



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**"Diseño de Pavimento Flexible Incorporando Polvo de Caucho al
Asfalto del Tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022"**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil**

AUTORA:

Mejia Villanueva, Ketty Yovana (orcid.org/: 0000-0003-3287-985X)

ASESOR:

MSc. Paccha Rufasto, Cesar Augusto (orcid.org/: 0000-0003-2085-3046)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

El desarrollo de este estudio va dedicado en primer lugar a mis padres y hermanos por sus soporte y motivación durante todo el proceso de formación.

Agradecimiento

Agradecerle primero a Dios por consentirme un aliento de vida, por cuidarme, protegerme y llegar con bien hasta el día de hoy. A mis padres, hermanos y prima por los consejos, sus constantes ánimos, y su apoyo incondicional durante toda mi vida universitaria.

RESUMEN

La presente investigación tiene como título Diseño de Pavimento Flexible Incorporando Polvo de Caucho al Asfalto del Tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022, su objetivo de la investigación fue: Diseñar pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022. La metodología del estudio fue de tipo de análisis aplicada, de diseño experimental ya que se limita a las cantidades o porcentaje de material a emplear. La población fue tramo (km 0+000 al 140+180) Recuay – Aija –Huarmey. La muestra tomada fue tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija. La técnica que se empleo fue la directa observación de los materiales elaboración de muestreos en laboratorio y los instrumentos fueron las fichas de recopilación de data. La validez de los instrumentos a cargo de profesionales de acuerdo al rubro, basados a los criterios de nuestra escuela profesional.

Al examinar los resultados se obtuvo que, al adicionar polvo de caucho al asfalto por vía húmeda se logró diseñar donde aumenta su flujo y disminuir los % vacíos las cuales se encuentra dentro de los parámetros establecidos. En consecuencia, con respecto al objetivo de análisis se puede diseñar pavimentos flexibles incorporando el 2% polvo de caucho siendo quien cumple las normativas. Se recomienda diseñar respetando parámetros para que el producto sea de calidad y eficientes la cual contribuirá a cumplir el propósito y así llegar hacer un buen diseño final.

Palabras claves: Pavimento flexible, mezcla asfáltico polvo de caucho, cemento asfáltico.

Abstract

This research is entitled Design of Flexible Pavement Incorporating Rubber Powder into the Asphalt of the Section km 0+000 to 1+400 Recuay - Aija, Ancash 2022, its objective of the investigation was: Design flexible pavement incorporating rubber powder into the asphalt of the section km 0+000 to 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022. The method of the study was of the type of applied analysis, of experimental design since it is limited to the quantities or percentage of material to be used. The population was section (km 0+000 to 140+180) Recuay – Aija –Huarmey. The sample taken was section km 0+000 to 1+400 Recuay – Aija. The technique used was the direct observation of the materials, elaboration of samples in the laboratory and the instruments were the data collection sheets. The validity of the instruments in charge of professionals according to the category, based on the criteria of our professional school.

When examining the results, it was obtained that, by adding rubber powder to the asphalt by the wet route, it was possible to design where its flow increases and the void percentages decrease, which is within the established parameters. Consequently, with respect to the objective of analysis, flexible pavements can be designed incorporating 2% rubber powder, being the one that complies with the regulations. It is recommended to design respecting parameters so that the product is of quality and efficient, which will contribute to fulfilling the purpose and thus achieve a good final design.

Keywords: Flexible pavement, asphalt mix, rubber powder, asphalt cement.

Índice de contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	5
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	20
3.2. Variables y operacionalización	21
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.5. Procedimientos	25
3.6. Método de análisis de datos	39
3.7. Aspectos éticos	39
IV. RESULTADOS	40
V. DISCUSIÓN	87
VI. CONCLUSIONES	91
VII. RECOMENDACIONES	93

Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de resultados – Proctor modificado.....	30
Tabla 2: Resumen de resultados – CBR.....	30
Tabla 3: Cálculo de ejes equivalente (ESAL).....	42
Tabla 4: Factor de distribución direccional y de carril.....	43
Tabla 5: parámetros de confiabilidad (R%).....	45
Tabla 6: Desviación estándar normal (ZR).....	46
Tabla 7: Desviación estándar combinada (S0).....	46
Tabla 8: Nivel de serviciabilidad inicial	47
Tabla 9: Nivel de serviciabilidad final..	48
Tabla 10: Categoría de sub rasante.....	49
Tabla 11: Velocidad de diseño del tramo homogéneo.....	52
Tabla 12: Datos para hallar frecuencia de carga.....	52
Tabla 13: Espesores en pulgadas.....	54
Tabla 14: Características de drenaje.....	56
Tabla 15: Diseño Marshall de la mezcla patrón.....	60
Tabla 16: Resumen mezcla asfáltica adicionando polvo de caucho.....	67
Tabla 17: Resumen comparación de densidades.....	68
Tabla 18: Resumen comparación de vacíos.....	79
Tabla 19: Resumen comparación de VMA.....	70
Tabla 20: Resumen comparación de VFA.....	71
Tabla 21: Resumen comparación de flujo.....	72
Tabla 22: Resumen comparación de estabilidad.....	73

Índice de figuras

Figura 1: Características Químicas.....	14
Figura 2: Características Químicas	14
Figura 3: Características físicas.....	15
Figura 4: Tabla de operacionalización de variables.....	23
Figura 5: Ubicación área de estudio.....	25
Figura 6: Reconocimiento del área de estudio.....	25
Figura 7: Equipo de levantamiento topográfico.....	26
Figura 8: Área levantada y plasmada en plano.....	26
Figura 9: Ubicación de calicatas.....	27
Figura 10: Resumen de resultados – Mecánica de suelos	28
Figura 11: Resumen de resultados – Característica del suelo	28
Figura 12: Sistema de clasificación de suelos AASTHO.....	29
Figura 13: Formato de conteo y clasificación vehicular	31
Figura 14: Ubicación de material para los ensayos de laboratorio – Cantera Gloria.....	32
Figura 15: Análisi Granulométrico por tamizado.....	34
Figura 16: Granulométrica Resultante (MAC-2).....	35
Figura 17: Curva Granulométrica.....	36
Figura 18: Agregado grueso y fino mezcla asfáltica en caliente.....	37
Figura 19: Coeficiente estructural de la sub base.....	50
Figura 20: Coeficiente estructural de la base.....	51
Figura 21: Temperatura media del aire anual (°c).....	53
Figura 22: Para hallar Mr en Mpa.....	55
figura 23: Espesores de las capas del pavimento flexible (muestra patrón).....	59

Figura 24: Diseño Marshall de la mezcla patrón – densidad.....	61
Figura 25: Diseño Marshall de la mezcla patrón – vacíos.....	61
Figura 26: Diseño Marshall de la mezcla patrón – VMA.....	62
Figura 27: Diseño Marshall de la mezcla patrón – VFA.....	62
Figura 28: Diseño Marshall de la mezcla patrón – flujo.....	63
Figura 29: Diseño Marshall de la mezcla patrón – estabilidad.....	63
Figura 30: Ensayo Marshall 5.9% C.A con 1% de polvo de caucho.....	64
Figura 31: Ensayo Marshall 5.9% C.A con 2% de polvo de caucho.....	65
Figura 32: Ensayo Marshall 5.9% C.A con 3% de polvo de caucho.....	66
Figura 33: Variación de la densidad.....	68
Figura 34: Variación de los vacíos de la mezcla asfáltica.....	69
Figura 35: Variación de VMA.....	70
Figura 36: Variación de VFA.....	71
Figura 37: Variación del flujo.....	72
Figura 38: Variación de estabilidad.....	73
Figura 39: Área de estudio sin señales de seguridad vial.....	76
Figura 40: Distancia de visibilidad.....	76
Figura 41: Panamericana Huaraz-Lima, entre el tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija.....	77
Figura 42: Tramos que necesitan ser señalizadas.....	77
Figura 43: Señal incorporación de tránsito a la izquierda y preventiva.....	78
Figura 44: Tramos que no cuentan con señalización.....	78
Figura 45: Señal curva y contra – curva pronunciada a la izquierda, derecha y velocidad.....	78
Figura 46: Accidentes frecuentes en temporadas de lluvias.....	79

Figura 47: Plano de señalización progresivas 0+000 al 0+900.....	80
Figura 48: Plano de señalización progresivas 0+900 al 1+400.....	81
Figura 49: Análisis costo unitario convencional	83
Figura 50: Análisis costo unitario modificado... ..	84
Figura 51: Comparación de costos: asfalto convencional vs asfalto modificado...85	
Figura 52: Comparación de costos.....	85

Índice de anexos

- Anexo 1: Matriz de consistencia
- Anexo 2: Formato de conteo vehicular de 8 días
- Anexo 3: Ensayo de CBR – calicata 01
- Anexo 4: Ensayo de CBR – calicata 01
- Anexo 5: Ensayo de CBR – calicata 02
- Anexo 6: Ensayo de CBR – calicata 02
- Anexo 7: Ensayo de CBR – calicata 03
- Anexo 8: Ensayo de CBR – calicata 03
- Anexo 9: Análisis granulométrico de suelo por tamizado – calicata 01
- Anexo 10: Análisis granulométrico de suelo por tamizado – calicata 02
- Anexo 11: Análisis granulométrico de suelo por tamizado – calicata 03
- Anexo 12: Determinación de LL, LP y IP – calicata 01
- Anexo 13: Determinación de LL, LP y IP – calicata 02
- Anexo 14: Determinación de LL, LP y IP – calicata 03
- Anexo 15: Ensayo de compactación Proctor modificado– calicata 01
- Anexo 16: Ensayo de compactación Proctor modificado– calicata 02
- Anexo 17: Ensayo de compactación Proctor modificado– calicata 03
- Anexo 18: Análisis granulométrico por tamizado
- Anexo 19: Mezcla de agregados
- Anexo 20: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 5.5%
- Anexo 21: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 6%
- Anexo 22: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 6.5%
- Anexo 23: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 7%
- Anexo 24: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 7.5%
- Anexo 25: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 5.9%
- Anexo 26: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 5.9%
- Anexo 27: Ensayo Marshall C.A. + polvo de caucho (1%) = 5.9%
- Anexo 28: Ensayo Marshall C.A. + polvo de caucho (2%) = 5.9%
- Anexo 29: Ensayo Marshall C.A. + polvo de caucho (3%) = 5.9%
- Anexo 30: Plano planta y perfil longitudinal (2022-T-0001_B)

Anexo 31: Límite de consistencia

Anexo 32: Proctor modificado

Anexo 33: Ensayo Marshall

Anexo 34: Ensayo Marshall

Anexo 35: Polvo de caucho

Anexo 36: Estabilidad y flujo

Anexo 37: Estabilidad y flujo

Anexo 38: Sección típica final

I. INTRODUCCIÓN

Cabe mencionar que las vías de intercomunicación y comunicación a nivel mundial aproximadamente el 90 % están constituidas por carpetas asfálticas. Del mismo modo en el Perú las redes viales están construidas por pavimentos flexibles, debido a que son económicas a comparación de otro tipo de pavimentos, siendo así una fuente muy importante para la economía y la intercomunicación entre diferentes ciudades. Evaluation of hot mix asphalt with incorporation of recycled concrete aggregates (2021, p. 9), hace referencia que la expansión monetaria y la competitividad de un país es de dominio del sector transporte.

En la actualidad la importancia y la aplicación que se le da a los tipos de diseño de mezcla asfálticas en el mundo, donde se está presentando innovaciones continuas tratando de resolver incógnitas en cada recóndito de diferentes ciudades, con la finalidad de suplir las necesidades, reevaluar y revertir la contaminación del medio ambiente mediante la reutilización de diferentes materiales reciclados.

Para los neumáticos en desuso existente normas que prohíben que su punto final sea en los vertederos ya que estos son un potencial contaminante del medio ambiente, por el mismo que tienen una elevada acción en el efecto invernadero asimismo influyen en el calentamiento global.

Según Segura A. (2019), en su artículo menciona que a nivel mundial va en aumento, especialmente en Argentina las llantas fuera de uso son enviados a las afueras de la ciudad. Por esta y otras razones, es importante evaluar nuevas aplicaciones donde se puedan utilizar en grandes cantidades de caucho en desuso en carreteras (P. 4). La falta de conciencia se lleva a cabo en todas las ciudades, ya que las personas suelen tirar los neumáticos en desuso y así incrementan la contaminación, como la migración de diferentes bacterias o plagas como los dengues, etc. Por lo tanto, necesitamos reutilizar estos materiales aplicándolos a diferentes rubros como es el caso de incorporación de polvos de NFU en los asfaltos.

Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas (2007, p. 12), sostiene que en España se originan cada año unos trecientos mil kilogramos de llantas en desuso (NFU), como en el país mencionado y América del sur se van incrementando la compra de vehículos y con ello el uso de neumáticos, del mismo modo el desuso de esta, que este último ocasionan grandes estragos irreparables si no son bien destinados.

Los neumáticos fuera de uso (NFU) son ventajosas, si son utilizadas cumpliendo los criterios de almacenamiento, producción y empleando un proceso adecuado por cada tipo de fabricación, ya que se puede hacer uso en diferentes rubros, Global EPD a verified environmental declaration (2020, p. 8), explica que también su aplicación en las mezclas bituminosas disminuiría potencialmente una contaminación masiva, para corroborar su funcionalidad de la partículas de caucho en la mezcla bituminosa se hizo un estudio las cuales se elaboró siguiendo las pautas internacionales ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, y así concluyendo que es la mejor alternativa la reutilización del NFU en las rehabilitación de vías como también la disminución del consumo de insumos nuevos y la conservación de canteras por explotar.

Al encontrarnos frente a un problema tan grave para el medio ambiente, se hacen diferentes estudios para que los residuos no lleguen a parar en las canteras de los ríos, océanos, pero si se le puede dar un uso adecuado llegan a ser un gran potencial, para los diferentes usos, así llegando a usarse como la elaboración de ladrillos, bloques para pisos, construcciones, etc.

Uno de los beneficios que nos ofrece la utilización de neumáticos reciclados es la disminución de costos por el mismo que son obtenidas a través de la recolección en los centros de tratamiento, donde son clasificados según su estado. Así mismo reemplaza a unos materiales importantes que son parte de las mezclas asfálticas convencionales como las arenas, y las piedras. Effect of incorporation by dry procedure of rubber residue obtained after removal of an airport runway in asphalt

AC-20 (2020, p 18), hace mención que la utilización de residuos de caucho como agregado fino son beneficiosos utilizar aproximadamente entre uno por ciento y tres por ciento del peso total de dicho agregado incorporado a la mezcla.

Según Reyes O. y Camacho J. (2020, p. 6) en su artículo Incidencia en el Ahuellamiento y Propiedades Mecánicas de una Mezcla Asfáltica por la Adición de Desperdicio de Llanta Usada, hacen mención que, por un exceso de carga, concentración de peso en el mismo eje del carril, en ocasiones por los procesos constructivos inadecuados y los cambios climatológicos, todo lo mencionado son influyentes en las deformaciones de un pavimento como es el ahuellamiento, para evitar este fenómeno la revista recalca que el uso de partículas de caucho son una alternativa o el remplazo granular en la construcción de pavimentos, ya que son polímeros que reestablecen las cualidades mecánicas y dinámicas de la calzada.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) quien hace seguimiento y elabora un reporte de la circulación de los vehículos por las calles de nuestra ciudad, afirma que anualmente hay un incremento significativo siendo así para el año 2021 creció un 2.70% a comparación al año 2020 (P. 1).

La iniciativa de las búsquedas de soluciones al incremento de neumáticos en desuso, como la preservación del medio ambiente, nos lleva a plantearnos y presentar esta opción de diseño incorporando polvo de caucho (NFU) a las mezclas asfálticas en caliente, los estudios realizados nos brindan buenos resultados, el acceso tramo Recuay – Aija no se encuentra pavimentada, no cuenta con señales (seguridad vial), las cuales origina accidentes, desgastes de neumáticos, especialmente en temporada de lluvias, suceden incidentes, y todo esto implica gastos para los transportistas y transeúntes.

II. MARCO TEORICO

Díaz C. y Castro L. (2017), en su investigación titulada: “Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá”. Tuvieron como objetivo evaluar el estado del arte en la incorporación de polvos de caucho recuperados en las mezclas bituminosas, su investigación se clasifica como diseño experimental enfoque cuantitativo, los autores concluyen que en los estudios revisados se han elaborado proyectos de pavimento incorporando GCR, el proceder mecánico de las mezclas, es afectado por factores externos como la temperatura, la reacción química de ambas combinaciones tiene que ver mucho con: el tipo de agregado, los procesos de reciclaje, la incorporación de aditivos.

Ayala K. y Heredia J. (2019), en su tesis titulada: “Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca”. Su objetivo principal fue valorar el resultado de la incorporación de neumáticos desusados hacia las mezclas asfálticas espesas mediante la adición de GCR en diferentes porcentajes esta es aplicada por vía seca, siendo evaluadas mediante pruebas de desempeño y por el método más usado el convencional, manteniendo así sus características de los agregados y asfalto, su análisis tiene un orden de diseño experimental y enfoque cuantitativo, los autores concluyen que los porcentajes de agregados utilizadas para la elaboración de la mezcla están regidas a los valores mínimos de estabilidad para el tránsito de vehículos pesados de hasta 817 kilogramos, a mayor porcentaje de caucho disminuye la estabilidad. Compuesto modificado con caucho sintético no son las adecuadas porque presentan deformaciones en la aplicación de carga.

Bastidas J. (2019), en su tesis titulada: “Estudio comparativo del envejecimiento a largo plazo de una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho reciclado”. Su objetivo primordial fue evaluar la reacción mecánica de mezcla bituminosa en caliente utilizando cemento asfáltico CA 60-70 y asfalto con granos de neumáticos, en estado de deterioro a largo y corto periodo, su investigación se clasifica como un enfoque cuantitativo del diseño experimental, el autor concluye que a partir de la elaboración de la propuesta, asfalto denso modificado con granos de

neumáticos y asfalto patrón de pen 60/70, luego de haber evaluado los comportamientos mecánicos mediante los resultados obtenidos de laboratorio, el autor concluye que: el cemento modificada con GCR muestra comportamientos positivos al envejecimiento gracias al módulo de resiliente quien aumenta en un 3.0 %, con una variación mínima de su rigidez de la mezcla en el tiempo, sufriendo variaciones en sus características, asimismo incrementando su duración.

Chamba F. y Benavides J. (2019), en su investigación titulada “Diseño de mezcla en caliente incorporando caucho triturado de neumáticos reciclado”. Su objetivo principal fue elaborar diseño de mezclas asfálticas mediante la adición de partículas de llantas recicladas como parte del agregado, y evaluación del desempeño de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla bituminosa mediante pruebas de mezcla de rutina entre revisiones mixtas, hacer una comparación y proyectar porcentajes para la elaboración del diseño, su investigación se clasifica como un enfoque cuantitativo del diseño experimental, los autores concluyen que la incorporación partículas de caucho más conocido como (GCR) a las mezclas, influyen positivamente para el medio ambiente, ya que reduce la emisión de nocivos, en general daños ambientales y el ecosistema, con la utilización en grandes cantidades podríamos conservar nuestro ambiente, este proceso nos ayuda re invertir los desechos.

Álvarez B. y Carrera S. (2017), en su investigación titulada “Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica”. Su objetivo inicial fue determinar los beneficios que ofrece la adición restos de llantas trituradas, incorporando a las mezclas asfálticas como un agregado más. su investigación se clasifica como un enfoque cuantitativo del diseño experimental, los autores concluyen que el grano de caucho reciclado sí funciona como compuesto del pavimento asfáltico, pero considerando 1.5% del agregado total como máximo, se podría utilizar en menor cantidad no afectaría el diseño, lo que se debe de cuidar la disminución de la estabilidad y el incremento del flujo, así mismo se debe utilizar normas como la MTC, para el tanteo de los materiales y obtener una dosificación adecuada, luego elaborar briquetas a temperaturas de 140° y 170° C, una vez elaboradas se procede a pasar por el ensayo Marshall las cuales arrojan resultados positivos o negativos según su dosificación.

Cabezas V. y Mendoza C. (2018), evidencia en su proyecto titulada: “Alternativa de diseño de mezcla asfáltica en caliente con polvo de caucho de NFU para la ciudad de Lima 2018”. su objetivo fue explicar el beneficio que causa los neumáticos fuera de uso incorporadas a las mezclas asfálticas en caliente, su investigación se clasifica como un enfoque cuantitativo del diseño experimental, los autores concluyeron que se pudo comprobar el beneficio satisfactorio que brinda el caucho al ser incorporado al cemento asfáltico en caliente, con mayor aguante, flexibilidad y mayor durabilidad para ello se utilizó la norma de carreteras del Perú y estas están regidas por las normas internacionales.

Cerda E. y Pintado Y. (2019), en su investigación titulada: “Uso del caucho en el diseño del pavimento flexible, en avenida los algarrobos, tramo Avenida las amapolas – avenida Gustavo Mohme, veintiséis de octubre, Piura - 2019”. Su objetivo inicial fue añadir partículas de caucho al diseño del pavimento flexible Su procedimiento fue descriptiva y cuantitativa, los autores concluyen que para la elaboración de un buen diseño se requiere hacer una correcta y minuciosa

dosificación de caucho como también de los agregados y por último el cemento asfáltico, estos datos serán importantes ya que definen el comportamiento de estas, para ello se utilizan el ensayo Marshall y así obtuvieron resultados como la carga máxima de 1564 lbs, que en kilogramos vendría a ser 709.42 kg. Este valor representa una buena estabilidad, así mismo se presentan tanto por ciento de vacíos igual a 19.6%, con una fluidez de 12 12% (0.01") estos ensayos y otros más fueron elaborados tomando en cuenta la normativa peruana (MTC E 518).

Castillo A. y Chavarri Vásquez A. (2020), en su proyecto titulada "Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado en Lima, 2020". Su objeto principal fue delimitar el predominio del caucho recuperadas de llantas en desuso en el diseño de mezclas en caliente. Su metodología fue experimental enfoque cuantitativo, los autores concluyeron que la cantidad de cemento asfáltico C.A. deben de ser seleccionadas mediante el proceso de granulometría cumpliendo con los requisitos de calidad solicitados por la norma, se utilizó un grado de penetración PEN 60/70, para cada 6.20% de cemento asfáltico se incorpora 1.5% de caucho reciclado estos porcentajes fueron definidas utilizando el ensayo Marshall, específicamente son ilustradas Mediante curvas de energía directamente relacionadas con los resultados técnicos del ensayo.

García A. (2020), en su proyecto titulada "Influencia de la adición de caucho granulado en 5%, 10% y 15% en la resistencia a compresión y flexión del concreto para la utilización en obras de ingeniería, Lima 2020". Su objetivo principal fue hacer la determinación de la resistencia a compresión de un concreto modelo $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con una mezcla de 5%, 10% y 15% gránulos de caucho a las edades de 7, 14 y 28 días para aplicación en obras de ingeniería, en Lima 2020. Su investigación se clasifica como un enfoque cuantitativo para el diseño experimental, el autor concluye que se logró establecer la resistencia a la flexión con la incorporación de partículas de neumáticos fuera de uso. En los ensayos elaborados se demuestra que al paso de los días estas briquetas van cambiando favorablemente, mediante los 7 días transcurridos se puede verificar el aumento de

solidez a la compresión con incorporación de gránulos de caucho a diferentes porcentajes entre 4% y 5%, a los 28 días, se realizaron ensayos para la determinación flexional, obteniendo un resultado favorable con especímenes de 10%, 5% y 4% de partículas de caucho del total de la combinación.

