igual forma que hallamos la estabilidad continuaremos con la variación de la deformación de las probetas adicionadas con vidrio borosilicato molido y con su porcentaje óptimo de asfalto.

El promedio de la deformación del diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con la adición del vidrio borosilicato molido es:

Tabla 34 Promedio de mezcla modificada y convencional

	Con Vidrio	Sin Vidrio
Promedio 01	5.67	5.15
Promedio 02	5.63	5.96
Promedio 03	5.87	6.01

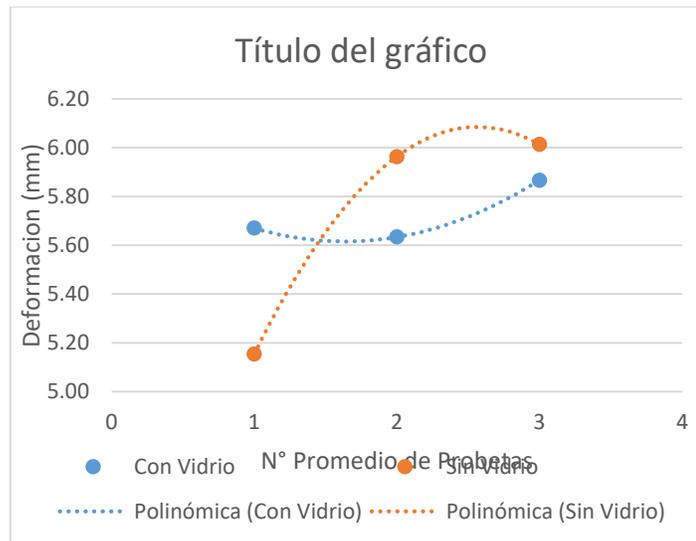


Figura 26 Comparación deformación

Interpretación.

La variación de la deformación de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 5% de vidrio borosilicato es de 5.63 milímetros.

Observamos que las probetas con adición de vidrio borosilicato son mayores en el primer promedio, pero después en las siguientes muestras las probetas convencionales son ligeramente mayores.

Las probetas con aditivo tienen un menor rango deformación que las convencionales.

Esto quiere decir que el flujo es ligeramente menor en la adición del aditivo (vidrio borosilicato) que la convencional, deformándose menos antes de que falle. Y así

obteniendo un adecuado comportamiento respecto al gradiente térmico, ya que resistirá mejor a la deformación.

Obtener un adecuado comportamiento de la mezcla asfáltica respecto al gradiente térmico con la adición de aditivos.

Ídem Porcentaje de Vidrio.

Estabilidad y flujo

Interpretación.

De acuerdo al resultado obtenido del ensayo de estabilidad con vidrio borosilicato es mayor en un porcentaje de 4% y es menor cuando el porcentaje de vidrio borosilicato es 6%.

Esto quiere decir que la estabilidad es mayor en la adición del aditivo (vidrio borosilicato) que la convencional resistiendo el desplazamiento y deformación, fallando a una mayor carga. Y así obteniendo un adecuado comportamiento respecto al gradiente térmico.

Las probetas con aditivo tienen un menor rango de deformación que las convencionales.

Esto quiere decir que el flujo es ligeramente menor en la adición del aditivo (vidrio borosilicato) que la convencional, deformándose menos antes de que falle. Y así obteniendo un adecuado comportamiento respecto al gradiente térmico, ya que resistirá mejor a la deformación.

Optimización de respuesta de la mezcla asfáltica ante procesos de envejecimiento por oxidación con el cálculo del porcentaje de vacíos con la adición del aditivo (vidrio borosilicato) en el tramo de estudio.

Se obtuvo porcentajes con la adición de vidrio en 4%,5% y 6% y mezclas asfálticas convencionales para la comparación y análisis

Tabla 35 Promedios de mezclas modificadas y convencionales

	con vidrio	sin vidrio
Promedio 01	5.8	11.65
Promedio 02	6.71	8.39
Promedio 03	7.39	6.08

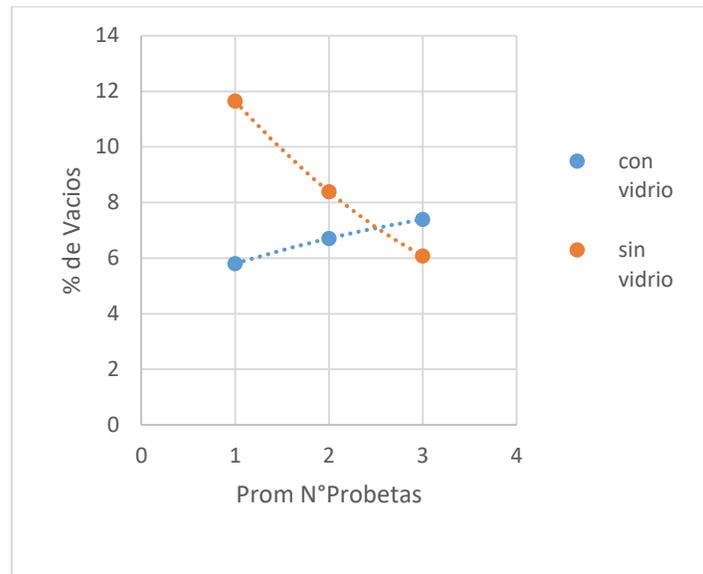


Figura 27 Comparación porcentaje de vacíos

Interpretación.

La variación de la deformación de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 4% de vidrio borosilicato es de 5.80%

Observamos que en las primeras muestras de mezclas modificadas el porcentaje de vacíos es menor que la mezcla convencional, y el porcentaje mayor de mezcla modificada aumenta los vacíos y la mezcla convencional disminuye.

En 4% de mezcla modificada es el más óptimo con menos de 6% de Vacíos.

El porcentaje de vacíos con la adición del 4% de aditivo (vidrio borosilicato) representa el porcentaje más óptimo ya que a valores menores de 3% la mezcla es muy susceptible a exudar y así ahuellarse. Por otro lado, para contenidos mayores a 8% la mezcla sufrirá oxidación y agrietamiento prematuro

Determinación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica evitando la deformación permanente con la adición de aditivos (vidrio borosilicato) en el tramo de estudio.

Tabla 36 Resultados generales de las probetas convencionales.

Probetas Marshall	Probetas con 5.5% de asfalto			Probetas con 6.0% de asfalto			Probetas con 6.5% de asfalto		
	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Peso al Aire	1273.78	1292.24	1295.11	1310.30	1201.90	1320.55	1310.25	1307.77	1319.90
Peso al Agua	704.50	717.00	717.50	734.50	685.00	752.50	757.00	748.50	757.00
Volumen de probeta	569.28	575.24	577.61	575.80	516.90	568.05	553.25	559.27	562.90
Peso unitario	2.24	2.25	2.24	2.28	2.33	2.32	2.37	2.34	2.34
Peso Específico de C.A	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Peso específico del agregado grueso	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Peso específico del agregado fino	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
% C.A. en peso de la mezcla	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
% Agregado grueso en peso de mezcla	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
% Agregado fino en peso de la mezcla	67.50	67.50	67.50	67.00	67.00	67.00	66.50	66.50	66.50
Peso Específico de Aridos	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Densidad aparente de áridos	2.60	2.60	2.60	2.58	2.58	2.58	2.57	2.57	2.57
VMA	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
Vacios llenados con CA	223.75	224.64	224.22	227.56	232.52	232.47	236.83	233.84	234.48
Maxima densidad teorica	2.54	2.54	2.54	2.52	2.52	2.52	2.50	2.50	2.50
Porcentaje de vacios	11.83	11.48	11.64	9.70	7.73	7.75	5.37	6.56	6.30
Estabilidad valor max(KG)	2061.87	2363.70	2134.27	2133.25	1493.88	1665.20	2282.12	1441.88	1798.78
Deformacion (mm)	4.08	4.05	7.33	4.41	7.05	6.43	6.72	6.51	4.81

Interpretación.

En la tabla 36 observamos el resumen de todos los datos obtenidos en el cual la estabilidad disminuye con el aumento de asfalto en cada probeta, el flujo o deformación aumenta en proporción del aumento del asfalto y los porcentajes de vacíos disminuyen notoriamente con el aumento del cemento asfáltico en cada probeta.

Tabla 37 Resultados generales las probetas modificadas con vidrio borosilicato

	Probetas con 4% de vidrio			Probetas con 5% de vidrio			Probetas con 6% de vidrio		
Probetas Marshall	P01	P02	P03	P01	P02	P03	P01	P02	P03
Peso al Aire	1273.78	1292.24	1295.11	1310.30	1201.90	1320.55	1310.25	1307.77	1319.90
Peso al Agua	704.50	717.00	717.50	734.50	685.00	752.50	757.00	748.50	757.00
Volumen de probeta	559.20	558.14	557.43	557.01	564.43	562.87	565.04	569.14	565.10
Peso unitario	2.35	2.36	2.36	2.35	2.32	2.33	2.32	2.31	2.32
Peso Específico de Áridos	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Densidad aparente de áridos	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57
VMA	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Vacíos llenados con CA	235.10	236.35	235.80	234.74	232.35	233.33	232.20	231.07	232.01
Máxima densidad teórica	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Porcentaje de vacíos	6.05	5.56	5.78	6.20	7.16	6.76	7.21	7.66	7.29
Estabilidad valor max(KG)	2725.70	2706.33	2273.97	1983.35	1821.21	1540.79	1578.52	1559.15	1918.09
Deformación (mm)	6.59	4.96	5.46	5.33	6.04	5.53	5.76	6.52	5.32

Interpretación.

En la tabla 37 observamos el resumen de todos los datos obtenidos en el cual la estabilidad es inmensa siendo mayor a 2000 kg, pero que disminuye con el aumento del porcentaje de vidrio borosilicato en cada probeta, el flujo o deformación disminuye en proporción del aumento del vidrio borosilicato y los porcentajes de vacíos aumentan ligeramente con el aumento del cemento asfáltico en cada probeta.

Los resultados arrojados muestran que para la adición de vidrio borosilicato con porcentajes de 4%, 5% y 6% la mezcla asfáltica en caliente aumenta la estabilidad hasta 2600 kg, pero también el flujo es mayor que el convencional, aunque se reduce conforme aumenta la adición de vidrio, el porcentaje de vacíos aumenta con mayor porcentaje de vidrio.