Godoy N. (2020), en su investigación titulada “Influencia Mecánica del polvo de caucho procedente de neumáticos en la pavimentación de carreteras en la ciudad de Lima”. Su objetivo principal fue determinar el efecto de costo de la mezcla asfáltica en la que se incorporó el polvo de caucho de llanta, su estudio se clasificó como un enfoque de diseño experimental cuantitativo, el autor concluyó que el proceso estándar de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica modificada con 0.5% de caucho económicamente comparables. Se da un resultado positivo cuando se logra reducir el costo de producción en un 4.11%, si hablamos del único método entonces este será de S/. 546,67 por metro cúbico de asfalto producido, lo que nos lleva a estimar ahorros significativos.

Quispealaya S. (2021), en su tesis titulada: “Determinación de un tramo de concentración de accidentes del km 90 al km 130 de la carretera central Lima – la Oroya y propuesta de mejoramiento en la señalización y seguridad vial para reducir la tasa de accidentes de tránsito”. Tuvo como objetivo reducir el número de accidentes de tránsito en el área de concentración de accidentes de tránsito con balizamiento vertical y horizontal, y clasifica su investigación como un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, el autor concluye que la inclusión de placas horizontales y verticales para CTA de 99.30 km a 101.30 km dio resultados positivos y efectivos, disminuyó el índice de accidentes respecto a 2020 aumentó en un 58% respecto a 2016 y 2017, y en un 52% respecto a 2018.

Ubidia L. (2019), en su proyecto titulada “Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado para minimizar la generación de fisuras del Jr. Jorge Chávez cdra. 01-09 Ciudad de Tarapoto San Martín”. Su objetivo principal es diseñar un pavimento resiliente utilizando polvo de caucho reciclado

para reducir la formación de grietas en Jr. Jorge Chávez cdra. 01-09 Ciudad de Tarapoto, San Martín Su investigación se clasifica como un método de diseño experimental cuantitativo, el autor concluye que la incorporación de partículas de llantas de desecho a la mezcla asfáltica en caliente tiene un efecto significativo dadas sus propiedades mecánicas, y se puede verificar que la el uso de caucho mejora las propiedades mecánicas de la mezcla, para obtener un contenido óptimo de cemento bituminoso de 5,70 %, y la estabilidad Marshall aumenta cuando se agrega 0,5 % de polvo de neumáticos.

Vilcheres J. (2021), en su tesis titulada: “Seguridad vial y el índice de accidentabilidad en la carretera Caraz – Yuracmarca, Ancash 2021”. Con el objetivo de determinar la relación entre la seguridad vial y los índices de accidentabilidad en la carretera Caraz - Yuracmarca, Ancash 2021, su estudio se catalogó como un enfoque de diseño experimental cuantitativo, y el autor concluyó que existe una relación buena y significativa entre la demanda y la señalización y accidentabilidad en la carretera Caraz - Yuracmarca, Ancash.

Pavimento Flexible “Es un conjunto de capas de materiales apropiados cuyas funciones es de proporcionar una superficie de rodamiento continuo resistente a las cargas de los vehículos y agentes externos, es la estructura que brinda seguridad y comodidad”. (Rodríguez A., 2005, p.165).

Mezcla Asfáltica, la mezcla asfáltica consiste en un material de roca bien graduado y cemento asfáltico como aglutinante. Se fabrica en una fábrica que calienta material rocoso a 140 o 150°C y cemento bituminoso a 110 a 130°C. (Manual Completo diseño de pavimento, 2014, p.255).

Mezcla asfáltica en caliente una vez hecha la composición granulométrica, secada y se hayan calentado los materiales pétreos a la temperatura correspondiente se procede a incorporar el cemento asfáltico, con las proporciones ya definidas, luego se prosigue a la distribución por el área y según el espesor requerida a una temperatura mayor a 90ª C (Manual Completo diseño de pavimento, 2014, p.255).

Asfalto m materiales de cemento, de color marrón oscuro, semisólido o líquido son bituminosas inapropiados se obtienen como aceite de desecho, como impurezas naturales de los crudos y las cantidades son variadas según el grado de densidad que es de 60ª C.

Es un material muy complejo, como su composición química las cuales tiene combinaciones entre carbono e hidrogeno, como también nitrógeno, azufre y oxígeno, entre otros elementos más, cada una de ellas en diferentes proporciones (Méndez J. A, 2009, p.27).

Método Marshall, este procedimiento de diseño fue ejecutado por Bruce Marshall un ingeniero quien trabajo como especialista en el Estado de Mississippi, para llegar a un método simple y sencillo como este, se hicieron diferentes tipos de ensayos como también se crearon diferentes métodos, es así que investigación tras ciertas

evaluaciones, aplicando diferentes criterios en el laboratorio de estudio se han ido mejorando, llegando así a desarrollar un criterio de diseños de mezclas.

Con este método se puede establecer el óptimo contenido de asfalto, identifica propiedades del cemento asfáltico en caliente como también establece el contenido óptimo de vacíos y establece densidades, cabe recalcar que este método solo es aplicable para mezclas de a altas temperaturas. Por este método se utilizan probetas de alturas entre 64 milímetros y 102 milímetros con diámetros de (2 1/2") y (4") (Asphalt Institute 1994, p.71).

Polvo de caucho NFU, manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas (2007) sostiene que: son partículas obtenido mediante la molienda de neumáticos en desuso, siendo separadas de las partículas no deseadas, se puede provechar el caucho en desuso en pequeñas partículas siendo así dimensiones de 0.2 mm y 0.5 mm son las más adecuadas para la adición a las mezclas en caliente (p. 3).

Asimismo, en la revista (Betún con polvo de caucho de neumáticos fuera de su vida útil 2020, p.9), afirma que la producción de polvo o partículas de neumáticos es a través de la pulverización de las cubiertas en nulidad, una vez eliminado los componentes metálicos y fibras, obteniendo así gránulos de entre 5 mm a 8 mm de tamaño.

Caucho, son materiales formadas por resinas, tienen su propia caracterización las cuales son flexible, elásticas, homogéneas, (Manuel A, 2002, p.181).

Composición de neumáticos fuera de uso (NFU), son distribuciones complicadas, donde se manipulan inclusive 200 combinados químicos las más conocidas caucho natural, caucho sintético y los agentes químicos como azufre, óxidos de zinc y aditivos (situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención de negro de humo de alta pureza, López, Alguacil y Manso, p.5).

Componente	Turismos	Vehículos	Función
	%	Pesados (%)	
Caucho y elastómeros	48	45	Estructural - Deformación
Negro de humo	22	22	Mejora de propiedades físicas
Refuerzos metálicos (acero)	15	25	Fórmación esqueleto estructural
Refuerzos textiles	5	0	Fórmación esqueleto estructural
Óxido de Zing	1.2	2.1	Catalizador
Azufre	1	1	Agente vulcanizante
Aditivos y otros	10	9	
Peso del neumático (kg)	6.5 - 9	55 - 80	

Figura 1: Características Químicas

Características químicas según (Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas, 2007, p.35), hace referencia para poder utilizar el caucho reciclado debe cumplir las siguientes características.

Composición	Método de ensayo	Contenido (%)	
		Mínimo	Máximo
Extracto acetónico	UNE 53651	7,5	17,5
Genizas	UNE 53543	...	18,5
Negro de carbono	UNE 53570	20,0	38,0
Azufre	ISO 6528 - 1 a 3	...	5,0
Caucho natural	ISO 5945	21,0	42,0

Figura 2: Características Químicas

Características Físicas según (Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas, 2007, p.35), hace referencia que según Norma UNE 53526, se debería de estar en un intervalo de 1,15+/- 0,05. Así mismo la granulometría del caucho en desuso se debe seguir lo indicado en el esquema.

TAMIZ (UNE EN 933-2) mm	P-1	P-2	P-3
2	100		
1,5	75 - 100		
1	15 - 90	100	
0,500	30 - 80	10_80	100
0,250	5_50	5_70	0 - 40
0,125	0 - 30	0 - 30	0 - 25
0,063	0 - 15	0 - 15	0 - 15

Figura 3: Características Físicas

Toma de Muestra, es un procedimiento las cuales se tiene que ejecutar cuidadosamente ya que el personal calificado podría salir lastimado esto aplica para la elaboración en grandes cantidades, así mismo la segregación es un procedimiento no complicado (Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas, 2007, p.27).

Flexibilidad, es la capacidad de adaptarse, resistir roturas, no agrietarse, no asentarse cuando sean sometidas a cargas repetidas, es una característica deseada en topo pavimento asfálticos, pero también hay casos excepcionales que la flexibilidad entra en conflicto con la estabilidad del modo que se debe buscar un punto intermedio, que se cumplan ambos casos (Asphalt Institute, 1994, p.64)

Viscosidad, quien determina el proceder del material (asfalto) frente a la adaptación y terminada condición de temperatura, las cuales es una de las características importantes para el asfalto. Se aplica esfuerzo de corte a una cierta muestra de asfalto y este se mide en pascal -segundo dividida entre la razón de corte por segundo siendo así: $1\text{pa} - \text{s} = 10\text{ p.}$ (Méndez J. A, 2009, p.29).

Vacíos, son reducidos espacios de aire que quedan atrapadas entre las mezclas asfálticas, para conseguir una permeabilidad, por lo tanto debe tener menor proporción de espacios, para el boceto de composición asfáltica convencional ejecutada en campo se utiliza mayor a ocho por ciento de vacíos, permitiendo que

la compactación sea bajo cargas del tránsito, pero la elaboración de ensayos en laboratorio debe variar los porcentajes siendo así la variación de tres a cinco por ciento (Diseño de mezclas asfálticas, 2014, p.167).

Granulometría es la composición del material granulométrico del material pétreo va a depender mucho sobre las características del lugar donde va a ser ejecutada, por ello se debe determinar la distribución de las partículas por tamaño, para hacer este proceso se registra el peso, luego se utilizan diferentes equipos de laboratorio como la balanza, tamices, tamizador mecánico y el horno.

Se continua con el tamizado hasta lograr un porcentaje menor a 0.5 % del total de del material tomada como muestra, se hace un tamizado manual durante 1 minuto, por consiguiente, se continua a pesando los materiales retenidos en cada tamiz sin siquiera excluir el N° 200 (Proceso de normalización de métodos de ensayo de laboratorio para mezclas asfálticas en caliente (MAC), 2017, p.33).

Peso específico, la masa específica es la conexión de una aglomeración definido de elementos al peso de igual cantidad de agua, a un cierto grado de calor fija (Manual Completo diseño de pavimento, 2014, p.51).

Es importante para la modificación del volumen cuando se hagan mediciones en temperaturas elevadas, es empleado para la definir los espacios vacíos (huecos) en las mezclas asfáltica.

Estabilidad y fluencia, en un betún es la cabida de soportar deslizamientos e imperfecciones generadas por las cargas repetitivas del vehicular como son los ahuellamientos, corrugación y entre otras que demuestran un cambio (Asphalt Institute, 1994, p.61).

Es la capacidad de satisfacer las exigencias del tránsito vehicular, sin sufrir cambios como los desplazamientos y distorsiones durante su uso (Manual Completo diseño de pavimento, 2014, p.255).

Resistencia, es la capacidad de resistir cambios como deformación, deterioro y quiebres que son provocadas por presiones de los neumáticos de diferentes vehículos, como también la fuerza que es ejercida mediante el frenado, como también al cambio climático, para determinar su resistencia se hacen ensayos en laboratorio, consiste en elaborar tubulares de mezcla asfáltica con diferentes espesores y estas son sumergidas al agua por un tiempo determinado (Manual Completo diseño de pavimento, 2014, p.33).

Resistencia a la Fatiga, la firmeza a la deformación reiterada bajo el peso de tráfico, para que haya una buena resistencia a la fatiga los factores que intervienen son los vacíos y la viscosidad que están relacionados directamente con los asfaltos. Si el pavimento cuenta con asfalto envejecido y con falta de flexibilidad no se dudaría en afirmar que cuenta con una resistencia menor a la fatiga (Asphalt Institute,1994, p.64)

Del mismo modo (Rondón y Reyes, 2015, p.179), afirman que es complicado obtener una distribución homogénea de agregados, estos no pueden presentar el mismo nivel de vida útil a la fatiga a pesar de tener los mismos contenidos vacío de aire, ligantes y gradación.

Resistencia al Deslizamiento, es la destreza de un área de pavimento para reducir la traslación en diferentes direcciones de los neumáticos del vehículo, especialmente en temporadas de lloviznas, donde la superficie se mantiene húmeda. Estas son medidas en terreno mediante ruedas normalizadas, con una rapidez de 65 km/hr (40 min/hr) en un área húmeda pero controlada.

Es la cualidad de los agregados para formar una película, sean capaces de soportar presiones expansivas y no pueda ocurrir cambios volumétricos por presencia de humedad así mismo no ocurran deformaciones afectando así la conformación del pavimento (Asphalt Institute,1994, p.65)

Contenido de humedad, estas pueden ser determinadas en masas húmedas como también secas, las cuales expresa la cantidad de agua en dicha muestra o materia, específicamente en los pavimentos se presentan por falta de drenaje, permeabilidad no adecuada y el grado de saturación elevada, todo esto ocasiona daños como menor rigidez y no resistencia a la deformación (Garnica, Gómez y Sesma,2002, p.195).

Densidad relativa y absorción, la absorción es la adherencia de agua a las partículas de agregados las cuales son absorbidas sufriendo cambios como la incrementación de tamaño y volumen del material. son importantes para la elaboración de un buen diseño de pavimento respetando parámetros normativos (Manual Completo diseño de pavimento, 2014, p.30).

Se debe a que casi todos, los materiales cuentan con espacios vacíos, conocidos como huecos las cuales encontramos dos tipos de densidades uno de densidad relativa aparente de los agregados estas son calculadas en base a los volúmenes netos sin vacíos de los agregados, la densidad relativa total es igual a volúmenes netos sin vacíos más los vacíos permeables del agua.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

Es el proceso metódico, comprobable donde se adquiere conocimiento y los aplica para dar solución a problemas específicas. asimismo, nos da la facultad de comprender el funcionamiento del mundo que nos rodea.

Además, (Baena 2014 p. 11), menciona que: el tipo de investigación sostiene como objetivo el estudio de una problemática destinado al hecho. La exploración aplicada puede aportar nuevos resultados, puede ser útil y estimada para la teoría.

Este estudio pertenece a la categoría de aplicación ya que su principal objetivo es resolver un problema durante un periodo tiempo, y se realizaran pruebas para obtener los resultados relacionados con el diseño de mezcla asfáltica mediante la adición de polvo de caucho (UNF).

Diseño de Investigación

Es definida por el investigador para así poder emplear en su estudio de manera metódica o técnica cumpliendo coherencia y eficiencia (García 2006 p. 32).

Las cuales se determinan por los datos primarias y secundarias, asimismo la utilización o manejo de las variables conveniente con la intención de ejercer un control en dicha investigación, y dar solución a las incógnitas.

Esta investigación es de tipo experimental.

3.2. Variables y operacionalización

Variables

- Independiente:
 Polvo de caucho al asfalto.

- Dependiente:
 Diseño de pavimento.

Tabla de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
DI: POLVO DE CAUCHO AL ASFALTO	Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas (2007) sostiene que es un material obtenido mediante la trituración de neumáticos en desuso, siendo separadas de las partículas no deseadas, se puede provechar el caucho en desuso en pequeñas partículas siendo así menores a 2 mm y 0.5 mm son las mas adecuadas para la incorporación a las mezclas en caliente . (p. 3).	Para evaluar la variable independiente se medira a traves de sus dimensiones e indicadores.	Propiedades Físicas del Polvo de Caucho	Granulometría peso específico Porcentajes 1%, 2% y 3 %	Intervalo
			Diseño de Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto Cálculo de Volumen de Agregados Ensayo Marshall	
			Propiedades mecánicas del Asfalto con Polvo de Caucho	Densidad Relación estabilidad y flujo % Vacíos	
VD: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	Según Manual Completo diseño de pavimento (2014) sostiene que "La mezcla asfáltica consiste en un material de roca bien graduado y cemento asfáltico como aglutinante. Se fabrica en una fábrica que calienta material rocoso a 140 o 150°C y cemento bituminoso a 110 a 130°C. " (p.255).	El material que se evaluará es aplicando las normas y técnicas peruanas para determinar el efecto que causara al utilizar NFU en la mezcla asfáltica.	Propiedades Mecánicas	Clasificación de Suelo Ensayo Marshall Proctor Estandar - CBR Densidad de Campo	Intervalo
			Seguridad Vial	Manual de Dispositivos de Control del Transito Automotor para Calles y Carreteras	
			Parámetros de diseño	Aashto 93 Manual de carreteras Diseño geométrico	

Figura 4: Tabla de operacionalización de variables

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

De acuerdo con Pérez F., Vásquez A. y Wong V. (2017) mencionan que, es un grupo total de personas, materia o medidas, que llegan a tener alguna característica en común, siendo observadas desde un momento o lugar determinado (p.11).

En esta investigación se tomará como población el tramo (km 0+000 al 140+180) Recuay – Aija –Huarmey, es un tramo extenso que abarca dos provincias, al mismo tiempo uniendo distritos a las mismas.

Muestra

De acuerdo con Pérez F., Vásquez A. y Wong V. (2017) mencionan que, es un grupo de subconjunto que representa una agrupación de objetos, medidas o sujetos. Esta es indispensable, pues resultaría casi imposible poder entrevistar a toda una población” (p.11).

La muestra es para estudiar o analizar minuciosamente a una población específica, ya que es factible su contabilidad, las cuales se verán reflejadas en el Tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, las cuales serán evaluadas

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Son medios e instrumentos mediante los cuales se lleva a cabo el método. Se demuestra los procedimientos o métodos, son utilizados por el investigador con la finalidad de administrar la aplicación del método elegido.

Pasos o secuencias para seguir respetando un orden jerárquico, respetando la sucesión se llega a buenos resultados y seguros, para esta investigación se aplicará la directa observación de los materiales elaboración de muestreos en laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos

Son herramientas que están dentro del método de recolección de datos. Se puede dar de forma ilustrada, manual, dispositivo, prueba, examen o prueba.

En esta investigación se utilizará las fichas técnicas respectivamente normalizadas, asimismo, los instrumentos a utilizar para dicha recolección de datos serán las fichas técnicas de cada ensayo elaborado.

Validez

Son contenidos elaborados manteniendo coherencia y lógica las cuales hace que sean justificables frente a un argumento, es una propiedad del instrumento que es usado para medir u observar. La validez de los instrumentos se basa en la calidad del proceso de operacionalización de los variables (Urbano C. y Yuni J. A. 2006, p. 35).

Esta investigación se llevará a cabo en un laboratorio, donde también se utilizarán equipos, la validez será realizada a cargo de profesionales de acuerdo al rubro, basados a los criterios de nuestra escuela profesional.

Confiabilidad

Frente a una medición o evaluación de una propuesta que se pretende conocer mediante los instrumentos, estas deberían de estar en buen estado durante la ejecución, asimismo resistentes a las condiciones de uso, ya que ayudan a no perder las propiedades (Urbano C. y Yuni J. A. 2006, p. 33).

La confiabilidad nos permite mantener uniformidad, control de ambiente, seguir instrucciones, control de los tiempos con la finalidad de reducir errores, esta investigación se realizará en un laboratorio acreditada y con los equipos respectivamente calibradas y certificadas.

3.5. Procedimientos

Para esta investigación de “Diseño de pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022”, se han dividido los trabajos por etapas como: reconocimiento del área de estudio, levantamiento topográfico, elaboración de calicatas, conteo vehicular, selección de agregados y elaboración de ensayos en laboratorio.

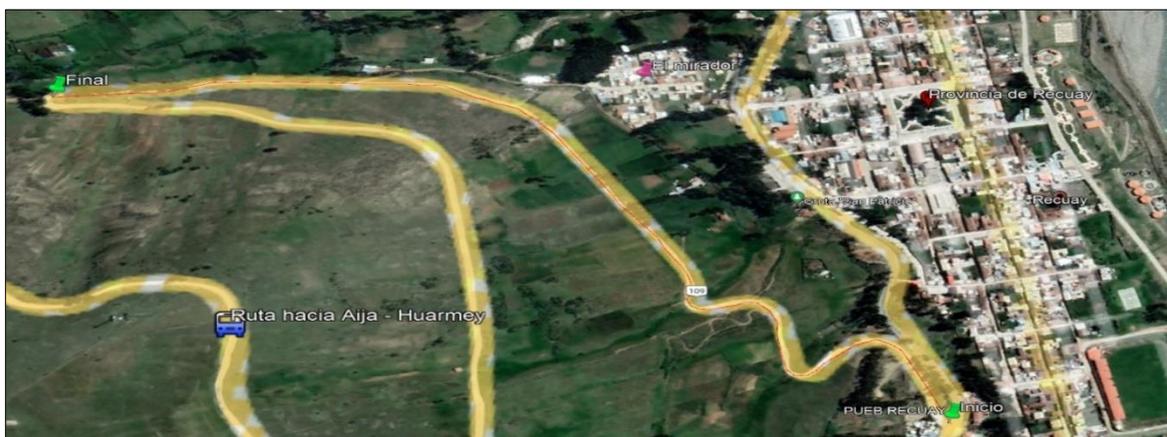


Figura 5: Ubicación área de estudio

Visita de Campo

Reconocimiento el área de estudio y evaluar para proponer cambios, mejoras, etc. para ello se visitó la zona, se dialogó con la población aledaña, se hizo un seguimiento a su historial. Es un acceso principal que une distritos y provincias desde Recuay, Tucuhuaín, Aija, Huarmey.



Figura 6: Reconocimiento del área de estudio

Levantamiento Topográfico

Se hizo una programación de un día para el levantamiento topográfico teniendo como base las coordenadas UTM ubicadas en la plaza de armas y en la antena de San Patricio de la Ciudad de Recuay, con la finalidad de partir desde los puntos ya conocidos y establecidos por IGN, y así trabajar sobre datos reales.



Figura 7: Equipo de levantamiento topográfico

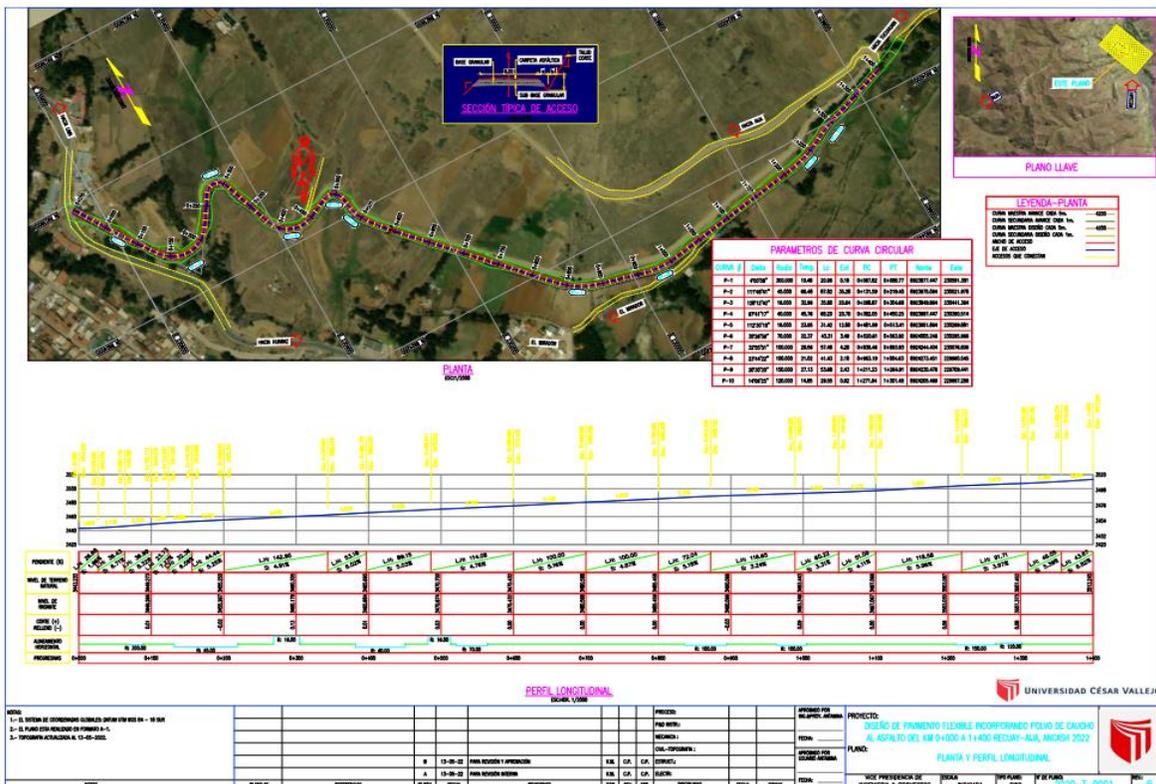


Figura 8: Área levantada y plasmada en plano

Elaboración de Calicatas

Después de haber recorrido toda el área a estudiar se fueron identificando las progresivas para las respectivas excavación y extracción de los materiales en situ, siendo así la primera calicata al progresivo km 0+400, con coordenadas UTM – WGS84 Este = 230393.801, Norte = 8923966.065, la segunda calicata al progresivo km 0+800, con coordenadas UTM – WGS84 Este = 230120.394, Norte = 8924191.096, la tercera y última calicata al progresivo km 1+200, con coordenadas UTM – WGS84, Este = 229753.841, Norte = 8924233.979, se hicieron tres calicatas con dimensiones de 1m. de largo, 0.50 de ancho y con una profundidad de 1.50m.



Figura 9: Ubicación de calicatas

Después de haber extraído las muestras necesarias por cada calicata se procedió a hacer los ensayos correspondientes en el laboratorio Geo Sur.

- Análisis Granulométrico (NTP 339.128) ASTM D422
- Clasificación AASHTO (NTP 339.134)
- Clasificación SUCS (NTP 339.135)
- Contenido de humedad (NTP 339.127)
- Límite líquido (NTP 339.130)
- Límite plástico (NTP 339.129)
- Índice plástico (NTP 339.129)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557)
- California Bearing Ratio (CBR) (ASTM D-1883)

Según los ensayos ya mencionados se tiene un resumen en los siguientes cuadros.

Resumen de resultados - Mecánica de suelo			
Tipo de ensayo	Número de calicatas		
	C-1	C-2	C-3
Limite líquido	23.50	26.30	26.00
Limite plástico	19.30	20.40	20.40
Índice de plasticidad	4.20	5.90	5.60
Contenido de humedad	34.80%	5.20%	16.30%
Grava	17.50%	30.20%	30.90%
Arena	59.70%	45.10%	48.70%
Finos	22.80%	24.70%	20.40%

Figura 10: Resumen de resultados – Mecánica de suelos

Es el sistema unificado de clasificación de suelos, tenemos un material SC que significa arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla, así mismo para SM tenemos un material arenas limosas que es una mezcla de arenas y limos.

Resumen de resultados - Característica del suelo			
Tipo de ensayo	Número de calicatas		
	C-1	C-2	C-3
Clasificación SUCS	SC-SM	SC-SM	SC-SM
Clasificación AASTHO	A-2-4 (0)	A-1-b (0)	A-1-b (0)

Figura 11: Resumen de resultados – Característica del suelo

Descripción de clasificación AASTHO (A-1-b) es un material que está compuesto mayormente por arena gruesa con o sin aglomerante se podría decir que es un suelo bien graduado, con los porcentajes que pasa N° 10 (2mm) =0.00, N°40 (0.450mm) = 50% máx. y N° 200 (0.075mm) = 25 % máx.

Clasificación general	Materiales granulares (35 % o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limosos arcilloso (más del 35 % pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
Grupos	A-1-a	A-1-b									A-7-5	A-7-6
Porcentaje que pasa:											
N° 10 (2mm)	50 máx	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N° 40 (0,425 mm)	30 máx	50 máx	51 máx	...	...	...	...	...	...	...	...
N° 200 (0,075 mm)	15 máx	25 máx	10 máx	...	...	35 máx	...	...	36 mín	...	...
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	...	...	...	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
índice de plasticidad	6 máx	...	NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de										
	roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos		
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Figura 12: Sistema de clasificación de suelos AASTHO

Método de compactación A

Para la calicata C-1 se ha empleado el tipo A, ya que éste es aplicable a los materiales que son retenidos menor o igual a 20% el en la malla N° 4 equivalente a (4.75 mm), la compactación se utilizó molde de 4 pulgadas de diámetro (101.6mm), con 5 niveles y cada una con 25 golpes.

Método de compactación B

Para las calicatas C-2 y C-3 se han empleado el tipo de compactación B, ya que éste es aplicable a los materiales que pasa mayor a 20% en la malla N° 4 equivalente a (4.75 mm), y menor o igual al 20% es retenido en la malla N° 3/8" pulgadas equivalentes (9.5 mm) del total de la muestra, en la compactación se utilizó molde de 4 pulgadas de diámetro (101.6mm), con 5 niveles y cada una con 25 golpes.

Tabla 1: Resumen de resultados – Proctor modificado

Resumen de resultados - Proctor modificado			
Tipo de ensayo	Número de calicatas		
	C-1	C-2	C-3
Método de compactación	A	B	B
Máxima densidad seca kg/cm ³	1.896	1.959	1.99
Optimo Contenido de humedad %	13.50	11.20	10.40

Fuente: Elaboración propia

Para cada calita se hicieron 3 tipos de compactación, primera aplicación de una energía de compactación igual a 6.1 kg-cm/c², segunda aplicación de una energía de compactación igual a 12.2 kg-cm/c², tercera y última aplicación de una energía de compactación igual a 27.7 kg-cm/c², donde nos permite obtener resultados de: la densidad seca, humedad de compactación, humedad de penetración, absorción y expansión.

Tabla 2: Resumen de resultados – CBR

Resumen de resultados - CBR			
Tipo de ensayo	Número de calicatas		
	C-1	C-2	C-3
Penetración 0.1"=2.54 mm al 95%	13.80	17.60	24.10
Penetración 0.1"=2.54 mm al 100%	18.90	23.50	28.80
Penetración 0.2"=5.08 mm al 95%	17.00	19.60	26.40
Penetración 0.2"=5.08 mm al 100%	22.10	25.40	32.20

Fuente: Elaboración propia

Contenido de Humedad Natural (ASTM D2216)

Este método es aplicable para tipos de suelos, rocas, y materiales similares, el material en estudio será sometido al secado, a cierta temperatura por un tiempo estimado con la finalidad de reducir el contenido de agua.

Peso específico ASTM E 223

Es la relación que existe entre el peso del material, su volumen y contenido de agua, para ello se utilizan tablas según norma, se usan diferentes proporciones de muestras, pero se manejan porcentaje de retención por tamiz.

Absorción ASTM E 223

Para poder obtener el porcentaje de absorción se utiliza una formula donde: $\text{Absorción \%} = ((S - A) / A * 100)$, es aplicable una vez de haber sumergido el material al agua por un tiempo determinado donde: **S**= Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca, g. **A**= Masa al aire de la muestra seca al horno, g.

Etapa 04: Conteo Vehicular

Uno de los datos importantes para el estudio que proyectamos presentar. se empezó a contar los vehículos a partir de las 8:00 a.m. hasta 8:00 p.m. empezando día 12 al 20 de mayo, estos datos recopilados nos ayudaran a hacer la contabilidad vehicular por día, asimismo nos permite hacer el cálculo y definición de tipo de acceso, como también válido para nuestro diseño.

PERÚ		Ministerio de Transportes y Comunicaciones		FORMATO Nº 1.3																	
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																					
TRAMO DE LA CARRETERA		TRAMO RECUAY ALJA KM 0+000 A 1+400										ESTACION									
SENTIDO		E ← S →										CODIGO DE LA ESTACION									
UBICACIÓN		DISRITO DE RECUAY, PROVINCIA DE RECUAY, DEPARTAMENTO DE ANCASH										DIA Y FECHA									
												1 2 0 5 2022									
HORA	MOTO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Comb		2 E	>>3 E	2 E	3 E	4 E	2S/2S2	2S3	3S/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>>3T3	
DIAGRA VEH																					
7 a 8	3																				
8 a 9	1																				
9 a 10		1																			
10 a 11			1																		
11 a 12																					
12 a 13						1					1										
13 a 14		1									1	2									
14 a 15						1					2	1		1							
15 a 16											4	2									
16 a 17		1			1	1															
17 a 18											1			1							
18 a 19											1										
19 a 20														1							
20 a 21																					
TOTAL	4	3	1	25	2	3	0	15	0	8	10	0	3	5	0	14	0	1	0	0	0

Figura 13: formato de conteo y clasificación vehicular

Se contabilizó un total de 360 unidades de vehículos, encontrando tipos de vehículos como: autos, camionetas, combis, los de tipo B2, C2, C3, TS1, TS2, TS3, 3S2, mayor a 3S3, 2T2 y 2T3.

Ensayo Marshall

En este ensayo se llegarán a combinar los materiales como los agregados finos, agregados, gruesos, cemento asfáltico y caucho reciclado, para así poder elaborar las briquetas proyectadas (21), siguiendo las especificaciones de la norma se tendrán que dar 75 golpes por briquetas, así mismo se quedaran amoldados por 24 horas, luego se procederá a sumergirlas al agua durante 30 o 40 minutos a una temperatura de 60° C, el procedimiento es conocida como (baño maría) por último, se procede a la ejecución de pruebas y/o ensayos de estabilidad y fluencia, las briquetas son puestas dentro de las mordazas, estas son centradas hacia el dispositivo de carga, y el medidor de flujo es colocada en la parte superior de la mordaza, se procede a la aplicación de carga con una velocidad constante hacia la muestra, hasta que ocurra la falla (carga máxima).

Estabilidad: la cantidad de fuerza aplicada a la muestra ($m*s$).

Flujo: es la deformación vertical de la muestra ($0.25\text{ mm} * 0.01''$).

Selección de Materiales

Los agregados finos como gruesos para la presente tesis han sido obtenidos de la cantera Gloria Cercado de Lima 15476, uno de los métodos importante para el proyecto de mezcla son los análisis de agregados, las cuales serán definidas en las siguientes:



Figura 14: Ubicación de material para los ensayos de laboratorio – Cantera Gloria

Análisis granulométrico

Es uno de los ensayos que se elabora con el propósito de definir las proporciones relativas donde se distribuyen según su forma y tamaño conocido como distribución granulométrica, como también se define los porcentajes de material que pasan por las distintas medidas de tamices, iniciando por las aberturas más grandes y culminando por la abertura 74 mm (N° 200) (ASTM D 422-69 y ASTM 2217-85).

En primera instancia se elaboró una muestra patrón, estudio granulométrico por tamizado, procedimiento para especificar la cantidad de material finos y limos dentro de los agregados gruesos como finos (MTC EG 2013).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - MTC EG 2013

Malla		Agregado Grueso		Agregado Fino	
		Ret. (%)	Pasa. (%)	Ret. (%)	Pasa. (%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050		100		
1/2"	12.700	11.4	88.6		
3/8"	9.525	20.3	68.3		100
1/4"	6.350	47.1	21.2	0.2	99.8
N° 4	4.760	15.2	6	1.5	98.3
N° 6	3.360	5.6	0.4	10.4	87.9
N° 8	2.380	0.4		9.6	78.3
N° 10	2.000			5.3	73
N° 16	1.190			11.7	61.3
N° 20	0.840			5.4	55.9
N° 30	0.590			12.8	43.1
N° 40	0.426			7.1	36
N° 50	0.297			6.9	29.1
N° 80	0.177			7.7	21.4
N° 100	0.149			1.4	20
N° 200	0.074			5.4	14.6
-200	0.000			14.6	

Figura 15: Análisis Granulométrico de Agregados

Las proporciones de mezcla obtenidas son: agregados gruesos 45.1% y los agregados finos con 54.9%, la mezcla resultante carece de finos, porque la arena natural es relativamente limpia, los agregados deben estar limpias, no contar con materia orgánica u otros materiales contaminantes.

Malla	Agregados		Gradación MAC-2
	Ret. (%)	Pasa. (%)	
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		100
1/2"	12.700	5.400	80 - 100
3/8"	9.525	9.500	70 - 80
1/4"	6.350	22.200	
N° 4	4.760	8.000	51 - 68
N° 6	3.360	8.100	
N° 8	2.380	13.400	
N° 10	2.000	2.800	38 - 52
N° 16	1.190	6.200	
N° 20	0.840	2.900	
N° 30	0.590	6.800	
N° 40	0.426	3.700	17 - 28
N° 50	0.297	3.700	
N° 80	0.177	4.100	8 - 17
N° 100	0.149	0.700	
N° 200	0.074	2.900	4 - 8
-200	0.000	7.700	

Figura 16: Granulometría Resultante (MAC-2)

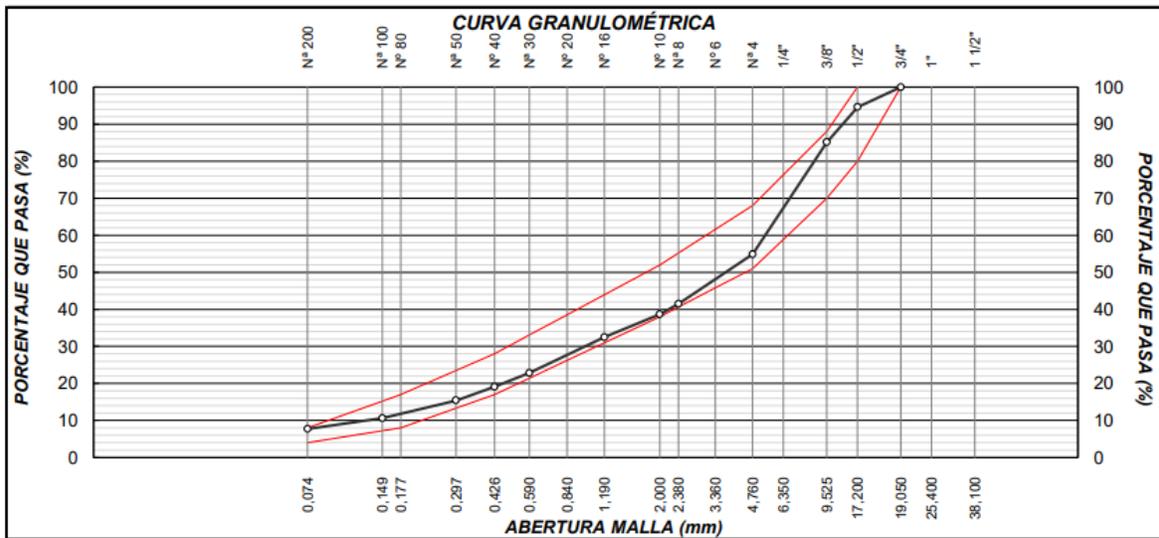


Figura 17: Curva Granulométrica

Agregados grueso y fino para mezclas asfáltica en caliente

La determinación de cantidad óptimo de cemento asfáltico, mediante el ensayo Marshall, para este ensayo se utilizó los agregados de la cantera Gloria, el cemento asfáltico de Repsol con una penetración y viscosidad de 120-150 décimas por milímetros y su respectiva consistencia, no se utilizó ningún ligante. Para buscar el contenido óptimo de concreto asfalto.

AGREGADO GRUESO Y FINO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Característica de la mezcla

N° de golpes por cara		75.00	
Contenido óptimo de cemento asfáltico	5.70	5.90	6.10
Peso específico g/cm ³	2.45	2.46	2.46
Vacíos %	4.60	4.00	3.60
Vacíos llenos con cemento asfáltico %	73.50	76.40	79.10
V.M.A. %	17.10	17.00	17.00
Estabilidad kg	952.80	994.20	1028.20
Flujo mm	2.90	3.10	3.30
Absorción de asfalto %		0.49	
Relación estabilidad / flujo km/cm	3276.00	3209.00	3156.00
Estabilidad retenida %		97.70	
índice de compactibilidad		5.40	
Temperatura de la mezcla °c		140 - 145	

Proporciones de la Mezcla

Agregado grueso 4" %	45.10
Agregado fino %	54.90

Materiales

Tipo de Asfalto	PEN 120 - 150
Procedencia asfalto	Repsol
Procedencia agregados	Cantera Gloria

Figura 18: Agregado grueso y fino mezcla asfáltica en caliente

Implementación de dispositivos de control de tránsito

Para acondicionamiento de dispositivos en una vía de acceso depende mucho de un estudio de ingeniería vial, donde debe ser analizada por cada situación, según el tipo de diseño, cumpliendo las normativas correspondientes.

Conservación y Mantenimiento

Las calles y carreteras dependen mucho de los dispositivos de su entorno las cuales deben estar en buenas condiciones de manera que se tenga buena visibilidad e irradiante en toda época del año, eso implica que los conductores tanto como los transeúntes puedan visualizar y respetar las señales de tránsito por lo tanto suma a la seguridad vial.

3.6. Método de análisis de datos

Es el procesamiento de evaluación del producto final con la intervención de la ciencia, para las cuales ya han sido recolectadas y medidas mediante su respectivo instrumento (Ñaupas H., Mejía E., Novoa E., y Villagómez A. 2014, p. 254).

Los datos recolectados deben ser estudiados, manipulados y transformados para así poder tomar una decisión, en esta investigación el análisis de dato se obtendrá aplicando ensayos físicos mediante el ensayo Marshal podremos definir el peso específico, la densidad de vacíos, estabilidad, fluencia y ensayo al soporte a la flexión bajo carga MDC-19 c.

3.7. Aspectos éticos

Teniendo en cuenta los reglamentos internacionales como ISO 690-1 y 69-2, así mismo las normas de nuestra institución universitaria Universidad Cesar Vallejo, que toda información menciona en esta investigación han sido debidamente citadas respetando los derechos de autor, han sido sometidos al sistema de coincidencias para su respectiva revisión y aprobación, del mismo modo los contenidos de cada tema son confiables y veraces, con la finalidad de resolver las problemáticas expuestas.

IV. RESULTADOS

En este apartado se muestran los desenlaces de los ensayos elaborados en el laboratorio (Geo sur Geotecnia e Ingeniería SAC), y los análisis de tráfico realizadas según MTC, con el fin de cumplir los objetivos planteados.

Primer objetivo específico: Determinar las propiedades mecánicas del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022, los ensayos han sido elaborados respetando los parámetros de las normas vigentes.

4.1. Diseño de Pavimento Flexible

4.1.1. Parámetros de Diseño

Estudio de tráfico

Para el estudio de tráfico se han utilizado formatos de MTC vigentes, con la ayuda de estos se procedió a realizar el conteo vehicular desde las 8:00 de la mañana hasta las 8:00 de la noche.

Tabla 3: Cálculo de ejes equivalente (ESAL)



CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL)

TIPO DE VEHICULOS	IMDA 2022	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 TN)	F. IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	162	1	0.000527017	0.09
	162	1	0.000527017	0.09
B2	63	7	1.265366749	79.72
	63	10	2.211793566	139.34
C2	58	7	1.265366749	73.39
	58	10	2.211793566	128.28
C3	4	7	1.265366749	5.06
	4	16	1.260585019	5.04
T2S1	7	7	1.265366749	8.86
	7	10	2.211793566	15.48
	7	10	2.211793566	15.48
T2S2	6	7	1.265366749	7.59
	6	10	2.211793566	13.27
	6	16	1.260585019	7.56
T2S3	19	7	1.265366749	24.04
	19	10	2.211793566	42.02
	19	23	1.232418575	23.42
3S2	16	7	1.265366749	20.25
	16	16	1.260585019	20.17
	16	16	1.260585019	20.17
MAYOR 3S3	12	7	1.265366749	15.18
	12	16	1.260585019	15.13
	12	23	1.232418575	14.79
2T2	8	7	1.265366749	10.12
	8	10	2.211793566	17.69
	8	10	2.211793566	17.69
	8	10	2.211793566	17.69
2T3	5	7	1.265366749	6.33
	5	10	2.211793566	11.06
	5	10	2.211793566	11.06
	5	16	1.260585019	6.30
TOTAL F. IMDA =				792.38

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 3 se muestran los tipos de vehículos, la cantidad de vehículos transitadas en ambos sentidos en el área de estudio, para encontrar los ejes equivalentes se utilizan formulas estandarizadas según el tipo de eje, según guía AASHTO 93.

Para la selección de vía, número de direcciones, número de carriles por dirección, factor direccional, factor de carril y factor ponderado para el carril de diseño se utilizó la tabla N° 4 donde número de calzada es igual a 1, los números de sentido del acceso en estudio es de 2 sentidos, numero de carril por sentido es igual a 1, por lo tanto, le corresponde un factor direccional (fd) de 0.50, factor de carril (fc) igual a 1.00 y por último el factor ponderado ($fd=0.50 \times fc=1.00$) para el carril de diseño es igual a 0.50.

Tabla 4: Factor de distribución direccional y de carril

Números de Calzada	Número de Sentidos	Número de carriles por Sentido	Factor Direccional (fd)	Factor Carril (fc)	Factor Ponderado $fd \times fc$ para carril de diseño
1 calzada (para IMDA total de la Calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
2 calzadas con separador central (para IMDA total de las dos Calzadas)	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.80	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.80	0.25

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

Cálculo y determinación de ESAL

$$ESAL = (F.IMDA) \times 365 \times F_d \times F_c \left(\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right)$$
$$ESAL = (792.3808) \times 365 \times 0.5 \times 1.00 \left(\frac{(1+0.03)^{20} - 1}{0.03} \right)$$
$$ESAL = 3\,885\,711.312$$

Donde:

Días del año 365 años

F. IMDA=792.3808

F_d= Factor direccional (0.5)

F_c= Factor carril (1)

r= Tasa de crecimiento anual (3%)

n= Periodo de diseño (20 años)

Parámetros de confiabilidad (R%)

Aplicando la formula se logró determinar el valor de ESAL = 3 885 711.312 mediante el estudio de tráfico y utilizando la tabla 5, un tráfico de T_{P7} , con ejes equivalentes mayor a 3 000 001, se obtuvo el nivel de confiabilidad (R%) = 85%.