La evaluación de las mezclas asfálticas en caliente con la adición del aditivo (vidrio borosilicato) tienen un mejor comportamiento frente a la deformación y desplazamiento en el pavimento.

V. DISCUSIÓN.

DISCUSIÓN 01: La variación de la estabilidad de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 4% de vidrio borosilicato es de 2568.66 kg.

Al respecto Melendrez(2020) citado como antecedente Nacional obtuvo los resultados con variación de 38 kg en estabilidad de sus probetas con las probetas tradicionales y aumentan su resistencia y evitando sus deformaciones. Así mismo Torres(2018) obtuvo resultados mayores a los parámetros de diseño con una estabilidad promedio de 1125 kg. Tenemos también a Gutiérrez(2018) nos informa sobre sus resultados en su asfalto modificado, la estabilidad aumenta conforme al porcentaje de vidrio adicionado desde 984 kg hasta 1015 kg.

A comparación con la estabilidad en los antecedentes se obtuvo resultados totalmente superiores con 15% más de las muestras comunes dando así a conocer que el vidrio borosilicato es de mayor resistencia que el vidrio común reciclado.

Los requerimientos establecidos por la EG-2013 teniendo como un mínimo de estabilidad 780 kg y cumpliendo con dicho requerimiento en todos nuestros porcentajes de probetas modificadas.

DISCUSIÓN 02: La variación del flujo de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 5% de vidrio borosilicato es de 5.63 mm.

Según Torres (2018) la deformación (flujo) aumenta ligeramente cuando aumentamos el porcentaje de vidrio. Este mismo caso ocurre con la adición de vidrio borosilicato que aumenta ligeramente con mayor porcentaje de asfalto.

Observamos que según Gonzales (2019) también aumenta el flujo conforme al aumento de la fibra la cual es igual en ambos casos.

DISCUSIÓN 03: La variación del porcentaje de vacíos de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 4% de vidrio borosilicato es de 5.80 milímetros.

Al respecto de Freire(2018) nos dice que en el mayor porcentaje de vidrio el porcentaje de vacío disminuye lo cual es inverso con el vidrio borosilicato en el cual aumenta el porcentaje.

Así como también Gómez (2019) que el porcentaje óptimo de fibra de vidrio es cuando este es mayor lo que quiere decir que también es inverso a la adición de vidrio.

Según el MTC el porcentaje de vacíos optimo es de 3 a 5 %, teniendo en la adición mínima de vidrio el porcentaje óptimo. Para la compactación de la mezcla en la pavimentación es necesario un porcentaje aproximado a 8% y luego el trafico densificara aún más la mezcla hasta llegar a 3 a 5%.

DISCUSIÓN 04: La variación en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 4% de vidrio borosilicato nos da resultados positivos ya que aumenta la estabilidad, se mantiene el flujo y se llega a un porcentaje de vacíos optimo con respecto a la mezcla asfáltica convencional.

De acuerdo al MTC y EG-2013 la estabilidad cumple con los parámetros de mezcla bituminosa, el flujo o deformación si cumple, y los porcentajes de vacíos no cumplen.

VI. CONCLUSIONES.

CONCLUSIÓN 01.- La variación de la estabilidad de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 4% de vidrio borosilicato es de 2568.66 kg y la variación del flujo de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 5% de vidrio borosilicato es de 5.63 milímetros.

CONCLUSIÓN 02.- El comportamiento de mezcla asfáltica con la adición de vidrio borosilicato mejora la resistencia al gradiente térmico con menor contenido de asfalto.

CONCLUSIÓN 03.- La variación del porcentaje de vacíos de mezclas asfálticas en caliente para evitar el envejecimiento por oxidación con la adición de 4% de vidrio borosilicato es de 5.80 %.

CONCLUSIÓN 04.- La variación en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente con la adición de 4% de vidrio borosilicato nos da resultados positivos ya que aumenta la estabilidad, se mantiene el flujo y se llega a un porcentaje de vacíos óptimo con respecto a la mezcla asfáltica convencional.

VII. RECOMENDACIONES.

RECOMENDACIÓN 01.- Se recomienda emplear un máximo de 4% de vidrio borosilicato para alcanzar la estabilidad más alta. Se recomienda emplear un máximo de 5% de vidrio borosilicato para alcanzar la deformación más baja de la mezcla.

El porcentaje óptimo de adición de vidrio borosilicato se encuentra entre 4 y 5 % con el porcentaje de asfalto de 5%.

RECOMENDACIÓN 02.- Se recomienda emplear el vidrio borosilicato en el diseño de mezclas asfálticas, la cual mejora la resistencia al gradiente térmico.

RECOMENDACIÓN 03.- Se recomienda emplear un máximo de 4% de vidrio borosilicato. Ya que contiene el porcentaje óptimo de vacíos para evitar el envejecimiento por oxidación del asfalto.

RECOMENDACIÓN 04.- Se recomienda emplear un máximo de 4% de vidrio borosilicato para alcanzar el mejor comportamiento mecánico de mezclas asfálticas.

Se recomienda emplear un máximo de 4.5% de asfalto para llegar a un mejor comportamiento de la mezcla.

REFERENCIAS:

Bonilla, Alvaro. 2018. *Modificación de mezclas asfálticas mediante fibras de vidrio listas para instalar.* Universidad Piloto de Colombia, Girardoc- Colombia : 2018.

Borja, Manuel. 2012. *Metodología de la investigación científica para ingenieros.* Chiclayo : s.n., 2012.

Briones, Guillermo. 2000. *La investigación social y educativa.* Bogota, Colombia : Tercer mundo editores, 2000.

Carrasco, Sergio. 2005. *Metodología de la investigación científica.* Lima : San Marcos, 2005. 99723425425.

Freire, Karlenn. 2018. *Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador : 2018.

Gómez, Francisco. 2019. *Propiedades mecánicas de un concreto asfáltico, modificado con residuos de vidrio templado y cal, comparado con una mezcla de diseño tradicional.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala : 2019.

Gonzales, Maria y Luquillas , Karla. 2019. *Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mejorada con fibra acrílica respecto a la mezcla asfáltica convencional.* Universidad Ricardo Palma, Lima : 2019.

Guia para el control y prevencion de la contaminacion industrial. **Ambiente, Comision Nacioanal Medio. 2000.** 2000, ACHS, pág. 7.

Gutierrez, Abel. 2018. *Asfaltos modificados con vidrio y su comparación técnico y económico con los asfaltos convencionales.* Universidad Peruana de los Andes, Huancayo : 2018.

Hernandez, Carlos. 2018. *Modificación de mezcla asfálticas listas para instalar en caliente mediante fibras de vidrio y fibras Sikafiber AD.* Universidad Piloto de Colombia, Cundinamarca : 2018.

Hernandez, Roberto, Fernandez, Carlos y Baptista, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. Mexico : MC GRAW HILL Education, 2014. 978-1-4562-2396-0.

Hernandez, Roberto, Fernandez, Carlos y BAPTISTA, Pilar. 2006. *Metodología de la investigación*. Mexico : McGraw-Hill, 2006. 978-607-519-182-9.

J. Salkind, Neil. 1999. *Metodos de investigacion*. Mexico : PRENTICE HALL LATINOAMERICA, 1999. 970-17-0234-4.

Lopez, Pedro y Fechalli, Sandra. 2015. *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona : Universidad autonoma de barcelona, 2015.

Luque, Alex. 2019. *Investigacion*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno : 2019.

Maquera, Pedro. 2007. Radio Uno. [En línea] 28 de Noviembre de 2007. <http://www.radiouno.pe/noticias/2727/carreteras-perudeben-utilizar-asfalto-modificado>.

Melendrez, Jidalte y Pinedo, wilson. 2020. *antecedentes nacionales*. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo : 2020.

Meza, Auriola. 2019. *Uso de la fibra de cabuya para el análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente – 2019*. Universidad de Huanuco, Huanuco : 2019.

Muñoz, Carlos. 2011. *Como elaborar y asesorar una investigacion de tesis*. Mexico : Pearson Educación, 2011. 978-607-32-0456-9.

Quintos, Alfredo. 2020. *Investigacion*. Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2020.

—. **2020.** *Investigacion*. Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2020.

Robledo, Cesar. 2012. *Técnicas y proceso de investigación*. Guatemala : Universidad de san carlos, 2012.

Toapanta, Alejandro. 2019. *Utilización de vidrio pulverizado y material pétreo de la cantera de Guayllabamba en el mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con*

asfalto AC-20, mediante la metodología superpave. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito- Ecuador : 2019.

Torres, Jahir. 2018. *Uso del vidrio reciclado en el diseño de Mezcla Asfáltica para la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa Margarita- Piura, 2018.* Universidad Cesar Vallejo, Piura : 2018.

UDLAP. 2015. BLOG UDLAP. [En línea] 29 de Octubre de 2015. <http://blog.udlap.mx/blog/2015/10/reuniondeconsejoestudiantilamaac/>.

Valderrama, Santiago. 2015. *Pasos para elaborar proyectos de investigacion científica.* Lima : SAN MARCOS, 2015. 978-612-302-878-7.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz Operacionalización de Variable.

TITULO: "Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente adicionando vidrio borosilicato para pavimentos flexibles en la AV. La Cultura, Cusco 2021"

AUTOR: JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	
EVALUACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE PAVIMENTOS ASFALTICOS	Las deformaciones de pavimentos son cambios en el tamaño y forma tras haberle aplicado cargas por el tránsito de vehículos. La deformación puede ser resiliente es decir que se recupera, o permanente o sea plástica.	Para la obtención de esta variable se determinará su comportamiento mediante el ensayo Marshall	FABRICACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS	TIPO DE AGREGADO Peso específico, absorción de Agregado grueso, fino y pavimento	RAZÓN	
				TIPO DE ASFALTO Clasificación de Penetración	NOMINAL	
			ENSAYO MARSHALL	Estabilidad (Prensa Marshall)	RAZÓN	
				Flujo (Prensa Marshall)	RAZÓN	
Comportamiento Mecánico de la mezcla asfáltica	El comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica está ligado a esfuerzos por tracción es por ello es necesario analizar la estabilidad y flujo que estas presentan.	Para determinar las características de la mezcla optimizada será necesario evaluar sus propiedades mecánicas mediante el ensayo Marshall.	ESPECÍMENES DE MEZCLA ASFÁLTICA OPTIMIZADA	ENSAYO MARSHALL	RAZÓN	
				PORCENTAJE DE VACÍOS	Peso específico de agregados, asfalto y áridos	NOMINAL
					Peso específico de agregados y asfalto	
					VMA (vacíos de agregado mineral)	
					Vacíos llenados con C.A	
ENVEJECIMIENTO POR OXIDACIÓN	Es un fenómeno generado por la oxidación del asfalto a ambientes ricos en oxígeno y altas temperaturas que es una condición presente durante el almacenamiento, mezcla y transporte	Para la obtención de esta variable se determinará el porcentaje de vacíos en mezclas asfálticas en caliente compactadas				

Anexo 02: Matriz de Consistencia

TITULO: "Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente adicionando vidrio borosilicato para pavimentos flexibles en la AV. La Cultura, Cusco 2021"

AUTOR: JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA NIVEL: CORRELACIONAL DISEÑO: EXPERIMENTAL
El pavimento flexible existente en la AV. la Cultura Tramo Quinto paradero-Santa Rosa, San Sebastián construido hace 9 años, en su primer semestre de puesto en funcionamiento empezó a presentar deformaciones generalizadas en varios tramos de la vía. ¿Cómo mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica ante la deformación permanente?	Mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica y evitar la deformación permanente con la adición de aditivos (vidrio borosilicato) en el tramo de estudio.	Mediante la aplicación de un aditivo (vidrio borosilicato) en la mezcla asfáltica en caliente se podría mejorar el comportamiento mecánico, específicamente la deformación permanente.	EVALUACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE	
El tramo en estudio actualmente tiene 10 años de vida útil presentándose diversas patologías en la carpeta asfáltica, el cual fue construido de manera tradicional. ¿Cuál será el porcentaje del vidrio borosilicato necesario para optimizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica, respecto a la mezcla tradicional?	Establecer el porcentaje de vidrio borosilicato para optimizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica optimizada, respecto a la mezcla tradicional.	La incorporación del porcentaje de vidrio borosilicato optimiza en un 20% el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica optimizada, respecto a la mezcla tradicional.	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	
El tramo en estudio se encuentra a 3400 msnm donde las exigencias a la mezcla asfáltica son rigurosas, lo que provoca la rigidización por la noche, ocasionando fisuras y el ablandamiento en el día, ocasionando deformación. ¿De qué manera se podría controlar el comportamiento de mezclas asfálticas ante climas extremos desarrollados en proyectos en altura?	Obtener un adecuado comportamiento de la mezcla asfáltica respecto al gradiente térmico con la adición aditivos	Utilizando aditivos como componente en una mezcla asfáltica, podría controlar significativamente el comportamiento ante las deformaciones ocasionadas en el día y la noche por el gradiente térmico de la zona en estudio.		
Las características climáticas de la ciudad del Cusco como son, radiación solar y lluvias, generan una elevada oxidación del asfalto en estado prematuro que ocasionan rigidización y a largo plazo la fisura del pavimento flexible. ¿Cómo se podría evitar el envejecimiento por oxidación del pavimento flexible?	Optimizar la respuesta de la mezcla asfáltica ante los procesos de oxidación calculando el porcentaje de vacíos con la adición de aditivo en el tramo de estudio	A través de una adecuada etapa de producción y cantidad óptima de vacíos (aire) en el diseño de mezclas del asfalto en caliente con el aditivo en función de las exigencias climáticas de la Ciudad del Cusco se podría evitar el envejecimiento por oxidación y posteriormente la rigidización del pavimento flexible.	ENVEJECIMIENTO POR OXIDACIÓN	POBLACIÓN AV. La Cultura-Cusco. Muestra km 4.77-5.80

Anexo 03 Validez



Comportamiento mecánico de resclas asfálticas en caliente adicionando el aditivo viscoso borosilicato para pavimentos flexibles en la Av. La Cultura, Casco 2021

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLES/DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:							
	DIMENSIÓN 1	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
1		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
2		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
	DIMENSIÓN 2	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
3		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
4		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
	VARIABLE DEPENDIENTE:	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
	DIMENSIÓN 1:	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
5		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
6		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
	DIMENSIÓN 2	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
7		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
8		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
	DIMENSIÓN 3	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
9		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: *Derli Reygo Tito Quiroz* DNI: *73086731*

Especialidad del validador: *Ingeniería Civil*

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

06 de diciembre del 2021

Ing. Derli Reygo Tito Quiroz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 218674
 Firma del Experto Informante.

Anexo 04 Granulometría



PROYCONSILVER S.C.E.L.
Laboratorio de Suelos y Materiales

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS INFORME TECNICO N° 2103-3003

PROYECTO:
"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFALTICAS EN CALIENTE
PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021"



SOLICITANTE : JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ

RESPONSABLE : SERGIO I. LIENDO VARGAS
INGENIERO CIVIL
CIP 65074

UBICACIÓN : SAN JERÓNIMO - CUSCO -CUSCO

12 DE MARZO DEL 2021



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
CIP: 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



1. OBJETIVOS Y FINES

Los objetivos y fines del presente informe corresponden a determinar la granulometría de los suelos, para tal fin se realizarán pruebas de laboratorio tales como: Análisis Granulométrico por Tamizado.

2. CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO.

2.1. NORMAS APLICADAS AL PRESENTE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

El Estudio de Suelos se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO y el MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS EM-2000, APROBADO MEDIANTE RD N° 028-2001-MTC/15.17 que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y las Normas MTC E del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para la realización de los ensayos y análisis de Laboratorio.

2.2. LISTADO DE NORMAS UTILIZADAS:

- Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado MTC E 107 – 2000

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ❖ Los ensayos realizados corresponden a 3 tipos de muestras: Agregado Grueso, Piedra Chancada y Agregado Fino, provenientes de las canteras de Huacarpay y Cunyac.
- ❖ El análisis por tamizado de cada uno de estas muestras se encuentran en las hojas de cálculo (Anexos).
- ❖ Se deja al criterio del proyectista determinar la mejor intervención acorde a la importancia del proyecto.



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PROYCONSILVER S.C.R.L.
Laboratorio de Suelos y Materiales

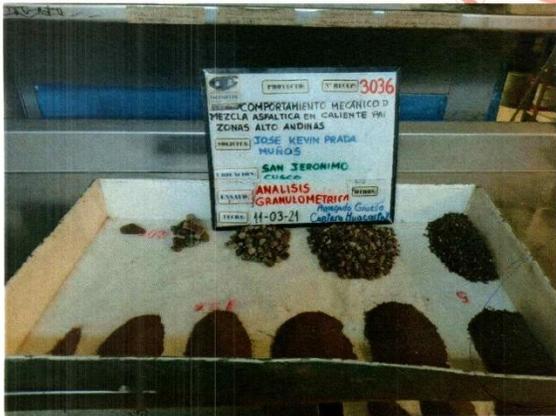
PANEL FOTOGRAFICO

ENSAYOS DE LABORATORIO

CANtera CUNYAC



CANtera HUACARPAY




Sergio Ivar Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

 Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivar Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

Cusco: Barrio Profesional C-1 - Cusco - Cusco, Tlf.: (084) 254730, Cel. Movistar: 984727700, Claro: 984621489
www.proyconsilver.com, ggeneral@proyconsilver.com



REFERENCIAS.

- 1) Norma Técnica Peruana CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.
- 2) Exploración Geotécnica (1987).
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- 3) A. Terzaghi Karl. And Peck. R. B (1967)
"soil mechanics engineering practice", John Wiley and Sons, New York.
- 4) Yves Lacroix and H.M. Hrn (1967)
"Direct Determination and Indirect Evaluation of Relative Density and Its Use on Earthwork Construction Projects"
- 5) Vesic, A.S (1973)
"Análisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, Revista Ingeniería Vol XLII N° 1 México D.F"
- 6) Juárez Eulalio Badillo y Alfonso Rico Rodríguez. "Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos" Tomo II"
- 7) Ralph B. Peck. Hanson (1982). "Ingeniería de Cimentaciones"
- 8) Mecánica de Suelos Y Cimentaciones
George B. Sowers - George F. Sowers.
- 9) Manuel Delgado Vargas.
"Ingeniería de Cimentaciones" (Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico).
- 10) José Rodríguez Ortiz: "Curso Aplicado de Cimentaciones" (6ta. Edición Madrid)
- 11) Joseph E. Bowles: "Manual de Laboratorio de Suelos y Cimentaciones".
- 12) Braja M. Das. Principios de Ingeniería de Cimentaciones.
- 13) Carlos Crespo Villalaz. "Mecánica de Suelos y Cimentaciones".
- 14) Jorge E. Alva Hurtado - ICG. "Diseño de cimentaciones".



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PROYCONSILVER S.C.E.L.
Laboratorio de Suelos y Materiales

CÁLCULOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
R.F.G. C.I.P. 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFALTICAS EN CALIENTE PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021
Ubicación: SAN JERÓNIMO - CUSCO -CUSCO
Solicita: JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ
Muestra: PIEDRA CHANCADA - HUACARPAY
Fecha: viernes, 12 de marzo de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

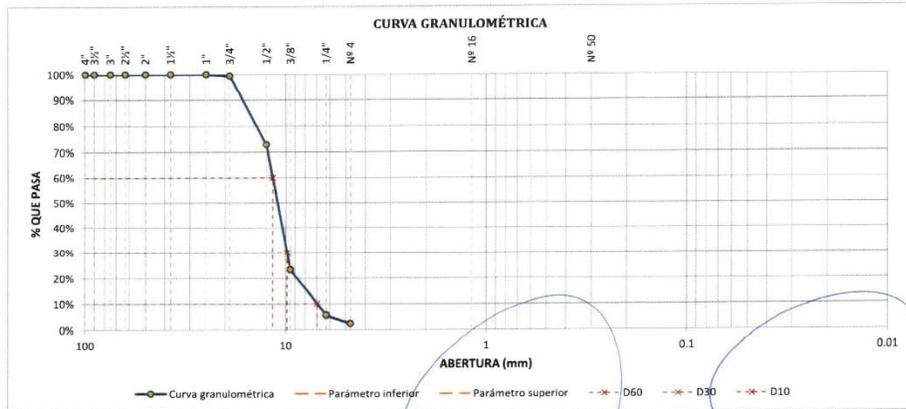
MATERIAL NO LAVADO	
Peso total de la muestra =	3.513.30 gr
Peso de la fracción no lavada =	0.00 gr
Peso de la fracción para lavado =	3513.30 gr

FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO	
Peso de la fracción antes del lavado =	3513.30 gr
Peso de la fracción después de lavar =	3474.92 gr
% de la fracción lavada =	100.00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3½"	90	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2½"	63	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	19.81	0.57%	0.00%	0.57%	0.56%	0.56%	99.44%
½"	12.5	932.30	26.83%	0.00%	26.83%	26.54%	27.10%	72.90%
3/8"	9.500	1746.98	50.27%	0.00%	50.27%	49.72%	76.82%	23.18%
¼"	6.300	621.34	17.88%	0.00%	17.88%	17.68%	94.51%	5.49%
Nº 4	4.750	109.80	3.16%	0.00%	3.16%	3.13%	97.63%	2.37%
Bandeja	-	44.85	1.29%	0.00%	1.29%	1.28%	98.91%	-
Lavado	-	38.38	-	-	-	1.09%	100.00%	-
Fracción Retenida en Lavado		3475.08	100.00%	0.00%	100.00%	98.91%		
Total		3513.46		%Error = 0% Ok!		100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 97.63%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 0.00%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 4) = 2.37%
Total: 100.00%

Fracción Gruesa
% de grava = 100.00%
% de arena = 0.00%
Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 1"

D60 = 11.64 mm
D30 = 9.86 mm
D10 = 6.995 mm

Tamaño Máximo Nominal = ½"

Cu = 1.66
Cc = 1.195

Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

Laboratorio de Suelos y Materiales
Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFALTICAS EN CALIENTE PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021
Ubicación: SAN JERÓNIMO - CUSCO -CUSCO
Solicita: JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ Muestra
AGREGADO GRUESO - HUACARPAY
Fecha: viernes, 12 de marzo de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

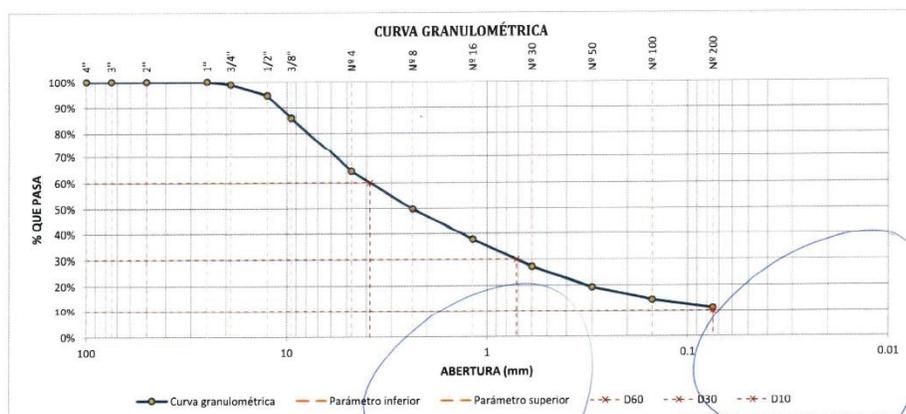
MATERIAL NO LAVADO	
Peso total de la muestra =	2,412.26 gr
Peso de la fracción no lavada =	0.00 gr
Peso de la fracción para lavado =	2412.26 gr

FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO	
Peso de la fracción antes del lavado =	2412.26 gr
Peso de la fracción después de lavar =	2146.28 gr
% de la fracción lavada =	100.00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19	76.43	1.23%	0.00%	1.23%	1.10%	1.10%	98.90%
1/2"	12.5	102.41	4.77%	0.00%	4.77%	4.25%	5.34%	94.66%
3/8"	9.5	214.58	10.00%	0.00%	10.00%	8.90%	14.24%	85.76%
Nº 4	4.75	514.90	23.99%	0.00%	24.00%	21.35%	35.59%	64.41%
Nº 8	2.36	350.82	16.35%	0.00%	16.35%	14.55%	50.14%	49.86%
Nº 16	1.180	291.20	13.57%	0.00%	13.57%	12.07%	62.21%	37.79%
Nº 30	0.600	253.89	11.83%	0.00%	11.83%	10.53%	72.74%	27.26%
Nº 50	0.300	193.81	9.03%	0.00%	9.03%	8.04%	80.77%	19.23%
Nº 100	0.150	117.41	5.47%	0.00%	5.47%	4.87%	85.64%	14.36%
Nº 200	0.075	77.72	3.62%	0.00%	3.62%	3.22%	88.86%	11.14%
Cazuela	-	2.67	0.12%	0.00%	0.12%	0.11%	88.97%	-
Lavado	-	265.98	-	-	-	11.03%	100.00%	-
Fracción Retenida en Lavado		2145.84	99.98%	0.02%	100.00%	88.97%		
Total		2411.82	%Error = 0.02% OKI			100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 35.59%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 53.27%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 11.14%
Total: 100.00%

Fracción Gruesa
% de grava = 40.05%
% de arena = 59.95%
Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 1"

Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

D60 = 3.84 mm
D30 = 0.72 mm
D10 = 0.075 mm

Cu = 51.23
Cc = 1.776

Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

laboratorio de Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero CIVIL - C.I.P. 65074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICAS EN CALIENTE PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021
Ubicación: SAN JERÓNIMO - CUSCO -CUSCO
Solicitante: JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ
Muestra: AGREGADO FINO - CUNYAC
Fecha: viernes, 12 de marzo de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

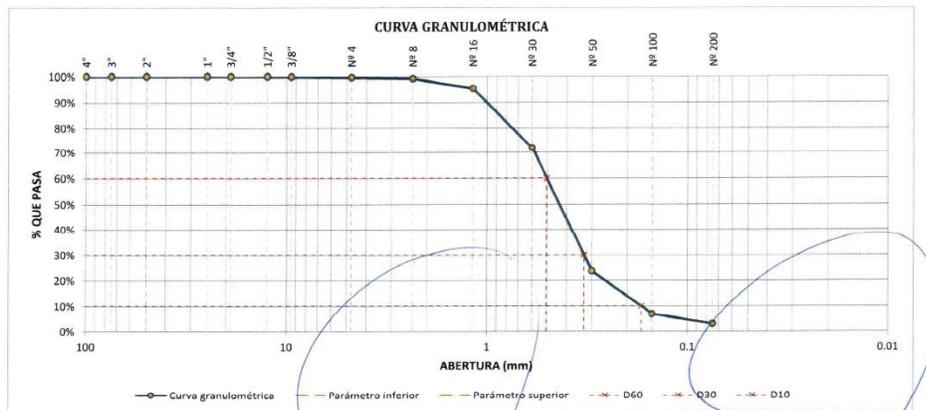
MATERIAL NO LAVADO	
Peso total de la muestra =	1,804.42 gr
Peso de la fracción no lavada =	0.00 gr
Peso de la fracción para lavado =	1804.42 gr

FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO	
Peso de la fracción antes del lavado =	1804.42 gr
Peso de la fracción después de lavar =	1749.83 gr
% de la fracción lavada =	100.00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.5	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	1.96	0.11%	0.00%	0.11%	0.11%	0.11%	99.89%
Nº 4	4.75	4.03	0.23%	0.00%	0.23%	0.22%	0.33%	99.67%
Nº 8	2.36	7.89	0.45%	0.00%	0.45%	0.44%	0.77%	99.23%
Nº 16	1.180	67.83	3.88%	0.00%	3.88%	3.76%	4.53%	95.47%
Nº 30	0.600	422.52	24.15%	0.00%	24.14%	23.41%	27.94%	72.06%
Nº 50	0.300	875.48	50.03%	-0.01%	50.02%	48.51%	76.45%	23.55%
Nº 100	0.150	300.13	17.15%	0.00%	17.15%	16.63%	93.08%	6.92%
Nº 200	0.075	69.57	3.98%	0.00%	3.97%	3.85%	96.93%	3.07%
Cazuela	-	0.78	0.04%	0.00%	0.04%	0.04%	96.97%	-
Lavado	-	54.59	-	-	-	3.03%	100.00%	-
Fracción Retenida en Lavado		1750.19	100.02%	-0.02%	100.00%	96.97%		
Total		1804.78	%Error = -0.02% OK!			100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 0.33%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 96.60%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 3.07%
Total: 100.00%

Fracción Gruesa
% de grava = 0.34%
% de arena = 99.66%
Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 1/2"

Tamaño Máximo Nominal = Nº 30

D60 = 0.51 mm
D30 = 0.33 mm
D10 = 0.171 mm

Cu = 2.96
Cc = 1.257

Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

ANEXO 05 Memorias de calculo

Peso especifico



PROYCONSILVER S.C.T.L.
Laboratorio de Suelos y Materiales

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO
INFORME TÉCNICO

N° 2103-3046 A

PROYECTO:

“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN ZONAS ALTOANDINAS”



CANTERA : Agregado grueso: Huacarpay
Agregado fino: Cunya

SOLICITANTE : José Kevin Prada Muñoz

RESPONSABLE : SERGIO I. LIENDO VARGAS
INGENIERO CIVIL
CIP 65074

UBICACIÓN :
Distrito : San Jerónimo
Provincia : Cusco
Departamento : Cusco.



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



1 GENERALIDADES

El "peso específico de un suelo ", como relación entre el peso y su volumen, es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso específico de las partículas sólidas.

A solicitud del Sr. **José Kevin Prada Muñoz** se procede a realizar el informe de la mencionada propiedad Índice.

2 OBJETIVOS Y FINES

Los objetivos y fines del presente informe corresponden a determinar los valores de pesos específicos, utilizando materiales de la cantera **Cunya (Agregado Fino)** y **Huacarpay (Agregado Grueso)**, para tal fin se realizarán pruebas de laboratorio tales como: Peso Específico y Capacidad de Absorción.

3 CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO.

3.1 LISTADO DE NORMAS UTILIZADAS:

- Peso Específico y Absorción de Agregados Finos MTC E 205 – 2016
- Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos MTC E 206 – 2016

3.2 ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO.

- Gravedad Específica y Absorción de Agregados.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- ❖ Las muestras fueron proporcionadas por el interesado como representativas del material que se utilizará en el proyecto.
 - a) Agregado Grueso que corresponde a la **Huacarpay**.
 - b) Agregado Fino que corresponde a la **Cunya**.
- ❖ Los resultados se muestran en el siguiente cuadro, dejando al profesional responsable determinar la mejor intervención acorde a la importancia del proyecto.

Agregado	Peso específico (gr/cm ³)	Capacidad de absorción (%)
Ag. Grueso	2.60	1.58
Ag. Fino	2.81	2.82


Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074


Laboratorio de Suelos y Materiales
Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 66074



5 PANEL FOTOGRÁFICO

PESOS ESPECIFICOS.