Tabla 5: parámetros de confiabilidad (R%)

Tipo de camino	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (R%)
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp0	75,000	150,000	65%
	Tp1	150,001	300,000	70%
	Tp2	300,001	500,000	75%
	Tp3	500,001	750,000	80%
	Tp4	750,001	1,000,000	80%
Resto de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%
	Tp9	7,500,001	10,000,000	90%
	Tp10	10,000,001	12,500,000	90%
	Tp11	12,500,001	15,000,000	90%
	Tp12	15,000,001	20,000,000	95%
	Tp13	20,000,001	25,000,000	95%
	Tp14	25,000,001	30,000,000	95%
	Tp15	mayor 30,000,000		95%

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

Desviación estándar normal (Z_R)

Es determinada según los valores obtenidas ESAL y la tabla N° 5, obteniendo así aun desviación estándar (Z_R) igual a -1.036.

Tabla 6: Desviación estándar normal (ZR)

Tipo de camino	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (ZR)
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp0	75,000	150,000	-0.385
	Tp1	150,001	300,000	-0.524
	Tp2	300,001	500,000	-0.674
	Tp3	500,001	750,000	-0.842
	Tp4	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	Tp6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	Tp7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	Tp8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	Tp9	7,500,001	10,000,000	-1.282
	Tp10	10,000,001	12,500,000	-1.282
	Tp11	12,500,001	15,000,000	-1.282
	Tp12	15,000,001	20,000,000	-1.645
	Tp13	20,000,001	25,000,000	-1.645
	Tp14	25,000,001	30,000,000	-1.645
	Tp15	mayor 30,000,000		-1.645

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

Desviación estándar Combinada (S₀)

El área de estudio es una construcción nueva por lo tanto no se encuentra pavimentada, por ende, se considera una desviación estándar combinada (S₀) igual a 0.45.

Tabla 7: Desviación estándar combinada (S₀)

Proyecto de pavimento	S ₀	
	Flexible 0.40 - 0.50	Rígido 0.30 - 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.5	0.4

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

Índice de servicio (Δ PSI)

Este valor nos permite determinar el índice de disminución de servicio, originada por el deterioro del pavimento, es la diferencia entre índice de serviciabilidad inicial y serviciabilidad terminal.

Tabla 8: Nivel de serviciabilidad inicial

Tipo de camino	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de serviciabilidad inicial (Pi)
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp0	75,000	150,000	3.80
	Tp1	150,001	300,000	3.80
	Tp2	300,001	500,000	3.80
	Tp3	500,001	750,000	3.80
	Tp4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	4.00
	Tp6	1,500,001	3,000,000	4.00
	Tp7	3,000,001	5,000,000	4.00
	Tp8	5,000,001	7,500,000	4.00
	Tp9	7,500,001	10,000,000	4.00
	Tp10	10,000,001	12,500,000	4.00
	Tp11	12,500,001	15,000,000	4.00
	Tp12	15,000,001	20,000,000	4.20
	Tp13	20,000,001	25,000,000	4.20
	Tp14	25,000,001	30,000,000	4.20
	Tp15		mayor 30,000,000	4.20

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

$$\Delta PSI = P_i - P_t \quad \Delta PSI = 4 - 2.5 \quad \Delta PSI = 1.5$$

Tabla 9: Nivel de serviciabilidad final

Tipo de camino	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de serviciabilidad inicial (Pt)
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp0	75,000	150,000	2.00
	Tp1	150,001	300,000	2.00
	Tp2	300,001	500,000	2.00
	Tp3	500,001	750,000	2.00
	Tp4	750,001	1,000,000	2.00
Resto de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	2.50
	Tp6	1,500,001	3,000,000	2.50
	Tp7	3,000,001	5,000,000	2.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	2.50
	Tp9	7,500,001	10,000,000	2.50
	Tp10	10,000,001	12,500,000	2.50
	Tp11	12,500,001	15,000,000	2.50
	Tp12	15,000,001	20,000,000	3.00
	Tp13	20,000,001	25,000,000	3.00
	Tp14	25,000,001	30,000,000	3.00
	Tp15		mayor 30,000,000	3.00

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

Categorías de sub rasante

nivel o área donde se asienta el pavimento, las categorías están divididas por seis tipos, para este estudio se determinó un CBR=18.5%, cumple con **S3**: sub rasante buena, obteniendo un CBR mayor igual a 10% y con CBR menor a 20%.

Tabla 10: Categoría de sub rasante

Categorías de sub rasante	CBR
S0: Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

$$Mr = 3000 \times CBR^{0.65}$$

$$Mr = 3000 \times 18.5^{0.65}$$

$$Mr = 19\,988.62 \text{ psi}$$

Módulo de resiliencia (Mr) de la sub base

Los coeficientes estructurales se definen mediante ábacos propuestos en la guía ASHTO 93, (a3) o mediante la ecuación, **a3 = 0.227 x log (E3)-0.839**.

Según el manual de carreteras, nos menciona que se debe considerar mínimo un CBR de 40 % para todo tipo de tráfico, tomando en cuenta el manual se consideró CBR = 40%, plasmando este valor al ábaco se obtiene **Mr = 17 000** psi, por lo tanto, **a3 = 0.12**.

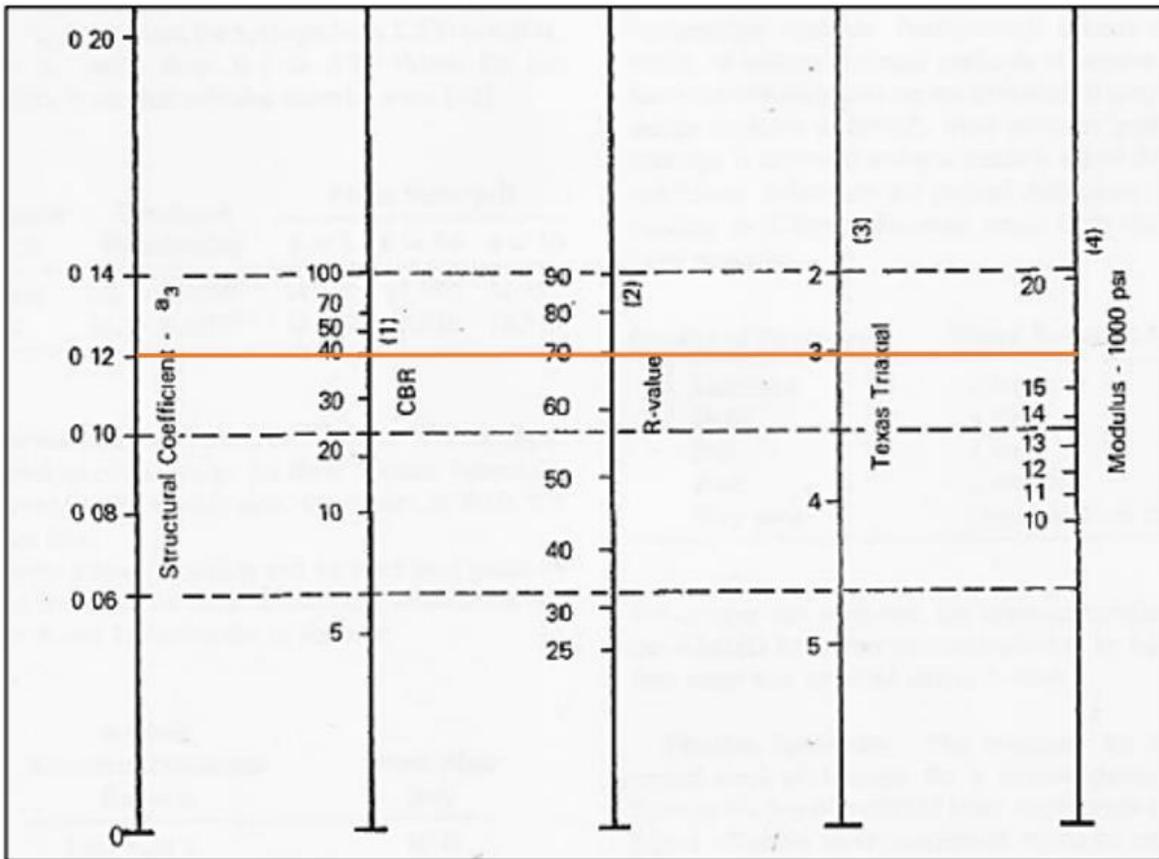


Figura 19: Coeficiente estructural de la sub base

Módulo de resiliencia (M_r) de la base

Los coeficientes estructurales se definen mediante ábacos propuestos en la guía ASHTO 93, (a_2) o mediante ecuaciones $a_2 = 0.249 \times \log (E_2) - 0.977$.

Según el manual de carreteras, nos menciona que sí, se tiene un tráfico $\leq 10'000,000$ EE, recomienda tomar en cuenta un CBR de 80% como mínimo, tomando en cuenta el manual se consideró **CBR=80%**, plasmando este valor al ábaco se obtiene $M_r = 28\ 500$ psi, por lo tanto, $a_2 = 0.13$.

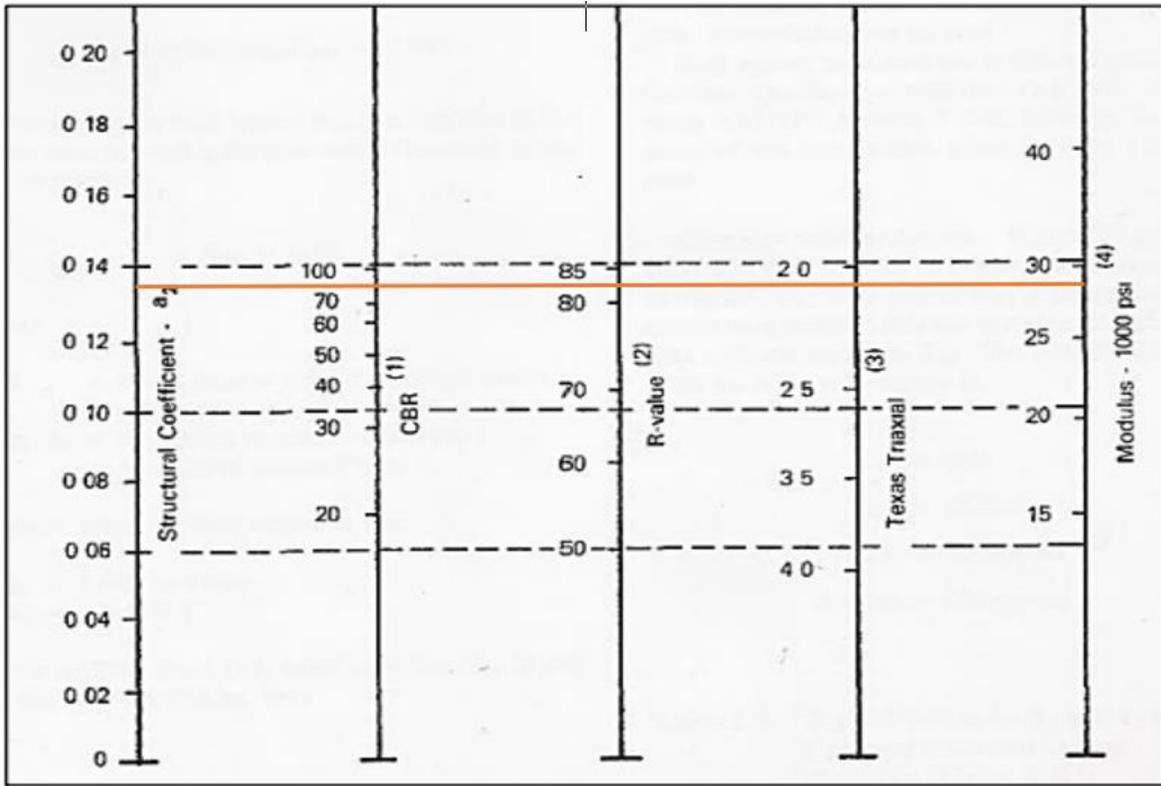


Figura 20: Coeficiente estructural de la base

Velocidad de diseño del tramo homogéneo

Según Diseño Geométrico DG-2018, aquello que cumple con IMDA inferiores a 400 veh/día, se considera como acceso de tercera clase, contando así con ínfimo de 3 m. de ancho por carril y 2 vías por calzada con una orografía accidentada según tabla N° 11 se considera entre 30 - 50 Km/h.

Tabla 11: Velocidad de diseño del tramo homogéneo

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

Tabla 12: Datos para hallar frecuencia de carga

Carretera de Tercera Clase	96 Veh / día
Velocidad de diseño (v)	40 km/h

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

Frecuencia de carga

$$F = (v/2\pi) \quad F = (40/2\pi) \quad F = 6.37 \text{ Hz} \approx 5 \text{ Hz.}$$

Donde:

F: Frecuencia de carga

V: Velocidad media de circulación de vehículos pesados (Km/h)

Módulo de resiliencia (MR) de la capa asfáltica

Para poder determinar el valor de la medida de resiliencia se necesitan de diferentes factores como: frecuencia de carga, espesor de la carpeta asfáltica (mm) y la temperatura media del aire (°C).

Temperatura media del aire anual (c°)

Según la información obtenida de SUNAMHI para el área de estudio, la temperatura mensual y anual más baja es de 6° y la temperatura más alta es de 25° con retorno de 20 años.

La temperatura mínima y máxima de los años (1964 – 2013) promedio es 15.5 °C, valor a considerar como referencia para los siguientes cálculos, $T_a = 15.5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

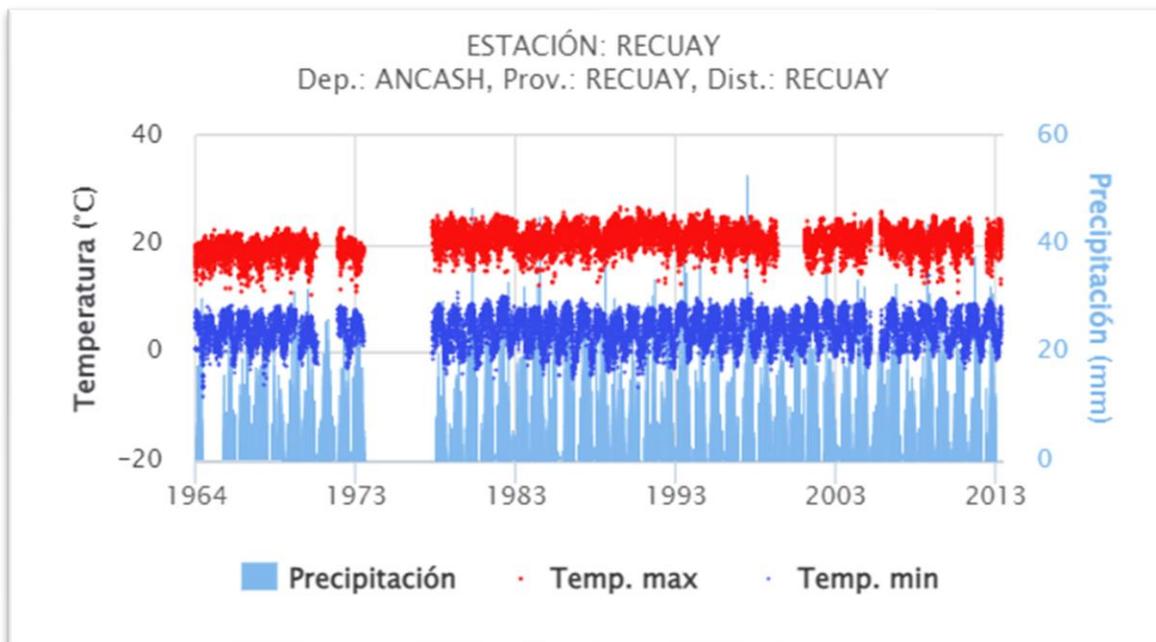


Figura 21: Temperatura media del aire anual (°C)

Espesor de la capa asfáltica (hs) en mm.

se considera el valor obtenido en el cálculo de **ESAL = 3 885 711.312** para la selección y o definición de los espesores de la capa asfáltica y apoyo granular mínimos en pulgadas, definidas a partir de la prueba AASHTO 1958 - 60.

Tabla 13: Espesores en pulgadas

W18	ESPESORES MÍNIMOS EN PULGADAS	
	Capa asfáltica	Base granular
< 50,000	-	4.0
50,000 - 150,000	2.0	4.0
150,000 - 500,000	2.5	4.0
500,000 - 2,000,000	3.0	6.0
2,000,000 - 7,000,000	3.5	6
> 7,000,000	4.0	6.0

Fuente: Manual de Carreteras MTC, 2014

obteniendo así una la capa asfáltica de 3.5 pulgadas equivalente a 88.90 milímetros y base granulara de 6 pulgadas equivalente a 152.40 milímetros.

Temperatura efectiva de la capa asfáltica (Ts)

una vez obtenida los datos que requiere para aplicar a la formula se procederá hallar la temperatura real de la capa asfáltica.

$$Ts = (-0.0093 \times Ta^2 + 1.569 \times Ta - 1.578) (-0.084 \times \ln (hs) + 1.55)$$

$$Ts = (-0.0093 \times (15.5 \text{ }^\circ\text{C})^2 + 1.569 \times (15.5) - 1.578) (-0.084 \times \ln (88.90) + 1.55)$$

$$Ts = 24.06 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Teniendo como data la temperatura real del manto asfáltico (Ts) igual a 24 °c, frecuencia de carga (f) igual a 5 Hz, data que será utilizado en la siguiente tabla 26 ya se tienen definido los Hz, el trazo empieza a partir de la temperatura donde intercepte con (Hz), se elabora una recta horizontal y así encontrar el Mr en Mpa, como se muestra en el siguiente cuadro.

$$Mr = 7\,500 \text{ Mpa}$$

$$Mr = 1\,087\,783.033 \text{ psi}$$

utilizamos la ecuación para encontrar el coeficiente estructural (a1)

$$a1 = 0.184 \times \ln(Mr) - 1.9547$$

$$a1 = 0.184 \times \ln(1\,160\,301.902) - 1.9547$$

$$a1 = 0.603.$$

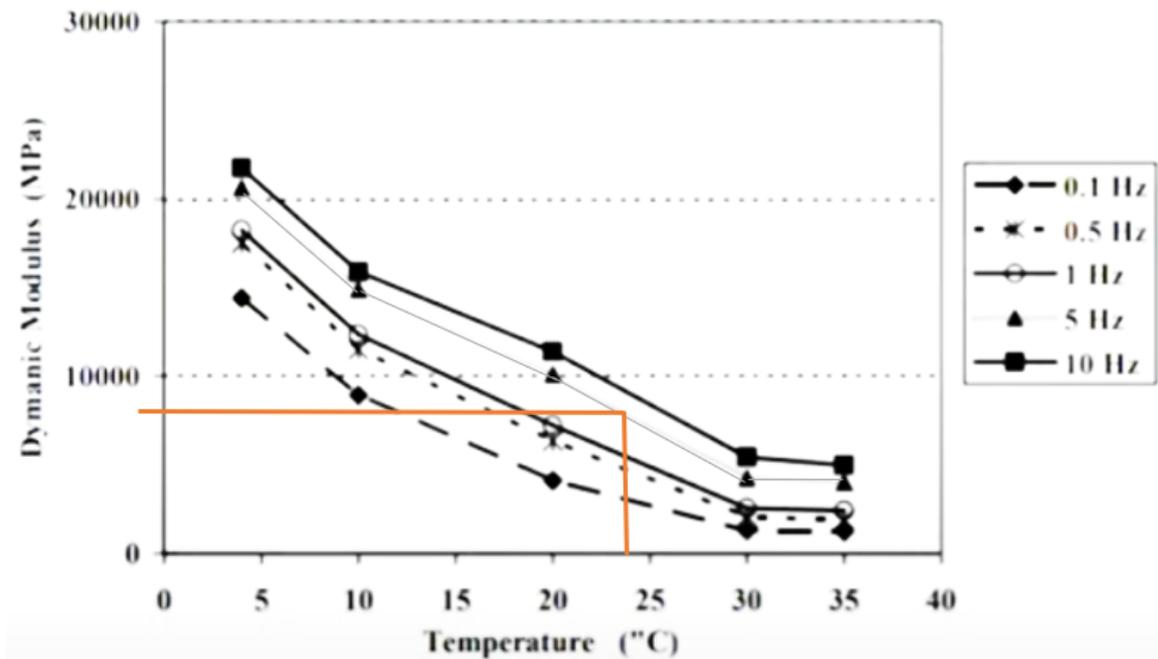


Figura 22: para hallar Mr en Mpa

Coeficiente de drenaje

La calidad del drenaje se anota si es excelente, buena, regular, mala o muy mala, se dan notas de este drenaje según el momento del cambio. Es muy importante para los niveles de resistencia estructural. El área de estudio está bien drenada.

$$\% \text{ días de lluvia} = \frac{180}{365}$$

$$\% \text{ días de lluvia} = 49\%$$

Tabla 14: Característica de drenaje

Características de drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos de 1%	1 - 5%	5 -25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	0.35 - 1.30	1.3 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

A través del cuadro de la característica de drenaje se define la base y subbase siendo así: **m2 y m3 = 1**

m2: coeficiente de drenaje de la Base.

m3: Coeficiente de drenaje de la Subbase.

Número estructural (SN1) requerido para la capa asfáltica

$$\log(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN1 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN1 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07$$

Donde:

W18: Número de aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño.

Zr: Parámetro estadístico asociado a la incertidumbre del índice de servicio.

So: Desviación estándar total de la distribución normal de errores en variables de diseño.

SN: Número estructural de la capa i.

Mr: Módulo resiliente, en psi.

ΔPSI: Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

$$W18 = 3\ 885\ 711.312$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr \text{ (base)} = 28\,500 \text{ psi}$$

$$a_1 = 0.603$$

$$6.589 = 8.8938 \times \log(SN_1 + 1) - 0.20 + \left(\frac{-0.2552725051}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}} \right)} \right) + 2.265240075$$

$$SN_1 = 2.31$$

Espesor de la capa asfáltica

Se hallan los espesores mediante fórmula el grosor de la carpeta asfáltica será igual al número estructural sobre el coeficiente estructural requerida.

$$h_1 = \frac{SN_1}{a_1} \quad h_1 = \frac{2.31}{0.603} \quad h_1 = 3.83 \approx 4" \approx \mathbf{10.16 \text{ cm}}$$

tenemos un espesor de capa asfáltica de 10.16 cm.

$$SN^* 1 = a_1 \times h_1 \quad SN^* 1 = 0.6147 \times 4 \quad SN^* 1 = \mathbf{2.46}$$

estimación del número estructural real de la capa asfáltica a través de lo asumido.

Número estructural requerido de la "Base Granular"

Los datos a utilizar para este cálculo, ya han sido calculadas páginas atrás, donde:

$$W_{18} = 3\,885\,711.312$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr \text{ (Sub base)} = 17\,000 \text{ psi}$$

$$a_2 = 0.133$$

$$m_2 = 1$$

$$\begin{aligned} \log(W18) &= Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN2 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN2 + 1)^{5.19}}\right)} \right) \\ &\quad + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07 \\ \log(3\ 885\ 711.312) &= -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN2 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN2 + 1)^{5.19}}\right)} \right) \\ &\quad + 2.32 \times \log(17\ 000) - 8.07 \end{aligned}$$

$$SN2 = 2.874$$

Espesor de la base granular

Se hallan los espesores mediante formula el espesor de la base granular será igual al número estructural dos menos el número estructural real sobre el coeficiente estructural requerida por el coeficiente de drenaje.

$$h_2 = \frac{SN2 - SN^* 1}{a_2 \times m_2} \quad h_2 = \frac{2.874 - 2.46}{0.133 \times 1} \quad h_2 = 3.11 \approx 6" \approx \mathbf{15.24\ cm}$$

tenemos un espesor de base granular de 15.24 cm.

$$SN^* 2 = a_2 \times h_2 \times m_2 \times SN^* 1 \quad SN^* 2 = 0.133 \times 6 \times 1 \times 2.46 \quad SN^* 2 = 1.96$$

cálculo del número estructural real de la base granular a través de lo asumido.

Numero estructural requerido de la sub base granular

Los datos a utilizar para este cálculo, ya han sido calculadas paginas atrás, donde:

$$W18 = 3\ 885\ 711.312$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr (\text{Sub rasante}) = 19\ 988.62\ \text{psi}$$

$$a_3 = 0.12$$

$$\log(3\ 885\ 711.312)$$

$$\begin{aligned} \log(W18) &= Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN1 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN1 + 1)^{5.19}}\right)} \right) \\ &\quad + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07 \\ \log(3\ 885\ 711.312) & \\ &= -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN1 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN1 + 1)^{5.19}}\right)} \right) \\ &\quad + 2.32 \times \log(19\ 988.62) - 8.07 \end{aligned}$$

$$SN3 = 2.683$$

Espesor de la sub base granular

Se hallan los espesores mediante formula el espesor de la base granular será igual al número estructural dos menos el número estructural real sobre el coeficiente estructural requerida por el coeficiente de drenaje

$$h_3 = \frac{SN3 - SN^* 2}{a_3 \times m_3} \quad h_3 = \frac{2.683 - 1.31}{0.12 \times 1} \quad h_3 = 11.44 \approx 11.5'' \approx \mathbf{29.21\ cm}$$

tenemos un espesor de sub base granular de 29.21 cm.

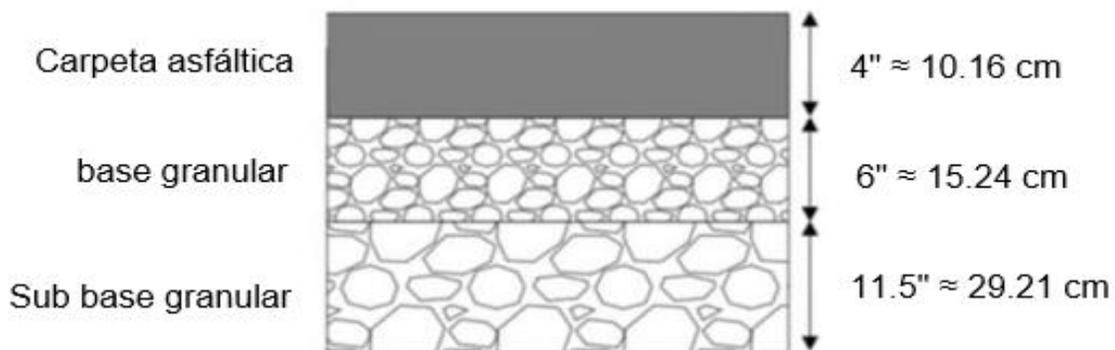


Figura 23: Espesores de las capas del pavimento flexible (muestra patrón)

Diseño Marshall de la mezcla patrón

Es necesario apegarse a los criterios de diseño de la norma técnica, porque se han desarrollado combinaciones de agregados gruesos, finos y cemento asfáltico, para encontrar la proporción adecuada de cemento asfáltico, utilice 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5% y 5,9%.

Tabla 15: Diseño Marshall de la mezcla patrón

Asfalto convencional	Densidad	Vacíos	VMA	VFA	Flujo	Estabilidad
%	g/cm3	%	%	%	mm	Kg
5.50	2.44	5.20	17.20	69.90	2.70	903.00
5.90	2.46	4.00	17.00	76.40	3.10	994.00
6.00	2.46	3.80	17.00	77.80	3.20	1015.00
6.50	2.47	2.80	17.30	84.00	3.50	1071.00
7.00	2.47	2.10	17.80	88.20	3.60	1090.00
7.50	2.14	14.40	29.10	50.70	3.90	1992.00

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de densidad g/cm³, según la cantidad de cemento asfáltico utilizado, siendo así el efectivo 5.9 de cemento con 2.46 g/cm³ de densidad.

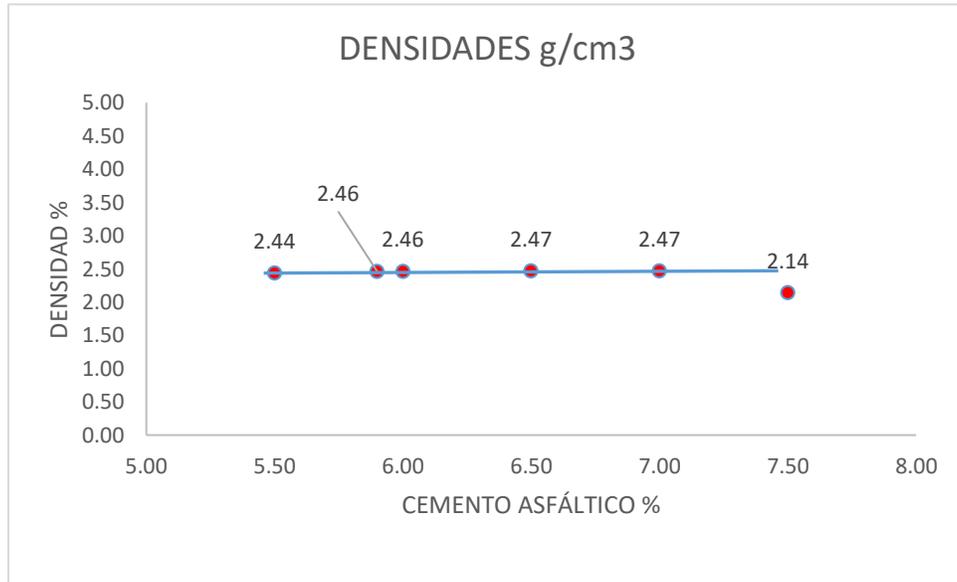


Figura 24: Diseño Marshall de la mezcla patrón – densidad

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de vacíos %, según la cantidad de cemento asfáltico utilizado, siendo así el efectivo 5.9 de cemento con 4.00 % de vacíos.

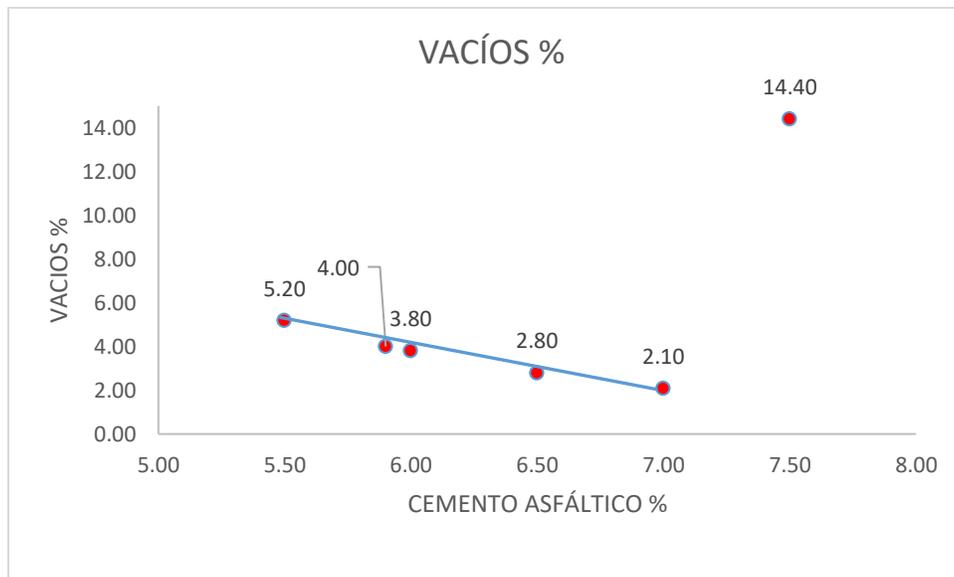


Figura 25: Diseño Marshall de la mezcla patrón - vacíos

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de VMA %, según la cantidad de cemento asfáltico utilizado, siendo así el efectivo 5.9 de cemento con 17.00 % de VMA.

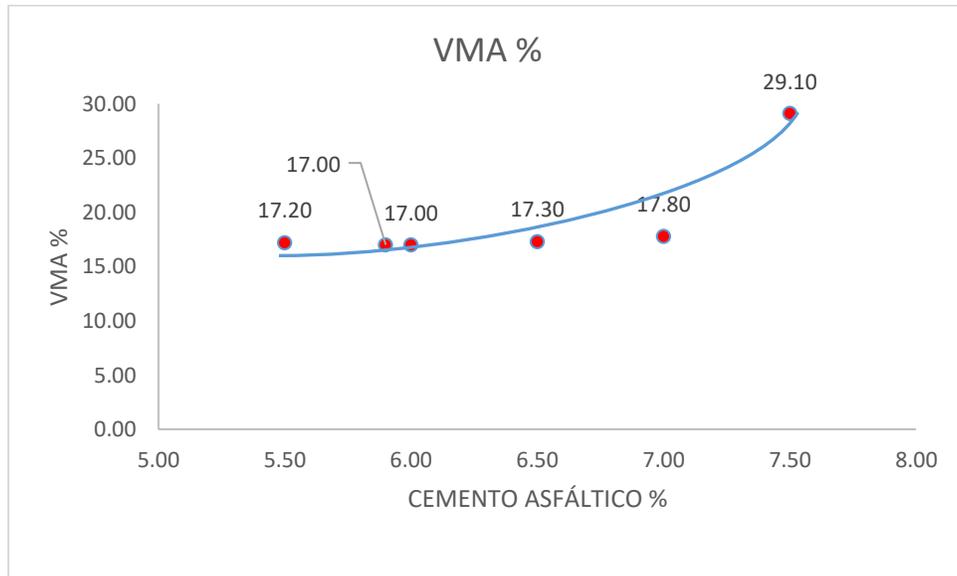


Figura 26: Diseño Marshall de la mezcla patrón – VMA

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de VFA %, según la cantidad de cemento asfáltico utilizado, siendo así el efectivo 5.9 de cemento con 76.40 % de VFA.

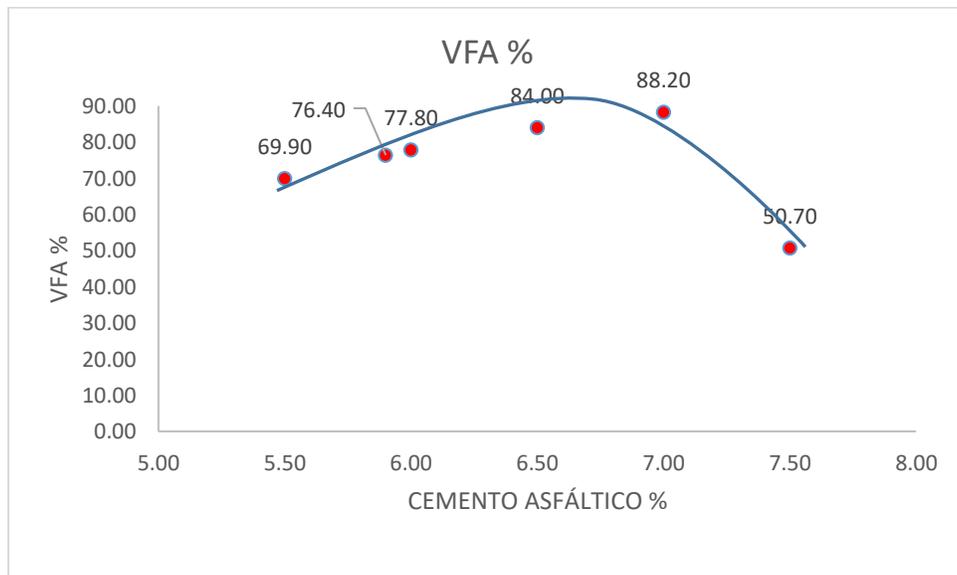


Figura 27: Diseño Marshall de la mezcla patrón – VFA

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de flujo mm, según la cantidad de cemento asfáltico utilizado, siendo así el efectivo 5.9 de cemento con 3.10 mm de flujo.

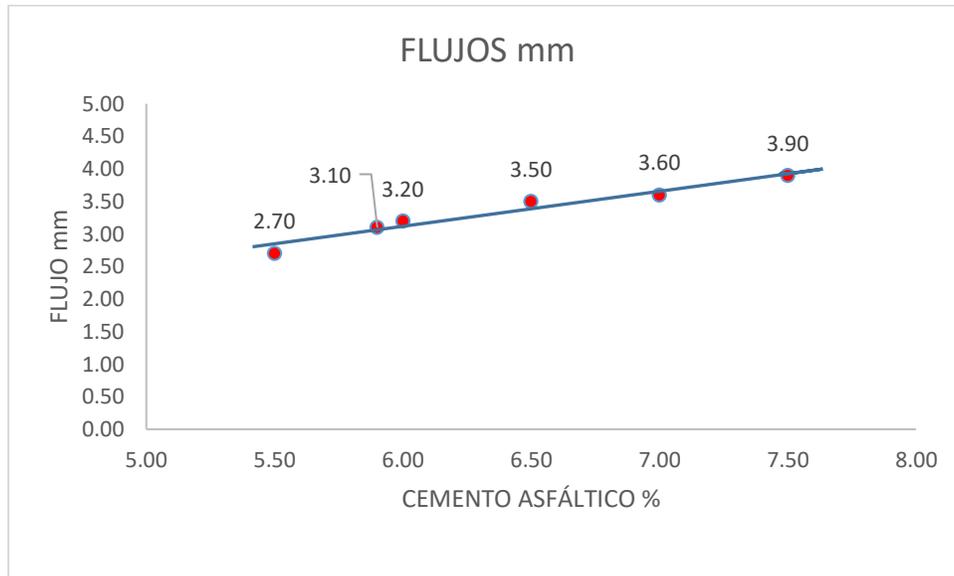


Figura 28: Diseño Marshall de la mezcla patrón – flujo

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de estabilidad g/cm³, según la cantidad de cemento asfáltico utilizado, siendo así el efectivo 5.9 de cemento con 994.00 g/cm³.

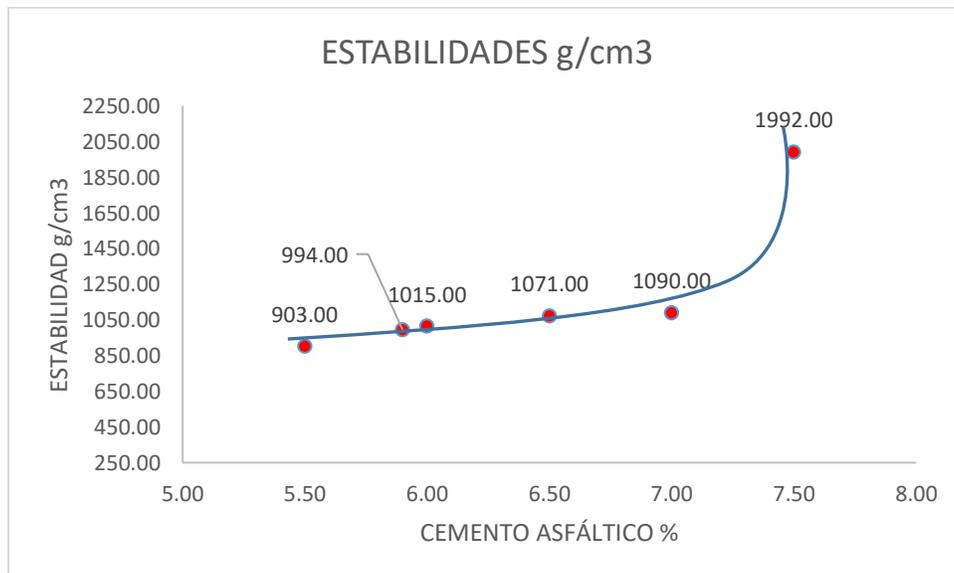


Figura 29: Diseño Marshall de la mezcla patrón – estabilidad

Diseño Marshall mezcla patrón más 1% de polvo de caucho

Para este ensayo Marshall, se utilizó la proporción de 5.9% de cemento asfáltico con PEN de 120/150 con una incorporación de 1%, del total del peso cemento asfálticos, obteniendo así la estabilidad, densidad, vacíos y flujo, aplicando 75 golpes por cara.

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	Promedio
% DE C.A. + POLVO DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.900		
% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.440		
% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.660		
% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		.....	
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.000		
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.792		
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.787		
PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		.....	
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.300	6.300	6.400	
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1249.600	1252.200	1244.300	
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1250.300	1252.900	1245.100	
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.700	0.700	0.800	
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	733.600	733.200	732.600	
VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	516.700	519.700	512.500	
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.418	2.409	2.428	2.419
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.578		
PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.200	6.500	5.800	6.200
PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.789		
V.M.A. (%)	18.400	18.700	18.100	18.400
PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	66.400	65.000	67.800	66.400
PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.861		
ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.490		
PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		5.410		
FLUJO (0.25mm)	3.800	3.700	3.800	3.800
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	957.300	972.600	976.300	
FACTOR DE ESTABILIDAD	1.000	1.000	1.000	
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	975.000	973.000	976.000	975.000
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2565.800	2629.700	2568.400	2588.000

Figura 30: Ensayo Marshall 5.9% C.A con 1% de polvo de caucho

Diseño Marshall mezcla patrón más 2% de polvo de caucho

Para este ensayo Marshall, se utilizó el porcentaje de 5.9% cemento asfáltico con PEN de 120/150 con una incorporación de 2%, del total del peso cemento asfálticos (0.118), obteniendo así la estabilidad, densidad, vacíos y flujo, aplicando 75 golpes por cara.

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	Promedio
% DE C.A. + POLVO DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.90		
% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.44		
% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.66		
% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		.....	
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.00		
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.792		
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.787		
PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		.....	
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.30	6.20	6.30	
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1251.30	1250.30	1251.20	
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1252.30	1251.40	1252.20	
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.00	1.10	1.00	
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	736.20	739.20	735.70	
VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	516.10	512.20	516.50	
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.425	2.441	2.422	2.429
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.578		
PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.00	5.30	6.00	5.80
PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.789		
V.M.A. (%)	18.20	17.60	18.30	18.00
PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	67.30	69.80	67.00	68.00
PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.861		
ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.49		
PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		5.41		
FLUJO (0.25mm)	4.10	4.10	4.00	4.10
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	936.20	937.30	935.70	
FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	1.00	1.00	
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	936.00	937.00	936.00	936.00
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2282.90	2285.40	2340.00	2303.00

Figura 31: Ensayo Marshall 5.9% C.A con 2% de polvo de caucho

Diseño Marshall mezcla patrón más 3% de polvo de caucho

Para este ensayo Marshall, se utilizó el porcentaje de 5.9% cemento asfáltico con PEN de 120/150 con una incorporación de 2%, del total del peso cemento asfálticos (0.177), obteniendo así la estabilidad, densidad, vacíos y flujo, aplicando 75 golpes por cara.

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	Promedio
% DE C.A. + POLVO DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.90		
% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.44		
% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.66		
% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		....	
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.00		
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.792		
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.787		
PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		....	
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.10	6.10	6.20	
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1255.00	1251.50	1254.80	
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1256.20	1252.70	1256.10	
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.20	1.20	1.30	
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	733.60	733.20	732.60	
VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	522.60	519.50	523.50	
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.401	2.409	2.397	2.402
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.578		
PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.90	6.60	7.00	6.80
PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.79		
V.M.A. (%)	19.00	18.70	19.10	18.90
PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	63.90	65.00	63.20	64.00
PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.861		
ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.49		
PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		5.41		
FLUJO (0.25mm)	4.60	4.40	4.40	4.50
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	955.30	956.40	855.90	
FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	1.00	0.96	
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	955.00	956.00	822.00	911.00
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2076.10	2172.70	1868.20	2039.00

Figura 32: Ensayo Marshall 5.9% C.A con 3% de polvo de caucho

Considerando polvo de caucho en diferentes porcentajes se realizó ensayos de mezclas asfálticas con 1%, 2% y 3% de neumáticos en polvo, donde el peso total del cemento asfáltico es la suma del porcentaje polvo de caucho más el asfalto que sería igual 5.9 = (C.A. + % polvo de caucho), se obtuvieron los siguientes:

Tabla 16: Resumen mezcla asfáltica adicionando polvo de caucho

Asfalto convencional	Asfalto con caucho	Densidad	Vacíos	VMA	VFA	Flujo	Estabilidad
%	%	g/cm ³	%	%	%	mm	Kg
5.84	5.90	2.42	6.20	18.40	66.40	3.80	975.00
5.78	5.90	2.43	5.80	18.00	68.00	4.10	936.00
5.72	5.90	2.40	6.80	18.90	64.00	4.50	911.00

Fuente: Elaboración propia

Comparación de muestra patrón vs muestra patrón más polvo de caucho

Se muestran los resultados en los siguientes cuadros y gráficos.

Tabla 17: Resumen comparación de densidades

Asfalto convencional	Asfalto con caucho	Densidad sin caucho	Densidad con caucho
%	%	g/cm ³	g/cm ³
5.84	5.90	2.46	2.42
5.78	5.90	2.46	2.43
5.72	5.90	2.46	2.40

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de densidad, según la cantidad de polvo de neumáticos adicionada.

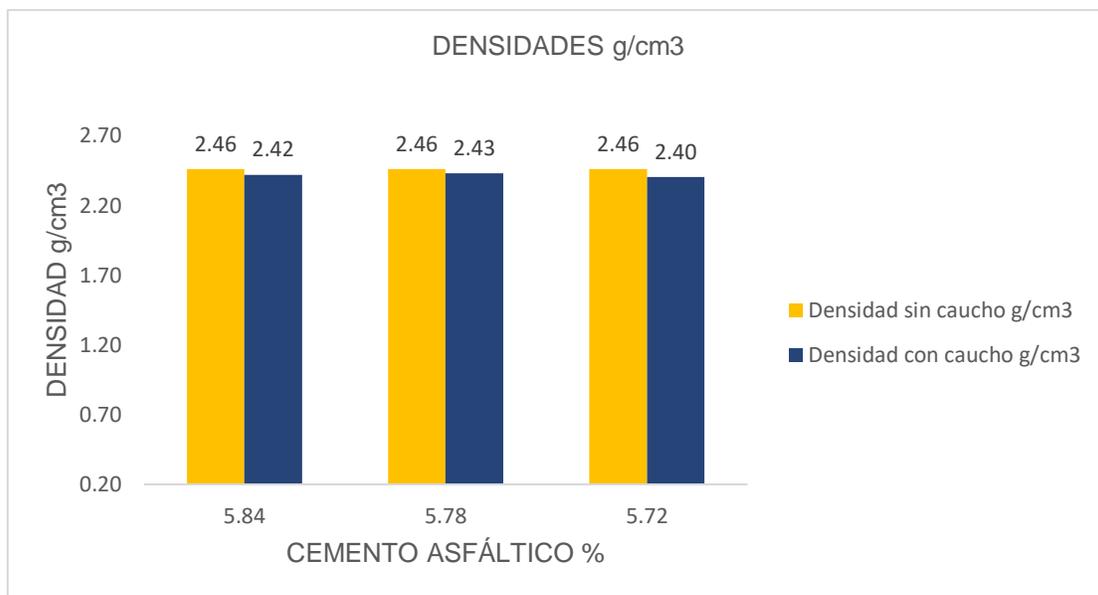


Figura 33: Variación de la densidad

Tabla 18: Resumen comparación de vacíos

Asfalto convencional	Asfalto con caucho	Vacíos sin caucho	Vacíos con caucho
%	%	%	%
5.84	5.90	4.00	6.20
5.78	5.90	4.00	5.80
5.72	5.90	4.00	6.80

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los porcentajes de vacíos, según la cantidad de polvo de neumáticos adicionada.