Sergio Ivan Diendo Vargas
INGENIERO CIVIL

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Diendo Vargas



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto:

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN ZONAS ALTO ANDINAS

Ubicación: SAN JERONIMO

Solicita: JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ

Muestra:

Fecha: lunes, 22 de marzo de 2021

Material

Agregado: Grueso

Cantera: Huacarpay

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 206, Basado en la Norma ASTM C-127 y AASHTO T-85

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	315.44
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	320.50
Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	199.00
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.60
Peso Específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm ³)	2.64
Peso Específico Aparente (gr/cm ³)	2.71
Absorción	1.58%
Temperatura del Agua (°C)	15.7
Factor de corrección por temperatura	1.0007671
Peso Específico Aparente (gr/cm ³)	2.598

% de Error = 0.00%

< 2% Ok!

PESO ESPECÍFICO (FRACCIÓN GRUESA)



PESO ESPECÍFICO DE GRAVAS = 2.60 gf/cm³

ABSORCIÓN = 1.58 %



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto:

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN ZONAS ALTO ANDINAS

Ubicación: SAN JERONIMO

Solicita: JOSE KEVIN PRADA MUÑOZ

Muestra:

Fecha: lunes, 22 de marzo de 2021

Material

Agregado: Fino

Cantera: Cunya

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

MTC E 205 - 2016, Basado en la Norma ASTM C-128 y AASHTO T-84

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	5
Volumen del Picnómetro (ml)	500
Peso del Picnómetro (gr)	282.27
Peso de la Muestra Seca (gr)	292.00
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	856.56
Temperatura del Agua (°C)	20.0
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	300.24
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	668.66
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	187.90
Peso del Agua Desplazada (gr)	104.10
Peso Especifico a Temperatura de Ensayo (gr/cm3)	2.805
Factor de corrección por Temperatura	1.0006716
Peso del Agua Absorbida (gr)	8.24
Peso Especifico (gr/cm3)	2.807
Capacidad de Absorción	2.822%

% de Error		
Peso Especifico	0.00%	Ok!
Capacidad de Absorción	0.00%	Ok!



PESO ESPECÍFICO = 2.81 gr/cm3
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN = 2.82%



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

Anexo 06 Diseño de Mezcla Asfáltica



Laboratorio de Suelos y Materiales
PROYCON SILVER S.C.R.L.

INFORME TÉCNICO
N°2103 – 3035 A

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

NORMATIVA NACIONAL MTC E504, MTC E505, MTC E506, E507, E508, MTC E514
NORMATIVA INTERNACIONAL ASTM D1559, ASTM D1188

OBRA:

**"COMPORTAMIENTO MECANICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE
PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021 ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA
PAVIMENTOS FLEXIBLES EN ZONAS ANDINAS - SAN JERONIMO - CUSCO"**



SOLICITANTE : JOSE KEVIN PRADA MUÑOS
RESPONSABLE : SERGIO I. LIENDO VARGAS
INGENIERO CIVIL
CIP 65074
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
DEPARTAMENTO : CUSCO

Marzo del 2021



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
R.F.G. CIP. 65074

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



1. OBJETIVO

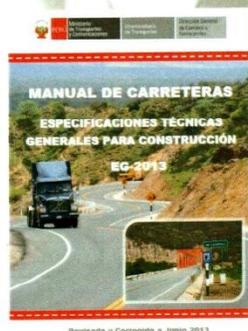
Realizar el **DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE POR EL MÉTODO MARSHALL** conformado por los agregados pétreos otorgadas por el solicitante para el proyecto **"COMPORTAMIENTO MECANICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021 ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN ZONAS ANDINAS - SAN JERONIMO - CUSCO"**, para lo cual se consideró los siguientes propósitos:

- Determinar los **PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS** (Vacíos totales en la mezcla, VTM; Vacíos en el agregado mineral, VMA; Vacíos llenos con asfalto, VFA; y Densidad ρ de la mezcla asfáltica) de cada probeta de mezcla asfáltica a diferentes porcentajes de Asfalto (4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7.0%) haciendo un total de 18 probetas hasta obtener el Contenido Óptimo de Asfalto, cuyos parámetros deberán cumplir con las Especificaciones mínimas y máximas según el Manual EG – 2013 (MTC).
- Determinar los valores de **FLUJO Y ESTABILIDAD MARSHALL** de cada probeta de mezcla asfáltica a diferentes porcentajes de Asfalto (4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7.0%) hasta obtener el Contenido Óptimo de Asfalto, cuyos valores deberán cumplir con las Especificaciones mínimas y máximas según el Manual EG – 2013 (MTC).

2. REQUERIMIENTOS Y NORMATIVAS

El presente estudio se rige a las especificaciones, requisitos y recomendaciones señaladas en:

- **MTC (2013) "Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG - 2013"** – Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, aprobado mediante D.S. N° 034 – 2008 – MTC, realizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú – MTC.
- **MTC (2016) "Manual de Ensayos de Materiales"** – Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, aprobado mediante RD N° 18 – 2016 – MTC/14 que incluyen las Normas de la ASTM (American Society for Testing Materials) y la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).



Laboratorio de Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

2.1. REQUERIMIENTO NORMATIVO PARA LA GRADACIÓN DE LOS AGREGADOS USADOS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

La gradación de los agregados pétreos para la producción de mezcla asfáltica en caliente deberá ajustarse a alguna de las siguientes gradaciones. Ver **Tabla 1**.



Tabla 1 Gradaciones de los Agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente (MAC)

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG – 2013)

Según Minaya y Ordoñez, "Manual de Laboratorio de Ensayos para Pavimentos" – UNI, la gradación es una de las más importantes propiedades de los agregados, el cual afecta casi todas las propiedades importantes de una mezcla asfáltica, incluyendo dureza, estabilidad, durabilidad, permeabilidad, trabajabilidad, resistencia a la fatiga, resistencia al rozamiento, y resistencia a la humedad. Teóricamente, es razonable que la mejor gradación es la densa o bien gradada.

2.2. REQUERIMIENTO NORMATIVO PARA EL CEMENTO ASFÁLTICO

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 2**.

Tabla 2 Selección del Tipo de Cemento Asfáltico

TEMPERATURA MEDIA ANUAL			
24°C ó (+)	24° - 15°C	15°-5°C	(-) de 5°C
PEN 40 – 50 60 – 70 Modificado	PEN 60 – 70	PEN 85 – 100 120 – 150	Asfalto Modificado

Fuente: Minaya González & Ordoñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos, 2006

2.3. REQUERIMIENTO NORMATIVO PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA

Tabla 3 Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso según el Manual de Carreteras EG - 2013

PARÁMETRO DE DISEÑO MARSHALL MTC E 504	CLASE DE MEZCLA		
	A	B	C
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínima)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1)	3-5	3-5	3-5

Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
R.F.C. C.I.P. 65074

Laboratorio de
Suelos y Materiales



5. Vacíos llenos con asfalto	Mezcla Asfáltica tipo Superpave Vacíos llenos con asfalto (VFA)		
	Tráfico (millones de eje equivalentes)	VFA	
	≤ 0,3	70 - 80	
	> 0,3 - 3	65 - 78	
>3	65 - 75		
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6 - 1,3	0,6 - 1,3	0,6 - 1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700 – 4.000		
RESISTENCIA CONSERVADA EN LA PRUEBA DE TRACCIÓN INDIRECTA (AASHTO T283, MTC E 522)	80 Mín.		
INMERSIÓN – COMPRESIÓN (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión (Mpa mín)	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida% (mín)	75	75	75

- (1) A la fecha, se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorias en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.
(2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0.075mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.
(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Estabilidad/Flujo sea de menor magnitud posible.
(4) El índice de Compactibilidad mínimo será 5. El índice de Compactibilidad se define como: $\frac{1}{GEB50 - GEB5}$; siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas Bulk de las briquetas a 50 y a 5 golpes.
Fuente: Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción" EG – 2013 (p.570)

Tabla 4 Vacíos mínimos en el Agregado Mineral (VMA) según el Manual de Carreteras EG – 2013

TAMIZ	VMA %	
	MARSHALL	SUPERPAVE
2,36mm (N°8)	21	-
4,75mm (N°4)	18	-
9,50mm (3/8")	16	15
12,5mm (1/2")	15	14
19,0mm (3/4")	14	13
25,0mm (1")	13	12
37,5mm (1 1/2")	12	11
50,0mm (2")	11,5	10,5

Fuente: Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción" EG – 2013 (p:571)
Nota: Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la Subsección 423.02(c). Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

En la **Tabla 5** se muestra el criterio de Diseño Marshall para superficies y bases, según The Asphalt Institute.

Tabla 5 Criterio de Diseño Marshall para superficies y bases según el Instituto del Asfalto


Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

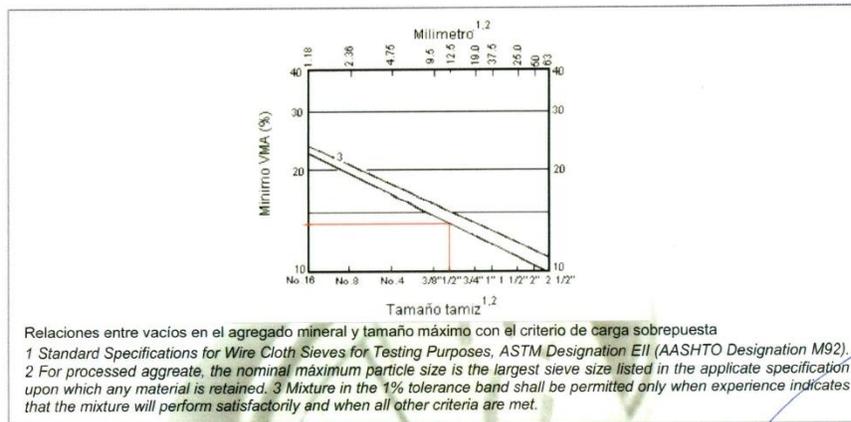

Laboratorio de
Suelos y Materiales


Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



CRITERIO DE MEZCLAS MÉTODO MARSHALL	TRÁFICO					
	LIGERO		MEDIO		PESADO	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
COMPACTACIÓN N° Golpes/Cara	35		50		75	
ESTABILIDAD lb (N)	750 (333)		1200 (5333)		1800 (8000)	
FLUJO 0.01pulg. (0.25mm)	8	18	8	16	8	14
VTM (%)	3	5	3	5	3	5
VMA (%)	Ver el gráfico siguiente					

Fuente: Mix Design Methods por Asphalt Concrete and Other Hot Mix Tipes. The Asphalt Institute, MS-02, 1984.