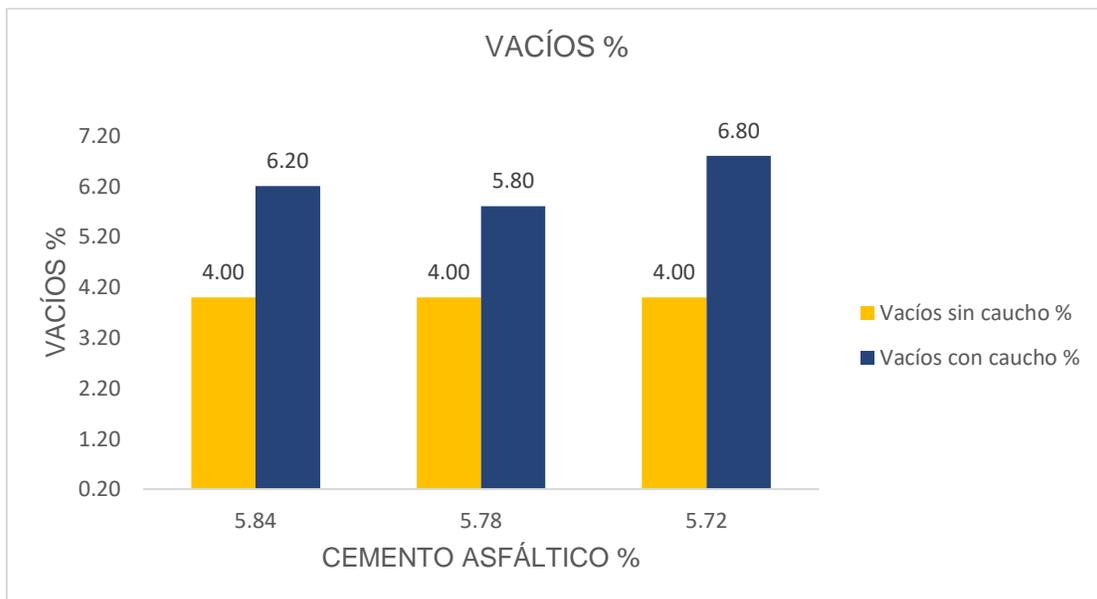


Figura 34: Variación de los vacíos de la mezcla asfáltica

Tabla 19: Resumen comparación de VMA

Asfalto convencional	Asfalto con caucho	VMA sin caucho	VMA con caucho
%	%	%	%
5.84	5.90	17.00	18.40
5.78	5.90	17.00	18.00
5.72	5.90	17.00	18.90

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los porcentajes de VMA, según la cantidad de polvo de neumáticos adicionada.

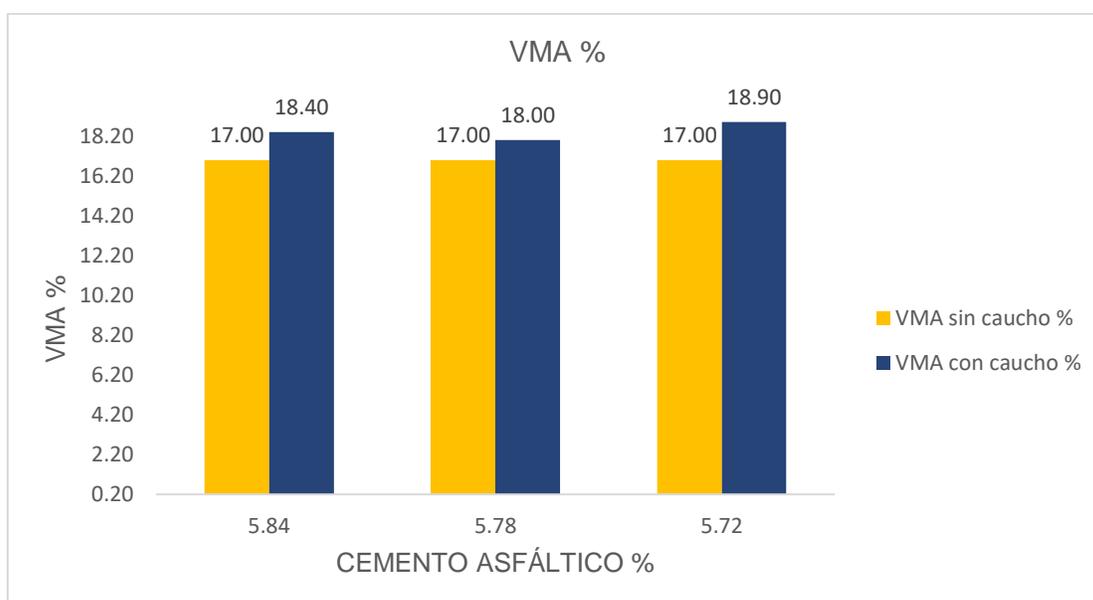


Figura 35: Variación de VMA

Tabla 20: Resumen comparación de VFA

Asfalto convencional	Asfalto con caucho	VFA sin caucho	VFA con caucho
%	%	%	%
5.84	5.90	76.40	66.40
5.78	5.90	76.40	68.00
5.72	5.90	76.40	64.00

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los porcentajes de VFA, según la cantidad de polvo de neumáticos adicionada.

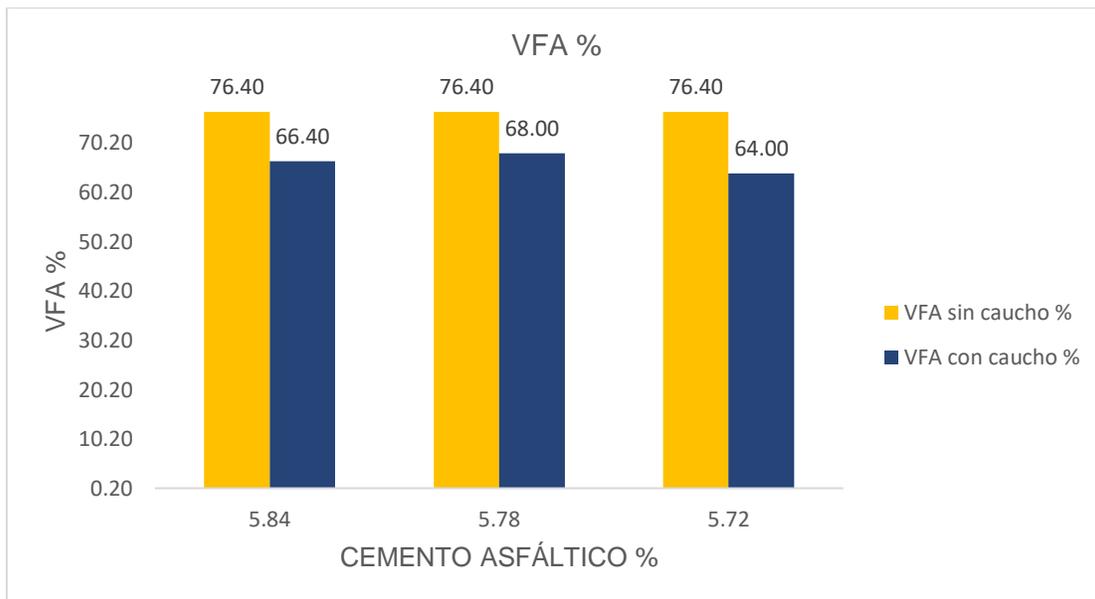


Figura 36: Variación de VFA

Tabla 21: Resumen comparación de flujo

Asfalto convencional	Asfalto con caucho	Flujo sin caucho	Flujo con caucho
%	%	mm	mm
5.84	5.90	3.10	3.80
5.78	5.90	3.10	4.10
5.72	5.90	3.10	4.50

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de los flujos, según la cantidad de polvo de neumáticos adicionada.

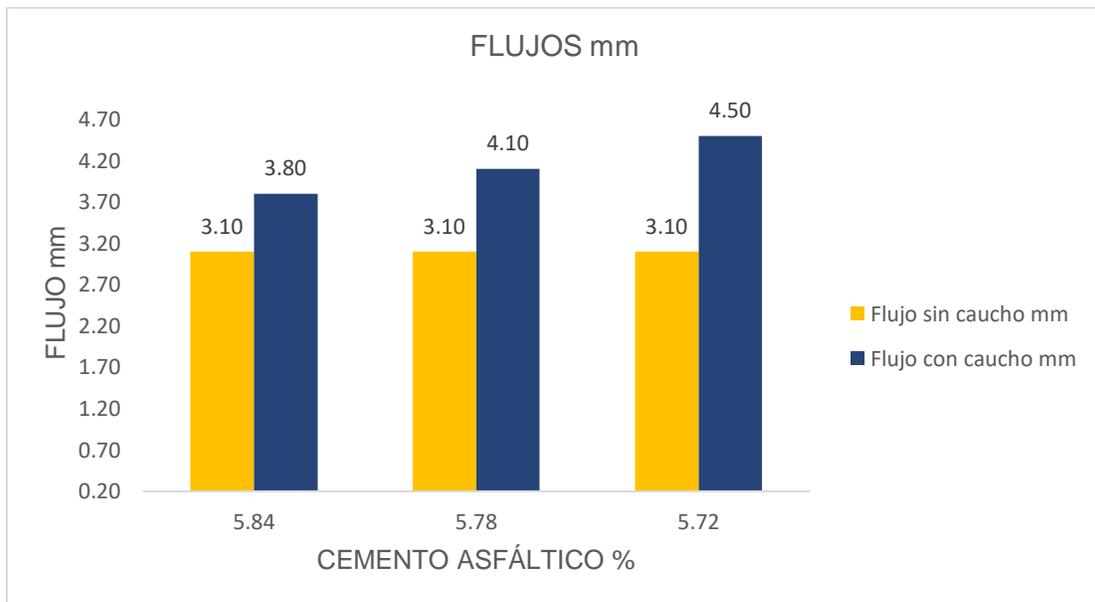


Figura 37: Variación del flujo

Tabla 22: Resumen comparación de estabilidad

Asfalto convencional	Asfalto con caucho	Estabilidad sin caucho	Estabilidad con caucho
%	%	Kg	Kg
5.84	5.90	994.00	975.00
5.78	5.90	994.00	936.00
5.72	5.90	994.00	911.00

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de cómo va en incremento o disminuye los valores de estabilidad, según la cantidad de polvo de neumáticos adicionada.

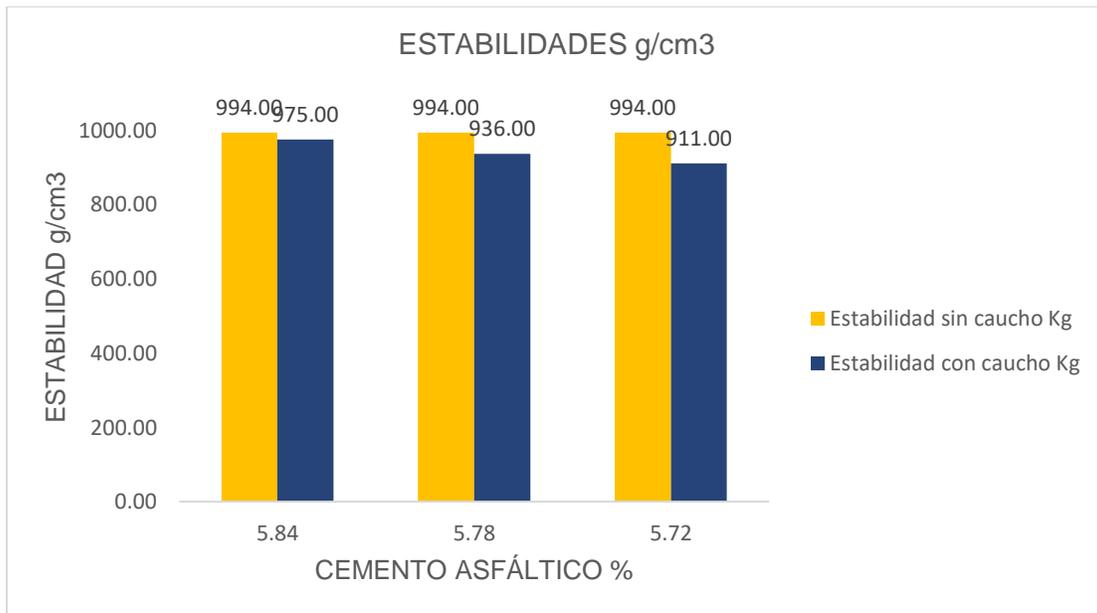


Figura 38: Variación de estabilidad

Análisis de hipótesis

El resultado de la hipótesis planteada tiene el propósito de conocer si la adición de polvo de caucho a la mezcla asfáltica convencional es favorable para el diseño del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022. se hizo el análisis según la hipótesis y sus respectivos indicadores.

Ho: Las propiedades mecánicas del asfalto incorporando polvo de caucho, no será favorable en el diseño de pavimento flexible del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Ha: Las propiedades mecánicas del asfalto incorporando polvo de caucho, será favorable en el diseño de pavimento flexible del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Para la presente dimensión se reconoce la hipótesis alterna, por lo tanto, se niega la hipótesis cero, se llega a esa conclusión después de haber evaluado los resultados obtenidos de estabilidad, flujo, % vacíos, % VMA, peso específico y % de vacíos

La evaluación de los resultados y la validación de las hipótesis está basada únicamente en los resultados obtenidas del diseño Marshall, donde se aplicaron diferentes proporciones polvo de caucho y en los criterios especificados en el manual. Esto condujo a la selección del contenido óptimo de cemento bituminoso adición de polvo de caucho (%) que mejora las propiedades mecánicas frente a diseños estándar o convencionales.

Para la transformación de la mezcla asfáltica por vía húmeda con polvo de neumáticos en desuso, se tuvo que seleccionar porcentajes de cemento asfáltico a las cuales se fue añadiendo el polvo de caucho (%) a una temperatura variable, empezando así con 150 °C al 1%, 175 °C al 2% y 200 °C al 3%, se pudo observar que en ninguna de las temperaturas aplicadas muestra envejecimiento prematuro,

ya que el polvo de neumáticos al ser combinado con el cemento a altas temperaturas se vuelven una masa elastoplástico.

Según los valores obtenidas mediante los cuadros de comparación se puede deducir que los porcentajes de polvo de caucho adicionadas al asfalto incrementan su porcentaje de vacíos, para el 1% se obtuvo 6.20% de vacíos, para el 2% se obtuvo 5.80% de vacíos y para el 3% se obtuvo 6.80% de vacíos.

Según los valores obtenidas de estabilidad al 1% de caucho 975 kg, al 2% de caucho 936 kg y al 3% de caucho 911kg, y flujo al 1% de caucho 3.8 mm, al 2% de caucho 4.10 mm y al 3% de caucho 4.50 mm, mediante los cuadros de comparación se puede corroborar que nos encontramos dentro de los parámetros establecidos (MTC tabla 423-06), concluyendo que el contenido óptimo de polvo de caucho (2%) es el adecuado para mezclas asfálticas.

4.2 Segundo objetivo específico: Diseñar elementos de seguridad vial para el diseño del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

El área de estudio fue encontrada con deficiencia de señales de seguridad, la intersección de la panamericana Huaraz-Lima, entre el tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, esta vía (panamericana) es altamente transitada por variedades de vehículos y si, no se cuenta con las señales adecuadas se podrían ocasionar accidentes, afectando económicamente hasta la pérdida de vidas humanas. por ello se implementó señales a todo el tramo de estudio como: señales por tramos que lo requieran.



Figura 39: Área de estudio sin señales de seguridad vial

Ubicación longitudinal y distancia de lectura

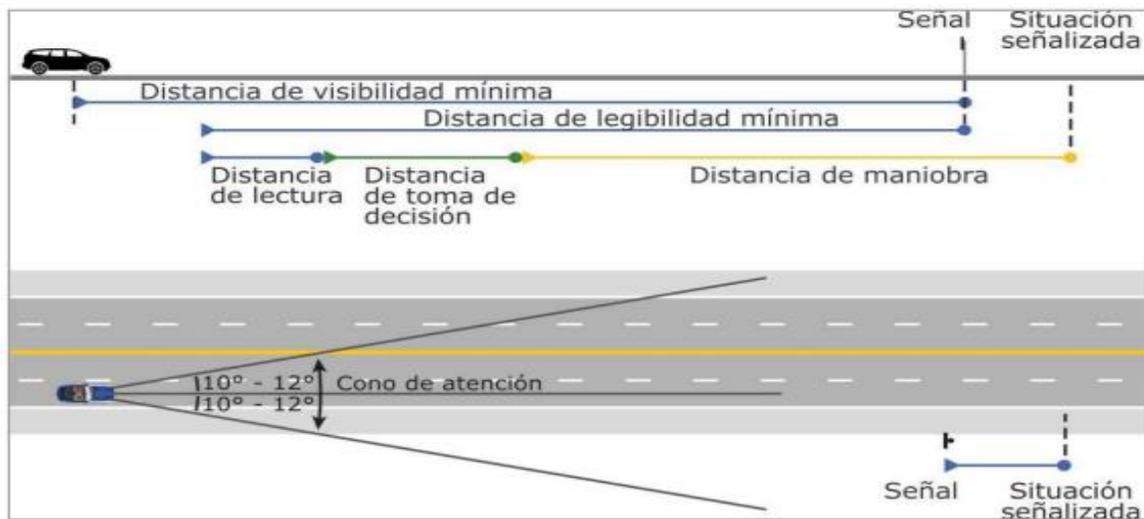


Figura 40: Distancia de visibilidad

Para que los elementos de seguridad sean efectivos es necesario que haya una necesidad, que sea clara y precisa, que sea visible, permita reaccionar en un tiempo determinado y dar una respuesta, que sea uniforme. Como podemos visualizar en las imágenes no cuenta con ninguna de lo mencionado.

Señal incorporación de tránsito a la derecha

se colocó con la finalidad de prevenir a los conductores como transeúntes sobre la maniobra de giro, presencia de vehículos y la intersección



Figura 41: Panamericana Huaraz-Lima, entre el tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija

Señales preventivas

es una de las señales preventivas que se da por las características geométricas del acceso que estropea la velocidad y el frenado, donde señalan la proximidad de pendiente longitudinal.

Señal incorporación de tránsito a la izquierda

se colocó con la finalidad de prevenir a los conductores como transeúntes sobre la maniobra de giro, presencia de vehículos y la intersección, en un acceso de ida y vuelta ya que es el acceso al mirador, una agrupación que conforma el barrio arriba de la provincia de Recuay.



Figura 42: Tramos que necesitan ser señalizadas



Figura 43: Señal incorporación de tránsito a la izquierda y preventiva

Señal curva y contra – curva pronunciada a la izquierda, derecha y velocidad máxima

Las señales de curva y contracurva – curva pronunciada ala izquierda y derecha tienen el objetivo de advertir al conductor la proximidad de una curva como contracurva, teniendo la clasificación de carretera y el tipo de orografía, para el estudio contamos con una clasificación acceso de tercera clase con relieve accidentada y velocidad mínimo 30 km/h y máximo de 50 km/h, los valores en km/h y señales son seleccionadas mediante el manual de carreteras quien cuenta una estandarización.



Figura 44: Tramos que no cuentan con señalización



Figura 45: Señal curva y contra – curva pronunciada a la izquierda, derecha y velocidad

La colocación de señales informativos, preventivos y comunicativos son importantes para la prevención y disminución de accidentes a las progresivas 0+100 al 550.



Figura 46: Accidentes frecuentes en temporadas de lluvias

Según los reportes policial, este tipo de incidentes son muy frecuentes en el acceso Recuay – Aija, siendo el más peligroso la progresiva 0+500, en estos sucesos intervienen diferentes factores como: falta de acceso asfaltado, frecuentes lluvias, exceso de velocidad, falta de señales informáticos, señales de advertencia y señales de incorporación, muchas veces los incidentes no llegan a mayores por ello no son reportados, sin embargo los ciudadanos aledañas viven con ese temor de que en algún momento suceda lo inesperado.

Las imágenes mostradas en la figura 46 son del noticiero Ancash Noticias, quienes informan a la población de los sucesos relevantes.



Figura 47: Plano de señalización progresivas 0+000 al 0+900

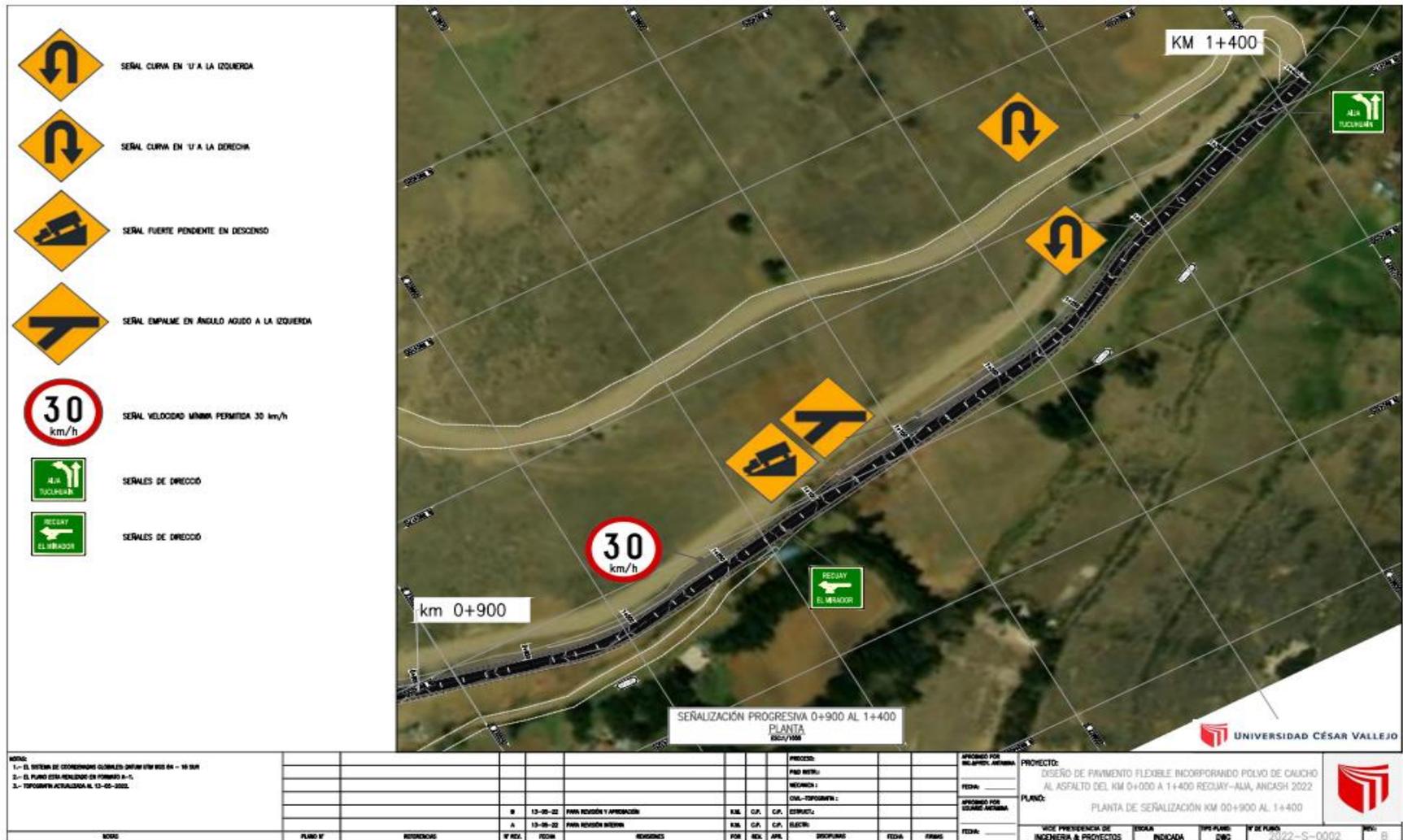


Figura 48: Plano de señalización progresivas 0+900 al 1+400

Análisis de hipótesis

El estudio de la hipótesis planteada tiene el propósito de implementar elementos de seguridad vial para el diseño del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Ho: Los elementos de seguridad vial no complementarán al diseño del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Ha: Los elementos de seguridad vial complementarán al diseño del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Para la presente dimensión se admite la hipótesis alterna, por lo tanto, se rechaza la hipótesis cero, los elementos de seguridad vial complementarán al diseño del pavimento flexible, de manera que eviten accidentes y prevengan accidentes futuros.