2.4. ENSAYOS NORMADOS

- **NORMA PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA GRADACIÓN DE LOS AGREGADOS**
 MTC E204 "Análisis Granulométrico de los Agregados Gruesos y Finos"
 MTC E503 "Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de Mezclas Asfálticas"

- **NORMAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS**

- MTC E205 "Gravedad Específica Bulk de los Agregados Finos"
- MTC E206 "Gravedad Específica Bulk de los Agregados Gruesos"
- ASTM D1188 "Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas"
- MTC E505 "Porcentaje de Vacíos de Aire en Mezclas Asfálticas Compactadas"
- MTC E508 "Gravedad Específica Teórica Rice"
- MTC E514 "Peso Específico Aparente y Peso Unitario de Mezclas Asfálticas compactadas empleando Especímenes Saturados con Superficie Seca"

- **NORMAS PARA EL CONTROL DEL FLUJO Y ESTABILIDAD MARSHALL**

- MTC E504 "Resistencia de Mezclas Bituminosas empleando el Aparato Marshall"
- MTC E507 "Espesor de Especímenes Compactados de Mezclas Asfáltica"
- ASTM D1559 "Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Appa"

Sergio Ivan Liendo Vargas
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 65074

Laboratorio de Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



3. CONSIDERACIONES DE ESTUDIO

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

- Se realizó los Ensayos de Granulometría a los Agregados proveídos a laboratorio, referentes a la **Cantera de Huacarpay** (Piedra chancada), Arena Gruesa de Huacarpay y Arena Fina de la **Cantera de Huacarpay**, para que, en combinación, CUMPLA con la Gradación MAC – 2 del EG – 2013 (MTC). A su vez, se realizó los Ensayos de Peso Específico y Absorción como datos necesarios para el Diseño Marshall.
- Se prepararon 18 especímenes; tres especímenes compactados por cada porcentaje de contenido de asfalto con incrementos porcentuales de 0.5% (Porcentajes de Diseño al 5.5%, 6%, 6.5%, 6.5% y 4% Boro Silicato, 6.5% y 5% Boro Silicato, 6.5% 6% Boro Silicato, de Cemento Asfáltico Convencional PEN 120/150).
- De acuerdo a las Especificaciones EG – 2013 se determinó el número de 75 golpes por cada cara de las briquetas para la compactación Marshall, refiriéndose el Diseño para un Pavimento de tráfico pesado.
- La **ESTABILIDAD** se define como la capacidad de la mezcla para resistir desplazamientos y deformación, la cual depende de la fricción y cohesión interna. La fricción interna entre las partículas de agregado se relaciona con sus características geométricas y textura, mientras que la cohesión proviene de la capacidad del ligante para mantener unidas las partículas. El valor de la Estabilidad, mide la resistencia estructural de la mezcla asfáltica. (MTC E504)
- El valor del **FLUJO** es la deformación vertical total del espécimen sometido a la máxima carga, punto en el cual la carga empieza a decrecer. Puede indicar el potencial de la deformación permanente en mezclas de gradación densa. Si el flujo en el contenido óptimo de asfalto sobrepasa el límite superior, la mezcla se considera demasiado plástica o inestable, y si está bajo el límite inferior esta se considera demasiado rígida. (MTC E504)

3.2. CONTROL DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS

- Cálculo de gravedad específica Bulk de la combinación de Agregados en la Mezcla.
- Medida de la gravedad específica Bulk de la mezcla compactada. (ASTM D1188 o ASTM D2726 o AASHTO T166).
- "Peso Específico Aparente y Peso Unitario de Mezclas Asfálticas Compactadas, empleando Especímenes Saturados con Superficie Seca" (MTC E 514 – 2016).
- Cálculo del porcentaje de vacíos en el agregado mineral en la mezcla compactada, VMA.
- Cálculo del porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada, VTM mediante Ensayo "Porcentaje de Vacíos de Aire en Mezclas Asfálticas Compactadas Densas y Abiertas" (MTC E 505 – 2016).


Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 65074

 Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



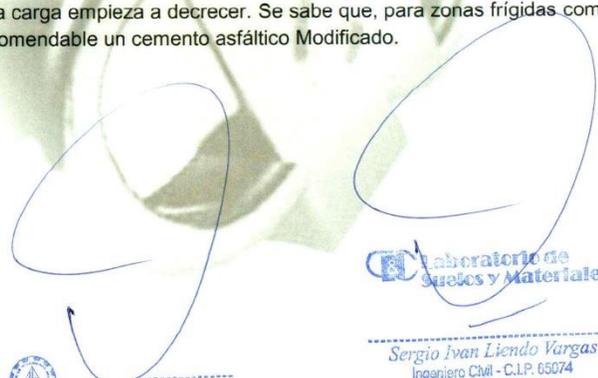
- Cálculo del porcentaje de vacíos llenos con asfalto en la mezcla compactada, VFA.

3.3. CONTROL DEL FLUJO Y ESTABILIDAD MARSHALL

- Medida de la Resistencia Estructural y Deformación de la Mezcla Asfáltica en Caliente mediante el Ensayo "Resistencia de Mezclas Bituminosas empleando el Aparato Marshall" (MTC E 504 – 2016).
- Espesor o Altura de Especímenes Compactados de Mezclas Asfáltica (MTC E 507 – 2016).
- "Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas Asfálticas para Pavimentos" (MTC E502 – 2016 y ASTM D2172).
- "Análisis Mecánico de los Agregados extraídos de Mezclas Asfálticas" (MTC E503 – 2016).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los asfaltos convencionales, aun con los grados más duros no es posible eliminar el problema de deformaciones producidas por el tránsito.
- Los asfaltos convencionales poseen propiedades satisfactorias tanto mecánicas como de adhesión y bajo distintas condiciones de clima y de tránsito, pero actualmente debido a la gran demanda de tránsito y climas, estos asfaltos no satisfacen algunas expectativas tal como cumplir un determinado periodo de diseño.
- El valor del **FLUJO** es la deformación vertical total del espécimen sometido a la máxima carga, punto en el cual la carga empieza a decrecer. Se sabe que, para zonas frías como la región del Cusco, es recomendable un cemento asfáltico Modificado.




Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 65074

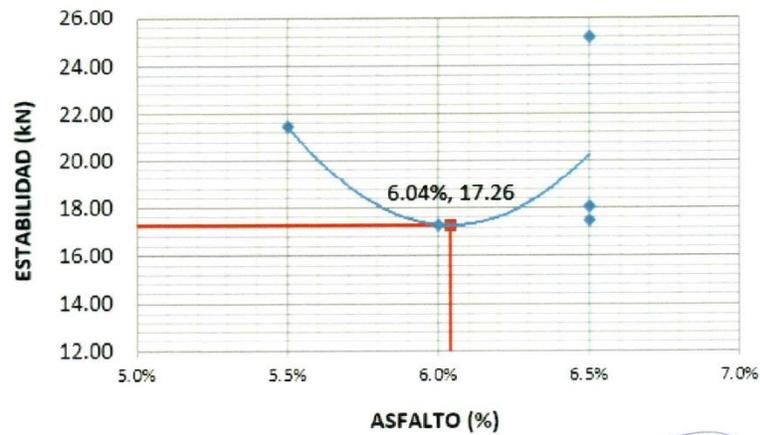
Laboratorio de
Suelos y Materiales

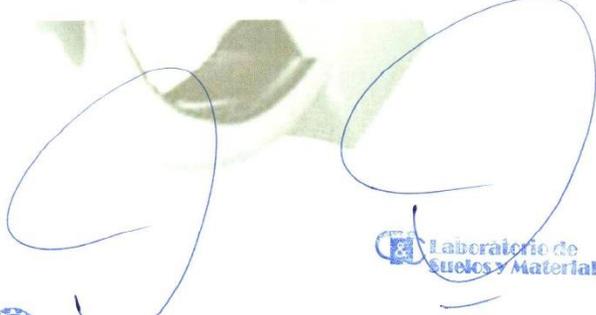
Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



"MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO"	
Obtención del Contenido Óptimo de Asfalto	
CONSIDERACIONES	%CA
PICO DE LA CURVA DE ESTABILIDAD	6.04%
PICO DE LA CURVA DE PESO UNITARIO	6.36%
4% VOLUMEN TOTAL DE LA MEZCLA	6.57%
%CA PROMEDIO	6.32%

ESTABILIDAD VS. % DE ASFALTO



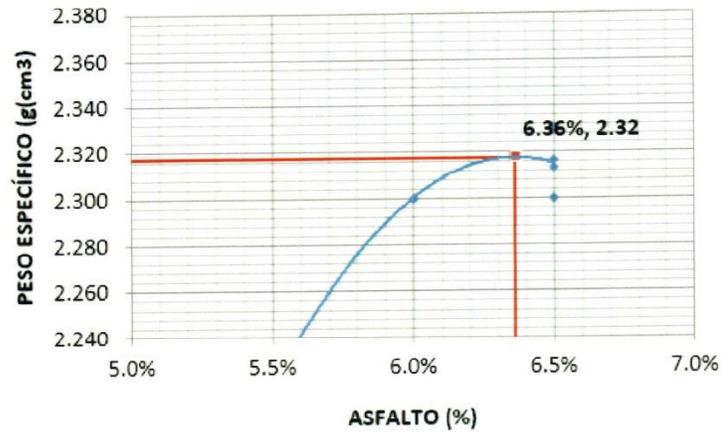


Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

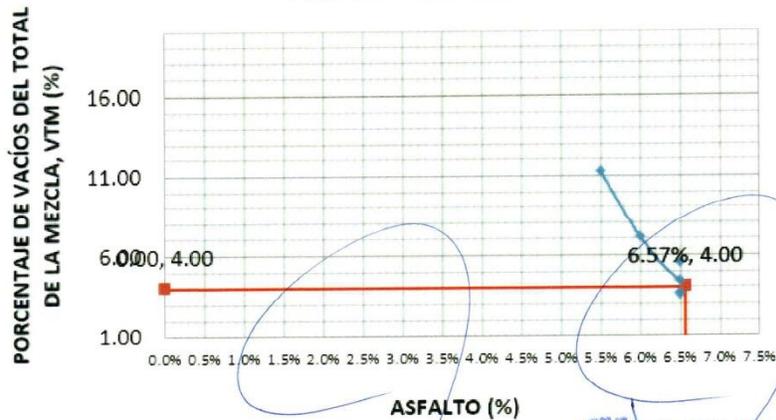
Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PESO ESPECÍFICO VS. % DE ASFALTO



VTM VS. % DE ASFALTO




Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

 Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



Laboratorio de Suelos y Materiales
PROYCON SILVER S.C.R.L.

"RESULTADOS DEL DISEÑO MAC - MÉTODO MARSHALL"
 Norma Nacional MTC E 504 e Internacional ASTM D 1559

PARÁMETRO	UND	PORCENTAJE DE ASFALTO						ESPECIFICACIÓN
		5.50%	6.0%	6.5%	A-6.5% BS-4%	A-6.5% BS-5%	A-6.5% BS-6%	
ESTABILIDAD	kN	21.44	17.30	18.05	25.19	17.47	16.53	Mínimo 8.15
FLUJO	mm	5.63	6.06	4.17	5.94	5.81	5.87	2.00 - 4.00
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO	kg/cm	3807.41	2854.79	2532.59	2907.29	2540.02	2159.94	1700 - 4000
PESO ESPECÍFICO BULK	-	2.225	2.293	2.336	2.353	2.293	2.336	
Número de golpes de Compactación	n°				75			75
Tiempo de Inmersión en Baño María	min				30			30 - 40
Temperatura de Inmersión en Baño María	°C				60			60° ± 1°



Sergio Ivan Liendo Vargas
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 65074

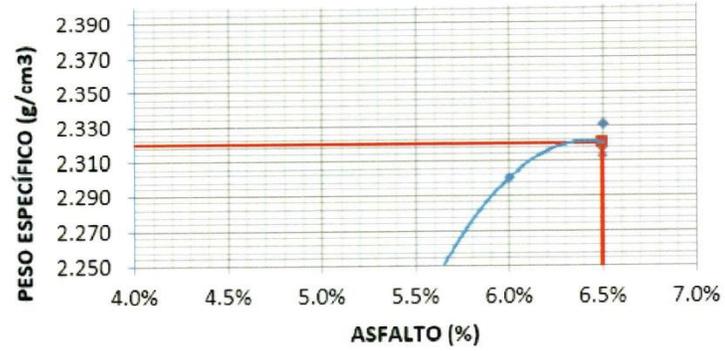
laboratorio de
 SUELOS Y MATERIALES

Sergio Ivan Liendo Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

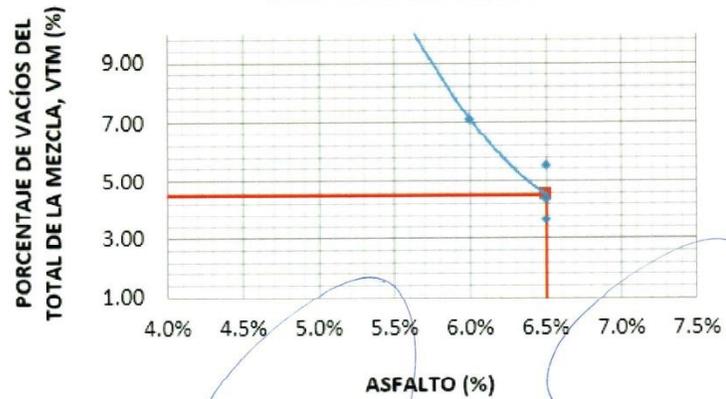
Cusco: Barrio Profesional C-1 - Cuzco, Tel.: (084) 2547730, Claro: 984621489, Movistar: 984727700
www.proyconsilver.com, ageneral@proyconsilver.com



PESO ESPECÍFICO VS. % DE ASFALTO



VTM VS. % DE ASFALTO



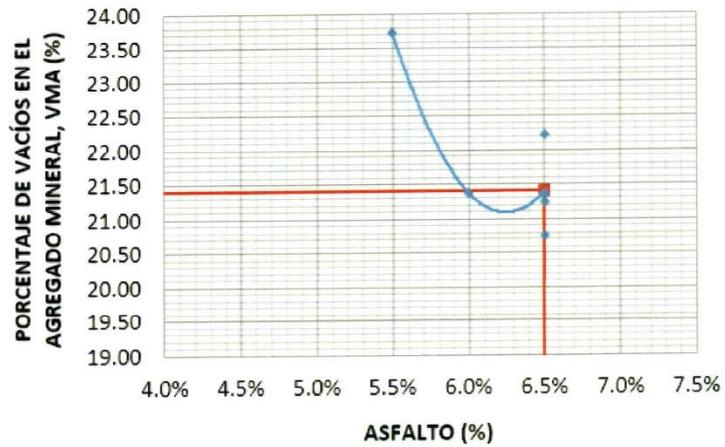
Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

Laboratorio de Suelos y Materiales

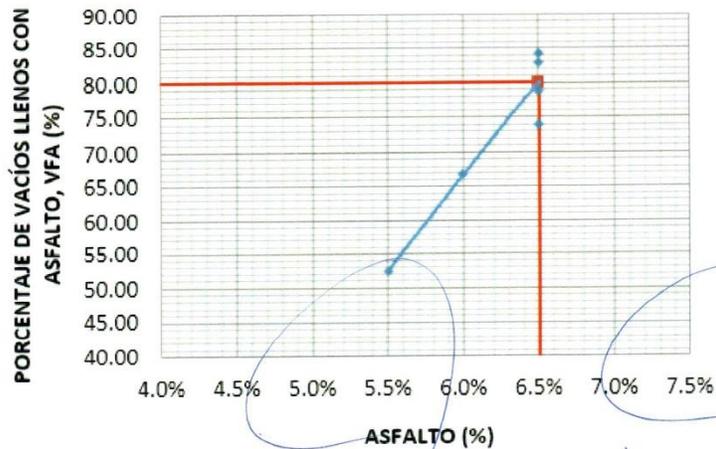
Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



VMA VS. % DE ASFALTO



VFA VS. % DE ASFALTO



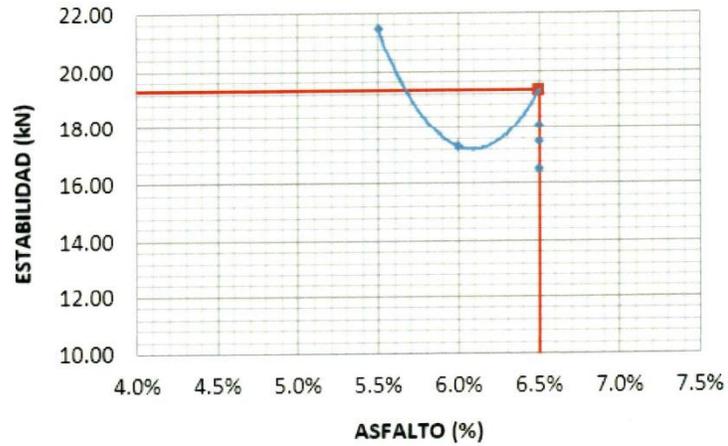
Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP- 65074



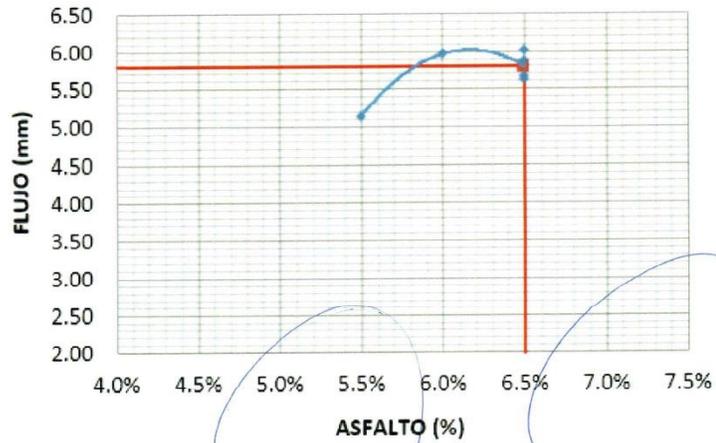
Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



ESTABILIDAD VS. % DE ASFALTO



FLUJO VS. % DE ASFALTO



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074



Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



6. PANEL FOTOGRÁFICO

"DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE" MÉTODO MARSHALL

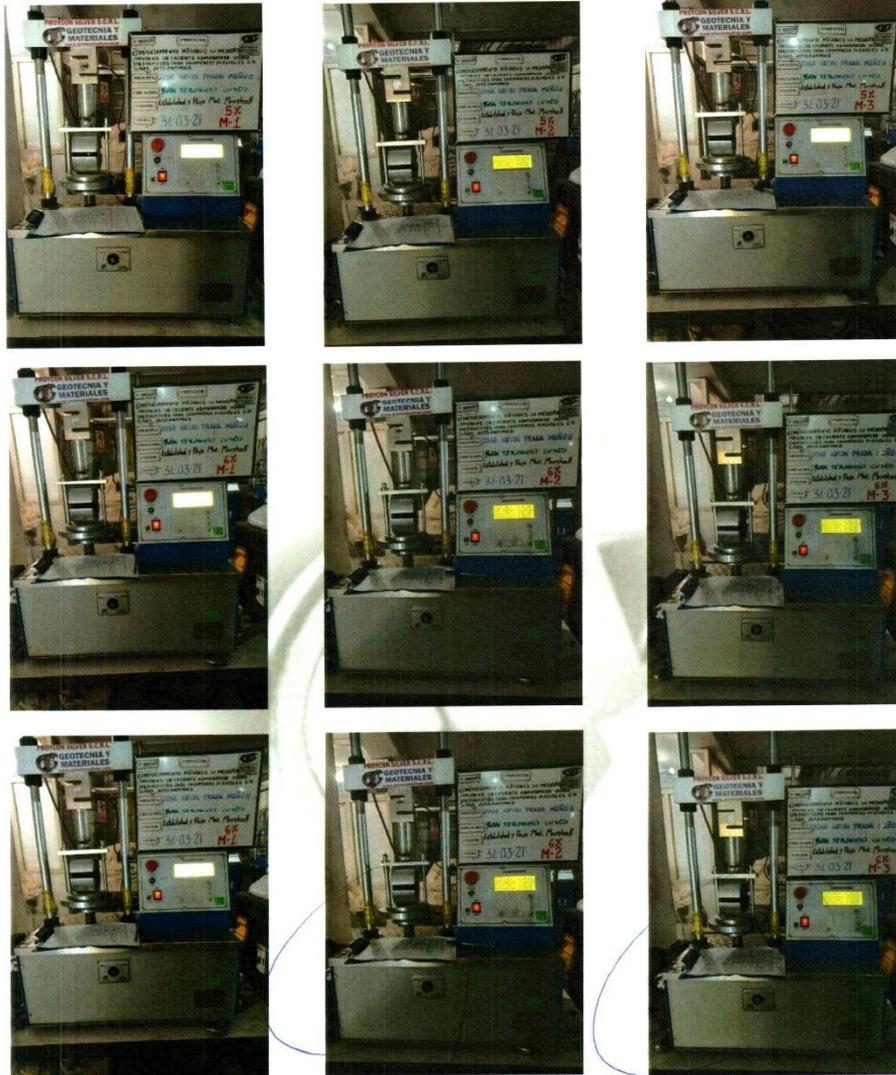
ROTURA DE BRIQUETAS MARSHALL ESPECÍMENES CON CONTENIDO DE ASFALTO CONVENCIONAL CON INCREMENTOS PORCENTUALES DE 5.5% al 6.5%