4.3 Tercer objetivo específico: Determinar el costo – beneficio del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS CONVENCIONAL

01.01.00 CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL						
Rendimiento; M2/DIA	M.O	1400.00	E.Q.	1400.00	Costo Unitario por m2	154.88
Costo Unitario directo por: M2						
Código	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
01.01.01	OPERARIO	hh	4.0000	0.0320	8.9800	0.29
01.01.02	OFICIAL	hh	6.0000	0.0267	7.0700	0.19
01.01.03	PEÓN	hh	4.0000	0.1600	6.3500	<u>1.02</u>
						1.49
	Materiales					
01.02.01	BASE GRANULAR	m3		1.2000	35.18	42.22
01.02.02	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"- 1/2"	m3		0.0300	70.00	2.10
01.02.03	MATERIAL GRANULAR SUB BASE	m3		1.2000	20.54	24.65
01.02.04	CEMENTO ASFÁLTICO PEN 120-150	gal		2.0680	10.77	<u>22.27</u>
						91.24
	Equipos					
01.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%M.O.		5.0000	1.15	0.06
01.03.02	CAMIÓN VOLUETE 15m3	hm	4.0000	0.0178	130.00	2.31
01.03.03	COMPRESORA NEUMÁTICA 76HP	hm	0.5000	0.0022	120.00	0.26
01.03.04	RODILLO NEUMÁTICO RODILLO TANDEM	hm	1.0000	0.0237	122.89	2.91
01.03.05	ESTÁTICO COMPACTADOR	hm	1.0000	0.0237	82.26	1.95
01.03.06	VIBRATORIO CARGADOR SOBRE	hm	1.0000	0.0237	12.00	0.28
01.03.07	LLANTAS PAVIMENTADORA SOBRE	hm	1.0000	0.0237	165.00	3.91
01.03.08	ORUGAS PLANTA ASFALTO EN	hm	1.0000	0.0237	128.88	3.05
01.03.09	CALIENTE	hm	1.0000	0.0237	2,000.00	<u>47.40</u>
						62.15

Figura 49: Análisis costo unitario convencional

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS MODIFICADOS

01.01.00	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE MAS 2% DE CAUCHO					
Rendimiento; M2/DIA	M.O	1400.00	E.Q.	1400.00	Costo Unitario por: M2	154.61
Costo Unitario directo por: M2						
Código	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
01.01.01	OPERARIO	hh	4.0000	0.0320	8.9800	0.29
01.01.02	OFICIAL	hh	6.0000	0.0267	7.0700	0.19
01.01.03	PEÓN	hh	4.0000	0.1600	6.3500	<u>1.02</u>
						1.49
Materiales						
01.02.01	BASE GRANULAR PIEDRA CHANCADA DE	m3		1.2000	35.18	42.22
01.02.02	3/4"- 1/2"	m3		0.0300	70.00	2.10
01.02.03	MATERIAL GRANULAR SUB BASE	m3		1.2000	20.54	24.65
01.02.04	CEMENTO ASFÁLTICO PEN 120-150	gal		2.0680	10.77	21.83
01.02.05	GRANO DE CAUCHO RECICLADO	kg		0.1320	1.40	<u>0.18</u>
						90.98
Equipos						
01.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%M.O.		5.0000	1.15	0.06
01.03.02	CAMIÓN VOLUETE 15m3 COMPRESORA	hm	4.0000	0.0178	130.00	2.31
01.03.03	NEUMÁTICA 76HP	hm	0.5000	0.0022	120.00	0.26
01.03.04	RODILLO NEUMÁTICO RODILLO TANDEM	hm	1.0000	0.0237	122.89	2.91
01.03.05	ESTÁTICO COMPACTADOR	hm	1.0000	0.0237	82.26	1.95
01.03.06	VIBRATORIO CARGADOR SOBRE	hm	1.0000	0.0237	12.00	0.28
01.03.07	LLANTAS PAVIMENTADORA SOBRE	hm	1.0000	0.0237	165.00	3.91
01.03.08	ORUGAS PLANTA ASFALTO EN	hm	1.0000	0.0237	128.88	3.05
01.03.09	CALIENTE	hm	1.0000	0.0237	2,000.00	<u>47.40</u>
						62.15

Figura 50: Análisis costo unitario modificado

CARRETERA A ASFALTAR		1.4 KM
LONGITUD	1,400.00	m.
ANCHO DE VIA	6.00	m.
AREA A ASFALTAR	8,400.00	m2
COSTO DEL DISEÑO CONVENCIONAL	S/. 154.88	
COSTO TOTAL	S/. 1,300,953.36	
COSTO DEL DISEÑO MODIFICADO S/.	S/. 154.61	
COSTO TOTAL	S/. 1,298,764.32	
DIFERENCIA EN COSTOS S/.	S/. 2,189.04	

Figura 51: Comparación de costos: asfalto convencional vs asfalto modificado

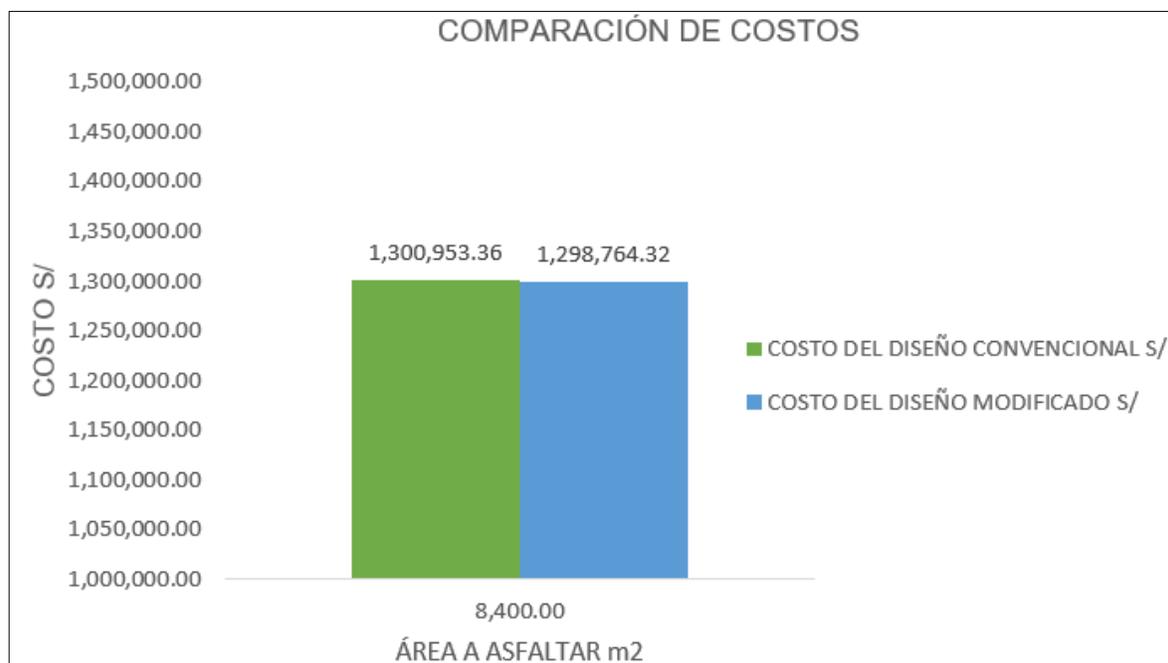


Figura 52: Comparación de costos

Análisis de hipótesis

El análisis de la hipótesis planteada tiene el propósito de comparar los costos: pavimento flexible convencional vs pavimento flexible modificado, mediante ello determinar si es rentable el pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Ho: La incorporación polvo de caucho al asfalto no aportará beneficios en el diseño de pavimento flexible del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Ha: La incorporación polvo de caucho al asfalto aportará beneficios en el diseño de pavimento flexible del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.

Para la presente dimensión se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, la incorporación polvo de caucho al asfalto aporta beneficios económicamente ahorrando un costo de s/ 2189.04 por 1+400 km.

V. DISCUSIÓN

5.1 Determinar las propiedades mecánicas del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto

Según el resultado obtenido, incorporando polvo de caucho al 2% por vía húmeda, presenta un menor porcentaje de vacíos (5.80 %), en comparación a la mezcla patrón se redujo la estabilidad a 58 kg, asimismo incrementando su flujo de 3.10 mm a 4.10 mm.

Para Flores (2018) en su análisis el incorporar el 5% de caucho a la mezcla asfáltica es el contenido óptimo para sustituir el asfalto, ya que con este porcentaje incrementa su resistencia y fluencia.

Maguiña (2019) en su proyecto incorporó a las mezclas asfáltica 3% de granos de caucho en desuso, para su investigación es un contenido óptimo, concluyendo el caucho reciclado mejora el comportamiento físico y mecánico del asfalto convencional.

Con Flores y Maguiña se concuerda que el caucho reciclado en diferentes tamaños y formas incorporado a la mezcla mejora el comportamiento mecánico del asfalto, sin embargo, para Maguiña el contenido óptimo de caucho es de 3%, pero para esta investigación se realizó el ensayo Marshall a las mezclas asfálticas con el mismo contenido 3% de caucho utilizando el mismo método o vía de incorporación (vía húmeda), se pudo contrastar que aumenta su flujo a 4.50 %, se incrementa los vacíos a 6.80% aunque manteniendo la estabilidad 911 kg. dentro del parámetros establecidos por las especificaciones técnicas.

Por lo tanto, se verificó que mis resultados coinciden con las investigaciones realizadas, pero se difiere con la cantidad caucho a utilizar.

5.2 Diseñar elementos de seguridad vial para el del tramo km 0+000 a 1+400

Recuay – Aija

De acuerdo al resultado obtenidas, se evidencia los elementos de seguridad verticales como horizontales implementados en el tramo km 0+000 a 1+400, han sido incorporados respetando los parámetros del Manual de carreteras, ya que se ha evidenciado la inexistencia de las señaléticas en todo el tramo.

Para Quispe (2021) en su tesis titulada “determinación de un tramo de concentración de accidentes del km 90 al km 130 de la carretera central Lima – la Oroya y propuesta de mejoramiento en la señalización y seguridad vial para reducir la tasa de accidentes de tránsito” concluye que la incorporación de señaléticas verticales y horizontales en su tramo de estudio, resulta eficiente ya que logro reducir la tasa de accidentabilidad reduciendo de 58% a 52%.

Así mismo Vilcheres (2021) en su tesis titulada “Seguridad vial y el índice de accidentabilidad en la carretera Caraz – Yucramarca, Ancash 2021” afirma que cierto tramo de estudio señalizado al 50% y la inexistencia de demarcación incrementa la accidentabilidad, por lo tanto, se determinó que van de la mano el índice de accidentabilidad y señalización.

Por consiguiente, estoy de acuerdo con los autores Quispe y Vilcheres en implementar elementos de seguridad vial, ya que estos ayudan a prevenir y reducir accidentes.

5.3 Determinar el costo – beneficio del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto

De acuerdo a los valores obtenidos, se evidencia que la incorporación polvo de caucho al asfalto dio como resultado S/ 1 298 764.32, un valor menor al pavimento convencional con valor de S/ 1 300 953.36, evidenciando un ahorro de 2, 189.04.

Este resultado coincide con Maguiña (2019) en su proyecto de análisis “caucho reciclado de llantas en la mezcla de asfalto a compresión para mejorar las propiedades mecánicas”, donde hace mención que existe discrepancia económica entre el convencional y modificada, mostrando un ahorro de S/ 100 848.00, incorporando caucho al asfalto. así mismo los estudios realizados por los tesisistas Cerda y Pintado (2018), en su tesis titulado “Uso del caucho en el diseño de pavimento flexible, en la avenida los algarrobos, tramo avenida las amapolas – avenida gustavo Mohme, veintiséis de octubre, Piura”, que forma parte de la presente investigación y que concluye afirmando la disminución de costo al utilizar caucho reciclado para el asfalto de PEN 60/70, disminuyendo S/ 10 514.87.

Sin embargo, según la investigación realizada por Santos y Lobato (2020) en sus trabajos de investigación “Evaluación del asfalto modificado a base de caucho reciclado de neumáticos en comparación del asfalto convencional”, concluyen que el modificado tiene un incremento de 26% a comparación al convencional, pero con la ventaja de proporcionar años de durabilidad.

Por lo tanto, se verificó que los resultados obtenidos coinciden con las investigaciones realizadas por Maguiña, Cerda y Pintado, asimismo existe discrepancia con Santos y Lobato.

VI. CONCLUSIONES

La realización de las pruebas, desarrollo, análisis y procesamiento de la información resultante muestra que la adición de caucho en polvo a la mezcla en caliente afecta positivamente el diseño de la mezcla bituminosa para un tramo de 0+000 km a 1+400 km.

6.1 Conclusión 1

Se deduce que la adición de 2% de caucho en polvo en la mezcla asfáltica en caliente mejora las propiedades mecánicas del betún convencional donde se reduce el porcentaje de vacíos a 5.80 %, con un flujo de 4.10 mm y manteniendo su estabilidad 936kg, lo que se puede identificar claramente en los resultados donde se determinan y se rigen a la normativa, el coeficiente de estabilidad es el máximo de 1500 kg y mínimo de 800 kg en el diseño de la mezcla bituminosa para un tramo de 0+000 km a 1+400 km.

6.2 Conclusión 2

Se concluye que el implementar elementos de seguridad vial como complemento del diseño, aumenta de manera significativa la seguridad del conductor y la población en el diseño de la mezcla bituminosa para un tramo de 0+000 km a 1+400 km.

6.3 Conclusión 3

Se determinó que la incorporación polvo de caucho al asfalto aporta beneficios económicos como se puede contrastar en los resultados de costos unitarios donde disminuyó significativamente el costo S/ 2189.04, por lo tanto, la incorporación polvo de caucho al asfalto disminuye el costo en el diseño de la mezcla bituminosa para un tramo de 0+000 km a 1+400 km.

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere al Gobierno central implementar gestión de reciclaje de caucho y normas para diseñar cemento asfáltico adicionando polvo o grano de caucho provenientes de llantas en desuso, como también su aplicabilidad para las tres regiones.

7.1 Recomendación 1

Se recomienda trabajar cumpliendo los parámetros constituidos por el manual de carreteras, así hacer un buen diseño, rentable, eficiente y cumplan su año de vida proyectada, esto contribuirá al desarrollo de la población, además es fundamental mencionar que el hecho de hacer bien el diseño evitamos accidentes.

7.2 Recomendación 2

En el tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, con relación a la seguridad vial, la cual se puede corroborar la deficiencia de señales se recomienda colocar las señaléticas respetando las normativas, donde establecen las distancias requeridas los tamaños según la velocidad.

7.3 Recomendación 3

Se aconseja la sustitución del asfalto por caucho reciclado en cierto porcentaje según su aplicabilidad, porque ayuda a: disminuir la contaminación masiva, ahorrar recursos naturales, reducir la cantidad de desechos en los vertederos, específicamente ayuda a disminuir los costos de producción.

7.4 Recomendación 4

Se sugiere al alcalde de la Provincia de Recuay, interceder para que puedan ensanchar la vía de acceso ya que circulan vehículos pesados, especialmente en los tramos donde se cuenta con radios cerrados.

REFERENCIAS

Álvarez A., Flores B., y Walubita L. (2012). Evaluation of HMA Cracking Resistance as a Function of Laboratory Aging Based on the Direct-Tension Test, volume (n.º 17), 209-224.

Ayala K., Heredia J. Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca. (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil). Guayaquil, Ecuador. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2019. 129 pp.

Bastidas Juan. Estudio comparativo del envejecimiento a largo plazo de una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho reciclado. (Propuesta para proyecto de grado). Bogotá, Colombia. Universidad Católica de Colombia. 2019. 60 pp.

Bastidas J., Rondón H., Contreras L., Castaño s. y Rojas L. (2021). Evaluation of hot mix asphalt with incorporation of recycled concrete aggregates, volumen (Nº 2), 75-84.

Cabezas V., Mendoza C. Alternativa de diseño de mezcla asfáltica en caliente con polvo de caucho de NFU para la ciudad de Lima 2018. (Título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2018. 171 pp.

Campaña O., Galeas S. y Guerrero V. (2015). Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores, volumen (Nº 2), 1-6.

https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/issue/view/18

Cando W., Bonilla P., Yáñez G., Bucheli J., Muñoz A., Orquera M., Fernández L. y Espinoza P. (2019). Effect of incorporation by dry procedure of rubber residue

obtained after removal of an airport runway in asphalt AC-20, volumen (n.º43), 03-56.

Castillo Á., Chávarri A. Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado en Lima, 2020. (Título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2020. 147 pp.

Cerda E., Pintado Y. Uso del caucho en el Diseño del Pavimento Flexible, en avenida los algarrobos, tramo avenida las amapolas – avenida Gustavo Mohme, veintiséis de octubre, Piura -2018. (Título profesional de ingeniero civil). Piura, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2018. 411 pp.

Corredor G. (2008). Mezclas Asfálticas, Materiales y Diseño. Apuntes de Pavimentos, Volumen (2), 259 pp.

<https://es.scribd.com/doc/39839586/Apuntes-Pavimentos-Volumen-2-Abril-2008>.

Chamba F., Benavides J. Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado. (Título profesional de ingeniero civil). La Libertad, Ecuador. Universidad Santo Tomás. 2019. 197 pp.

Díaz C., Castro L. Implementación del grano de caucho reciclado) GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. (Título profesional de ingeniero civil). Bogotá, Colombia. Universidad Santo Tomás. 2017. 82 pp.

Fernandez W., Rondon H. y Reyes F. (2013). A review of asphalt and asphalt mixture aging volumen (n.º33), 05-12.

García M. Influencia de la adición de caucho granulado en 5%, 10% y 15% en la resistencia a compresión y flexión del concreto para la utilización en obras de

ingeniería, Lima 2020. (Título profesional de ingeniero civil). Piura, Perú. Universidad Privada del Norte. 2020. 235 pp.

Gómez Edgar. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2ª edición. Universidad Católica de Colombia.

Godoy N. Influencia Mecánica del polvo de caucho procedente de neumáticos en la pavimentación de carreteras en la ciudad de Lima (Título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú, Universidad Privada del Norte. 2020.126 pp.

Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas. (2007). Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.España. 69 pp.

Disponible en: http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/27EDCC96-7C3A-42B5-96B7F6B87D0BD3DF/116371/Manual_NFU.pdf.

Manual Completo diseño de Pavimento. (2014). UMSS - Facultad de Ciencias y Tecnología.

Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Manual Principios de Construcción de Pavimento de Mezcla Asfáltica en Caliente Construcción. (1994). Asphalt Institute 275 pp.

Menéndez José. (2009). Ingeniería de pavimentos, materiales, diseño y conservación. Fondo Editorial ICG.

OSORIO, Alfredo. Accidente en vía Recuay – Aija. Áncash Noticias: Ancash, Perú, 3 de marzo de 2021. p. 2.

Quispealaya S. Determinación de un tramo de concentración de accidentes del km 90 al km 130 de la carretera central Lima – la Oroya y propuesta de mejoramiento en la señalización y seguridad vial para reducir la tasa de accidentes de tránsito. (Título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú. Universidad San Ignacio de Loyola. 2021. 112 pp.

Reyes O. y Camacho J. (2004). Incidencia en el Ahuellamiento y Propiedades Mecánicas de una Mezcla Asfáltica por la Adición de Desperdicio de Llantas Usadas, volumen (N° 6), 2.

Rondón Hugo, Reyes Fredy. (2015). Pavimentos, Materiales, Construcción y diseño. Ecoe Ediciones.

Rodríguez Alfonso. (2005) La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas.

Ubidia L. Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado para minimizar la generación de fisuras del Jr. Jorge Chávez cdra. 01-09 Ciudad de Tarapoto San Martín. (Título profesional de ingeniero civil). Tarapoto, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2019. 152 pp.

Vilcheres J. Seguridad vial y el índice de accidentabilidad en la carretera Caraz - Yuracmarca, Ancash 2021. (Título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú. Universidad Privada del Norte. 2021. 35 pp.