ROTURA DE BRIQUETAS MARSHALL



**ESPECÍMENES CON CONTENIDO DE ASFALTO 6.5%, ADICIONANDO 4%,5% y 6%
BOROSILICATO**



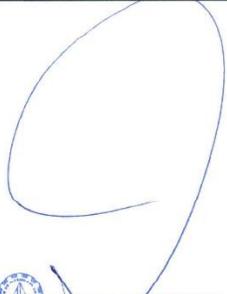
Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
R.F.C. CIP. 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

	PROYCON SILVER S.C.R.L. Laboratorio de Suelos y Materiales	
	PROYECTO:	COMPORTAMIENTO MECANICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021 ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN ZONAS ANDINAS - SAN JERONIMO - CUSCO
	UBICACIÓN:	CUSCO
	SOLICITA:	JOSE KEVIN PRADA MUÑOS
	MUESTRA:	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
FECHA:	Marzo del 2021	

MAC AL 5.71% DE C.A. (TRAMO DE PRUEBA - SICUANI)						
GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK PROMEDIO DE LOS ESPECÍMENES (Gmb)						
Código	CA	VIDRIO	WD	WSUB	WSSD	Gmb
Probeta	%	%	Peso al aire (g)	Peso sumergido (g)	Peso superficialmente seco (g)	Gravedad Especifica Bulk del espécimen
M-1	6.5	4.0	1314.700	755.500	1316.000	2.346
M-2			1319.140	761.000	1320.000	2.360
M-3			1314.430	757.000	1315.500	2.354
M-1	6.5	5.0	1307.510	750.500	1309.000	2.341
M-2			1311.430	747.000	1314.500	2.311
M-3			1313.370	750.500	1315.000	2.327
M-1	6.5	6.0	1312.040	747.000	1314.000	2.314
M-2			1315.140	746.000	1317.500	2.301
M-3			1311.100	746.000	1312.500	2.314



 Sergio Ivan Liendo Vargas
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 65074



 Laboratorio de Suelos y Materiales
 Sergio Ivan Liendo Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

Código	C.A.	Estabilidad corregida	Estabilidad Promedio	Altura aproximada del espécimen	Flujo Marshall	Flujo	Promedio
M-1	4.000	26.730	25.190	6.716	6.590	5.942	
M-2		26.540		6.898	4.960		
M-3		22.300		6.580	5.460		
M-1	5.000	19.450	17.473	6.729	5.330	5.813	
M-2		17.860		6.918	6.040		
M-3		15.110		6.795	5.530		
M-1	6.000	15.480	16.527	6.795	5.760	5.867	
M-2		15.290		6.834	6.520		
M-3		18.810		6.936	5.320		

	PROYCON SILVER S.C.R.L. Laboratorio de Suelos y Materiales	
	PROYECTO:	COMPORTAMIENTO MECANICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021 ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN ZONAS ANDINAS - SAN JERONIMO - CUSCO
	UBICACIÓN:	CUSCO
	SOLICITA:	JOSE KEVIN PRADA MUÑOS
	MUESTRA:	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
FECHA:	Marzo del 2021	

ESPECIMENES FABRICADOS IN SITU
ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 65074

Laboratorio de Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

 PROYCON SILVER S.C.R.L. Laboratorio de Suelos y Materiales						
PROYECTO:		COMPORTAMIENTO MECANICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE PARA ZONAS ALTO ANDINAS CUSCO 2021 ADICIONANDO VIDRIO BOROSILICATO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN ZONAS ANDINAS - SAN JERONIMO - CUSCO				
UBICACIÓN:		CUSCO				
SOLICITA:		JOSE KEVIN PRADA MUÑOS				
MUESTRA:		MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE				
FECHA:		Marzo del 2021				
CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (CA: 4.0%)						
FLUJO Y ESTABILIDAD MARSHALL	CONSIDERACIÓN		UNIDAD	C.A. 6.20%	ESPECIFICACIONES EG - 2013	CUMPLE/NO CUMPLE
	ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO		kN	25.19	Mínimo 8.15 kN	CUMPLE
	FLUJO PROMEDIO		mm	5.94	2 - 3.6	NO CUMPLE
	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO		kg/cm	4239.31	1700.00 - 4000.00	NO CUMPLE
CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (5.0%)						
FLUJO Y ESTABILIDAD D MARSHALL	CONSIDERACIÓN		UNIDAD	C.A. 6.20%	ESPECIFICACIONES EG - 2013	CUMPLE/NO CUMPLE
	ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO		kN	17.47	Mínimo 8.15 kN	CUMPLE
	FLUJO PROMEDIO		mm	5.81	2 - 3.6	NO CUMPLE
	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO		kg/cm	3006.16	1700.00 - 4000.00	CUMPLE
CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (6.0%)						
FLUJO Y ESTABILIDAD D MARSHALL	CONSIDERACIÓN		UNIDAD	C.A. 6.20%	ESPECIFICACIONES EG - 2013	CUMPLE/NO CUMPLE
	ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO		kN	16.53	Mínimo 8.15 kN	CUMPLE
	FLUJO PROMEDIO		mm	5.87	2 - 3.6	NO CUMPLE
	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO		kg/cm	2817.05	1700.00 - 4000.00	CUMPLE



Sergio Ivan Liendo Vargas
INGENIERO CIVIL
REG. CIP: 65074



Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

Anexo 07 Registro fotográfico.

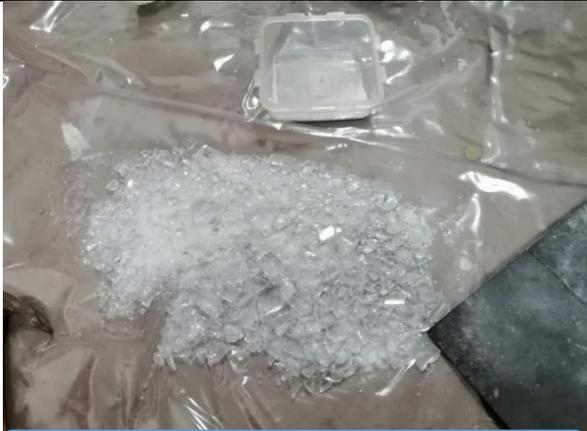


Foto 01 Vidrio Borosilicato en proceso de trituración



Foto 02 Tamizado de agregado para dosificación



Foto 03 Dosificación de los Agregados



Foto 04 Golpes con Apisonador sobre probetas



Foto 05 Muestras de Probetas convencionales



Foto 06 Prensa Marshall Estabilidad y Flujo

Anexo 08 Certificado de Calibración de Equipo



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 541 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : 196-2020
Fecha de emisión : 2021-01-04

1. Solicitante : PROYECTOS & CONSTRUCCIONES SILVER S.R.L.
Dirección : BARRIO PROFESIONAL LOTE. C-1 - CUSCO - CUSCO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : PRENSA MARSHALL

Marca de Prensa : PINZUAR
Modelo de Prensa : PS-25
Serie de Prensa : 267
Código de Identificación : NO INDICA

Marca de Celda : NO INDICA
Modelo de Celda : ST-C-5t
Serie de Celda : ZD515H0017
Capacidad de Celda : 50 kN
Procedencia : NO INDICA

Marca de Indicador : PINZUAR
Modelo de Indicador : PS-25
Serie de Indicador : 267

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
BARRIO PROFESIONAL LOTE. C-1 - CUSCO - CUSCO
29 - DICIEMBRE - 2020

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó por comparación con celda patrón

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0340 - 005 - 20	ELICROM
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	15,7	15,5
Humedad %	65	63

7. Resultados de la Medición
Los errores de la Prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 541 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
5	5,34119	5,34021	-6,82	-6,80	5,34	-6,38	0,02
10	10,6201	10,6186	-6,20	-6,19	10,62	-5,83	0,02
15	15,7279	15,7286	-4,85	-4,86	15,73	-4,63	0,00
20	20,8190	20,8146	-4,10	-4,07	20,82	-3,92	0,02
25	25,8988	25,8880	-3,60	-3,55	25,89	-3,45	0,04
30	30,9674	30,9630	-3,22	-3,21	30,97	-3,12	0,01
35	36,0345	36,0320	-2,96	-2,95	36,03	-2,87	0,01
40	41,1050	41,1045	-2,76	-2,76	41,10	-2,69	0,00

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

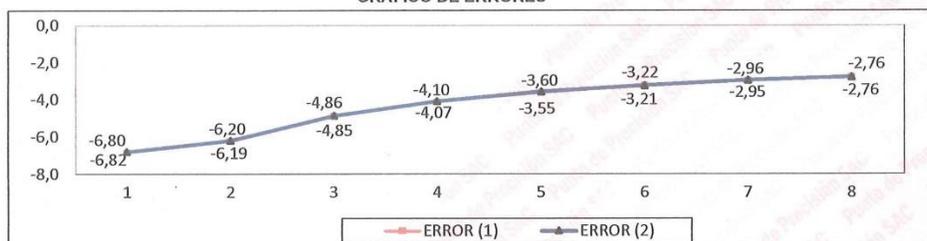
Ecuación de ajuste : $y = 0,9808x - 0,3654$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1



GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO 09TURNITIN

25%

Comportamiento de mezclas asfálticas

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	23%	1%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	8%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	1library.co Fuente de Internet	<1%