Zambrano Wilmer. (20115). Diseño Estructural de Pavimentos. Edición UTMACH.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

"Diseño de Pavimento Flexible Incorporando Polvo de Caucho al Asfalto del Tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022"						
Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	Variables	Dimensiones	Indicador	Metodología
¿Porqué es importante el diseño de pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022?	Diseñar pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.	La incorporación polvo de caucho al asfalto influirá significativamente en el diseño de pavimento flexible del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.	VI: POLVO DE CAUCHO AL ASFALTO	Propiedades Físicas del Polvo de Caucho	Granulometría peso específico Porcentajes 1%, 2% y 3 %	Tipo de estudio: Aplicada
				Diseño de Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto Cálculo de Volumen de Agregados Ensayo Marshall	Diseño de Investigación: Tipo xperimental
				Propiedades mecánicas del Asfalto con Polvo de Caucho	Densidad Relación estabilidad y flujo % Vacíos	Método de investigación: Método cuantitativo
Específicas	Específicas	Específicas				
¿Cuáles serían los resultados de las propiedades mecánicas del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022?	Determinar los resultados de las propiedades mecánicas del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.	Las propiedades mecánicas del asfalto incorporando polvo de caucho, será favorable en el diseño de pavimento flexible del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.	VD: DISEÑO DE PAVIMENTO	Propiedades Mecánicas	Clasificación de Suelo Ensayo Marshall Proctor Estandar - CBR Densidad de Campo	Población: Tramo (km 0+000 al 140+180) Recuay – Aija –Huarney
¿Cómo influyen los elementos de seguridad vial al diseño del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022?	Diseñar elementos de seguridad vial para el diseño del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.	Los elementos de seguridad vial complementaran al diseño del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.		Seguridad Vial	Manual de Dispositivos de Control del Transito Automotor para Calles y Carreteras	Muestreo: Tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija
¿Cuál es el costo – beneficio del diseño de pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022?	Determinar el costo – beneficio del pavimento flexible incorporando polvo de caucho al asfalto del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.	La incorporación polvo de caucho al asfalto aportará beneficios en el diseño de pavimento flexible del tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022.		Parámetros de diseño	Aashto 93 Manual de carreteras Diseño geométrico	Muestra: Tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Formato de conteo vehicular de 8 días

REPUBLICA DEL PERÚ		Ministerio de Transportes y Comunicaciones																			
				FORMATO Nº 1.3																	
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																					
TRAMO DE LA CARRETERA				TRAMO RECUAY AJJA KM 0+000 A 1+400																	
SENTIDO				E ←								S →									
UBICACIÓN				DISRITO DE RECUAY, PROVINCIA DE RECUAY DEPARTAMENTO DE ANCASH																	
				ESTACION																	
				CODIGO DE LA ESTACION																	
				DIA Y FECHA																	
				1 2 0 5 2022																	
HORA	MOTO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S12S2	2S3	3S13S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
7 a 8																					
8 a 9																					
9 a 10																					
10 a 11																					
11 a 12																					
12 a 13																					
13 a 14																					
14 a 15																					
15 a 16																					
16 a 17																					
17 a 18																					
18 a 19																					
19 a 20																					
20 a 21																					
TOTAL																					
ENCUESTADOR:				JEFE DE BRIGADA:				ING. RESPONS.:				SUPERV. MTC									

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Anexo 3: Ensayo de CBR – calicata 01

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : KETTY MEJÍA VILLANUEVA

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 9+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - ALJA, ANCASH -2022

UBICACIÓN : RECUAY - ALJA, ANCASH -2022

REGISTRO : 089/2022.GEOSUR

TÉCNICO : DANIEL IMÁN

FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS

CALICATA : C-01

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50

MOLDE N°	1		2		3	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9522.0	9563.0	9422.0	9486.0	8850.0	8927.0
PESO DEL MOLDE, g	4991.0	4991.0	5079.0	5079.0	4879.0	4879.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4531.0	4572.0	4343.0	4407.0	3971.0	4048.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm ³	2104.0	2111.7	2102.0	2114.2	2121.0	2138.3
DENSIDAD HUMEDA, g/cm ³	2.154	2.165	2.068	2.084	1.872	1.893
DENSIDAD SECA	1.896	1.889	1.819	1.808	1.649	1.636
TARA N°	12	43	11	26	32	35
TARA + SUELO HÚMEDO	1082.5	1248.7	1047.0	1174.8	1129.9	1180.9
TARA + SUELO SECO	975.7	1113.9	944.4	1046.0	1019.9	1045.7
PESO DEL AGUA	106.8	134.8	102.6	128.8	110.0	135.2
PESO DE LA TARA	188.8	184.3	187.4	193.2	205.4	188.8
PESO DEL SUELO SECO	788.9	929.6	757.0	852.8	814.5	859.9
% DE HUMEDAD	13.57	14.50	13.55	15.10	13.51	15.80
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.6	14.6	13.6	15.3	13.5	15.7

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
29/05/2022	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
01/05/2022	08:15 a. m.	4	0.017	0.42	0.36	0.026	0.67	0.58	0.037	0.95	0.82

ABSORCIÓN

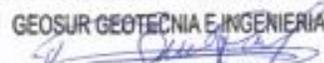
MOLDE N°	1	2	3
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11727.0	11519.0	11194.0
Peso del plato + molde, g	7155.0	7112.0	7146.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4572.0	4407.0	4048.0
Peso suelo hím. sin embaber, g	4531.0	4343.0	3971.0
Peso del agua absorbida, g	41.0	64.0	77.0
Peso del suelo seco, g	3968.6	3823.1	3498.7
Absorción de agua, %	1.0	1.7	2.2

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm ²	MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm ²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm ²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm ²
0.080	0.003		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	-1.2	0.0
0.635	0.025		65.8	65.8	3.4	41.1	41.1	2.1	36.5	36.5	1.9
1.270	0.050		129.1	129.1	6.7	84.3	84.3	4.9	71.5	71.5	3.7
1.905	0.075		197.8	197.8	10.2	146.9	146.9	7.8	105.9	105.9	5.5
2.540	0.100	70.3	256.9	256.9	13.3	196.6	196.6	10.2	139.4	139.4	7.2
3.810	0.150		362.7	362.7	18.7	282.6	282.6	14.6	198.4	198.4	10.3
5.080	0.200	105.5	454.2	454.2	23.5	380.3	380.3	18.6	255.8	255.8	13.2
6.350	0.250		532.3	532.3	27.5	421.1	421.1	21.8	304.0	304.0	15.7
7.620	0.300		604.9	604.9	31.3	473.1	473.1	24.4	347.6	347.6	18.0
10.160	0.400		717.5	717.5	37.1	557.7	557.7	28.8	421.4	421.4	21.8
12.700	0.500		798.0	798.0	41.2	606.2	606.2	31.3	466.6	466.6	24.1

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL


 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 268116

Av. Central N°624 Villa el Salvador – Lima – Lima, Celular: 941868499- e-mail: jdpelaezq@geosurlab.com

Anexo 4: Ensayo de CBR – calicata 01

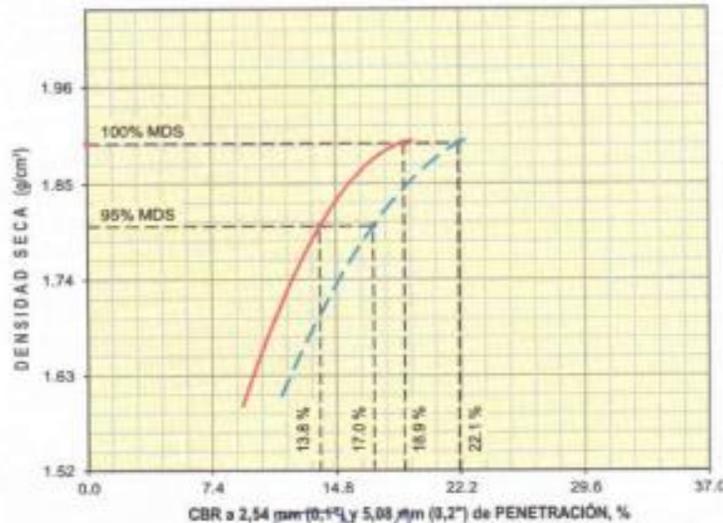
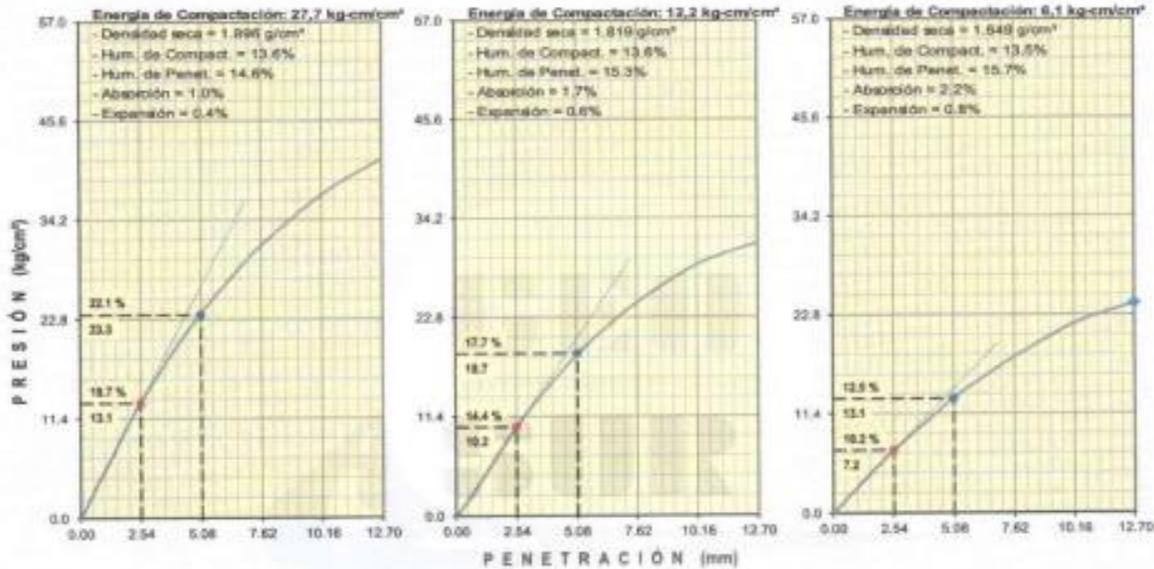
ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : KETTY MEJÍA VILLANUEVA
 PROYECTO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM D+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - AJJA, ANCASH -2022"
 UBICACIÓN : RECUAY - AJJA, ANCASH -2022

REGISTRO : 066/2022.GEOSUR
 TÉCNICO : DANIEL IMÁN
 FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS
 CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50



RESULTADOS DE ENSAYOS	
Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.896
- Óptimo Cont. de Humedad, %	13.5
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	18.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	13.8
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	22.1
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	17.0
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	SC-SM
- Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

CBR a 2,54 mm (0,1") y 5,08 mm (0,2") de PENETRACIÓN, %

DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR, GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR, GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 285117

Av. Central N°624 Villa el Salvador – Lima – Lima, Celular: 941868499- e-mail: jdpelaezq@geosurlab.com

Anexo 5: Ensayo de CBR – calicata 02

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : KETTY MEJIA VILLAVIEJA
 PROYECTO : TENDIDO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASPÁLTICA DEL KM 0+888 A 1+489 TRAMO RECOTY - RUA, ANCASH 2022
 UBICACIÓN : RECOTY - RUA, ANCASH - 2022
 REFERENCIAS
 CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50

REGISTRO : 000003.000000
 TÉCNICO : DANIEL IMAN
 FECHA : Mayo-2022

MOLDE N°	4		5		6	
CAPA N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	58		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	3818.0	3670.8	3428.9	3489.0	3233.3	3134.5
PESO DEL MOLDE, g	508.3	508.8	493.2	493.2	493.5	493.3
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4613.3	4884.2	4518.9	4579.0	4397.3	4185.3
VOLUMEN DEL ESPESIMETR. cm³	2118.3	2123.1	2127.8	2136.1	2096.8	2097.5
DENSIDAD HÚMEDA, g/cm³	2.178	2.297	2.124	2.143	2.093	2.001
DENSIDAD SECA	1.805	1.951	1.974	1.995	1.808	1.736
TARA N°	15	18	17	31	1	18
TARA + SUELO HÚMEDO	1127.3	1292.3	1031.8	1286.8	1062.1	1225.8
TARA + SUELO SECO	1032.3	1170.8	682.8	1185.8	875.7	1126.7
PESO DEL AGUA	94.5	121.7	84.7	120.4	86.4	120.2
PESO DE LA TARA	187.6	294.8	184.8	280.1	206.2	187.8
PESO DEL SUELO SECO	854.7	986.3	788.1	964.9	789.5	937.8
% DE HUMEDAD	11.37	12.88	11.33	12.50	11.23	13.19
% PROPORCIÓN DE HUMEDAD	11.4	12.6	11.3	12.5	11.2	13.1

EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN		
			mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
29/05/2022	08:15 a. m.	0	0.904	0.06	0.6	0.000	0.06	0.06	0.000	0.06	0.06	0.000	0.06	0.06
01/06/2022	08:15 a. m.	4	0.871	0.28	0.34	0.000	0.51	0.44	0.000	0.74	0.66			

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	4	5	6
Peso suelo húmedo + plato + molde, g	11818.3	11881.8	11315.3
Peso del plato + molde, g	7155.3	7152.8	7146.8
Peso suelo húmedo embetido, g	4884.3	4579.2	4186.3
Peso suelo hum. sin embetido, g	4613.3	4518.8	4087.3
Peso del agua absorbida, g	51.2	81.0	71.5
Peso del suelo seco, g	4140.8	4070.3	3884.8
Absorción de agua, %	1.2	1.5	1.8

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N°04			MOLDE N°05			MOLDE N°06		
mm	mm		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.300	0.300		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	-1.2	0.8
0.625	0.625		76.2	70.2	3.8	83.2	63.2	3.3	80.9	50.3	2.8
1.250	0.950		151.2	151.2	7.6	137.3	127.3	7.1	103.4	103.4	6.3
1.875	0.875		227.8	232.0	12.0	203.2	203.2	18.8	158.8	158.8	8.1
2.500	0.900	78.3	307.8	307.6	15.9	268.3	268.3	13.9	212.3	212.2	11.0
3.125	0.150		424.8	424.3	21.0	378.4	378.4	19.4	298.8	286.4	15.3
3.750	0.200	136.6	514.9	514.9	28.9	453.3	453.3	23.4	352.8	352.8	18.7
4.375	0.250		586.4	586.4	38.3	517.1	517.1	28.7	407.7	407.7	25.1
5.000	0.300		645.8	645.8	33.4	568.0	568.0	26.3	448.8	445.8	23.0
5.625	0.400		727.4	727.4	37.8	652.4	652.4	33.8	507.3	507.3	28.2
6.250	0.500		788.1	788.1	48.8	707.7	707.7	38.4	542.8	542.8	28.0

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DE CELSA (DIGITAL).

Daniel Iman
 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR CONSULTING S.A.C.

GEOSUR CONSULTING E INGENIERIA
Juan David
 JUAN DAVID PERAZO CARRERA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263777

Av. Central N°824 Villa el Salvador – Lima – Lima, Celular: 941863492- e-mail: jdpelaez@geosurlab.com

Anexo 6: Ensayo de CBR – calicata 02

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : KETTY MEJÍA VILLANUEVA

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 3+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - AJA, ANCASH -2022

UBICACIÓN : RECUAY - AJA, ANCASH -2022

REGISTRO : 086/2022.GEOSUR

TÉCNICO : DANIEL IMÁN

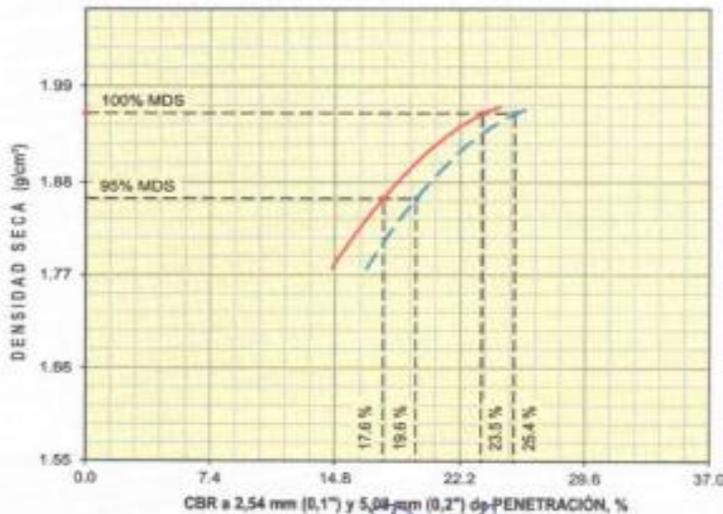
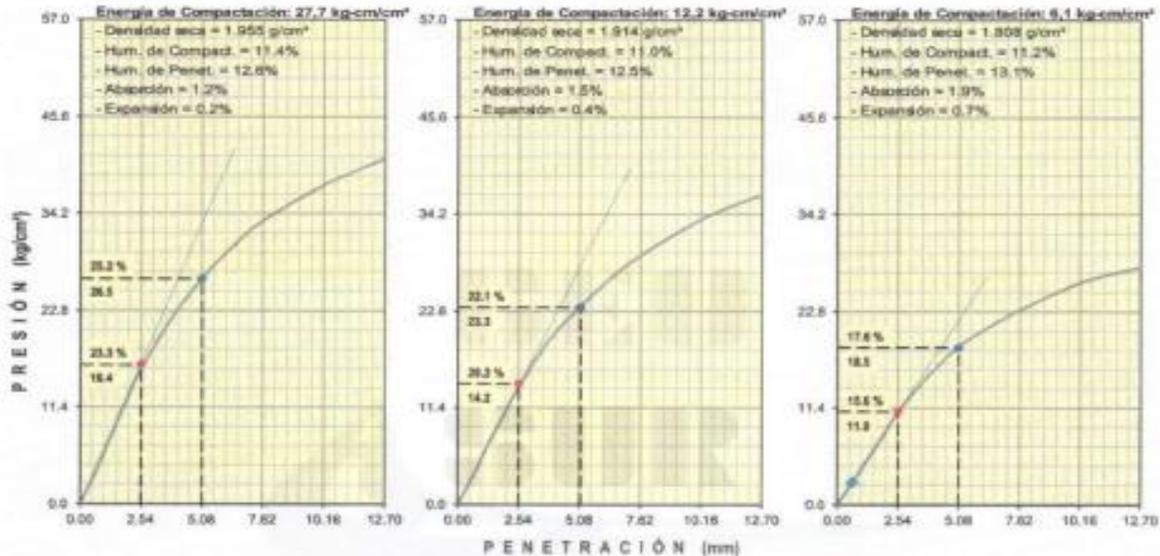
FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS

CALICATA : C-02

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50



RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (ASTM D-1557)

- Método de Compactación	"B"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.959
- Óptimo Cont. de Humedad, %	11.2

CBR (ASTM D-1883)

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	23.5
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	17.6
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	25.4
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	19.6

Caracterización del Suelo

- Clasificación SUCS	SC-SM
- Clasificación AASHTO	A-1-b (0)

OBSERVACIONES:

MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

DANIEL IMÁN P.
TÉCNICO DE LABORATORIO
GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA

JOAN DAVID PELÁEZ QUISPE
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 283117

Av. Central N°624 Villa el Salvador – Lima – Lima, Celular: 941868499- e-mail: jdpelaezq@geosurlab.com

Anexo 7: Ensayo de CBR – calicata 03

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : KETTY MEJÍA VILLANUEVA
 PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 0+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - ALJA, ANCASH -2022
 UBICACIÓN : RECUAY - ALJA, ANCASH -2022

REGISTRO : 086/2022.GEOSUR
 TÉCNICO : DANIEL IMÁN
 FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS
 CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50

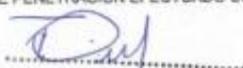
MOLDE N°	7		8		9	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9404.0	9434.0	8953.0	9022.0	9361.0	9441.0
PESO DEL MOLDE, g	4832.0	4832.0	4195.0	4195.0	5154.0	5154.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4572.0	4602.0	4758.0	4827.0	4207.0	4287.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2082.5	2212.0	2221.7	2085.1	2097.7
DENSIDAD HÚMEDA, g/cm³	2.203	2.210	2.151	2.173	2.018	2.044
DENSIDAD SECA	1.985	1.978	1.948	1.940	1.831	1.820
TARA N°	13	21	1	33	36	16
TARA + SUELO HÚMEDO	1144.2	1160.8	1099.1	1154.1	1107.8	1277.0
TARA + SUELO SECO	1051.0	1057.9	1013.4	1049.1	1022.8	1159.5
PESO DEL AGUA	93.2	102.9	85.7	105.0	85.0	117.5
PESO DE LA TARA	203.1	200.0	192.4	188.7	191.9	204.6
PESO DEL SUELO SECO	847.9	857.9	821.0	860.4	830.9	954.9
% DE HUMEDAD	10.99	12.00	10.44	12.20	10.23	12.30
% PROMEDIO DE HUMEDAD	11.0	11.7	10.4	12.0	10.2	12.3

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN	
			DIAL pulg	mm %	DIAL pulg	mm %	DIAL pulg	mm %		
28/05/2022	08:15 a. m.	0	0.000	0.00 S/E	0.000	0.00 0.00	0.000	0.00 0.00	0.000	0.00 0.00
01/06/2022	08:15 a. m.	4	0.016	0.41 0.36	0.021	0.53 0.44	0.027	0.69 0.60		

MOLDE N°	7		8		9	
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11757.0		11939.0		11433.0	
Peso del plato + molde, g	7155.0		7112.0		7146.0	
Peso suelo húmedo embebido, g	4602.0		4827.0		4287.0	
Peso suelo húm. sin embeber, g	4572.0		4758.0		4207.0	
Peso del agua absorbida, g	30.0		69.0		80.0	
Peso del suelo seco, g	4118.9		4309.8		3817.6	
Absorción de agua, %	0.7		1.6		2.1	

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N°07			MOLDE N°08			MOLDE N°09		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	-1.2	0.0
0.635	0.025		98.9	98.9	5.1	85.3	85.3	4.4	72.9	72.9	3.8
1.270	0.050		199.7	199.7	10.3	176.2	176.2	9.1	146.2	146.2	7.6
1.905	0.075		298.2	298.2	15.4	268.0	268.0	13.8	224.1	224.1	11.6
2.540	0.100	70.3	392.6	392.6	20.3	357.8	357.8	18.5	296.5	296.5	15.3
3.810	0.150		533.7	533.7	27.6	495.7	495.7	25.6	405.5	405.5	21.0
5.080	0.200	105.5	650.6	650.6	33.6	602.1	602.1	31.1	491.2	491.2	25.4
6.350	0.250		728.7	728.7	37.6	677.9	677.9	35.0	559.4	559.4	28.9
7.620	0.300		788.1	788.1	40.7	735.3	735.3	38.0	613.1	613.1	31.7
10.160	0.400		878.6	878.6	45.4	828.1	828.1	42.8	681.2	681.2	35.2
12.700	0.500		945.8	945.8	48.9	889.2	889.2	45.9	728.2	728.2	37.6

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.


 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263417

Av. Central N°624 Villa el Salvador – Lima – Lima, Celular: 941868499- e-mail: jdpelaezq@geosurlab.com

Fuente. Elaboración propia

Anexo 8: Ensayo de CBR – calicata 03

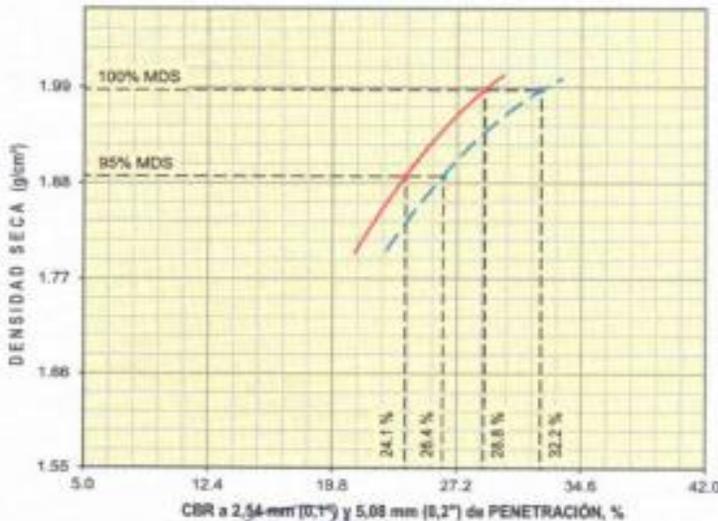
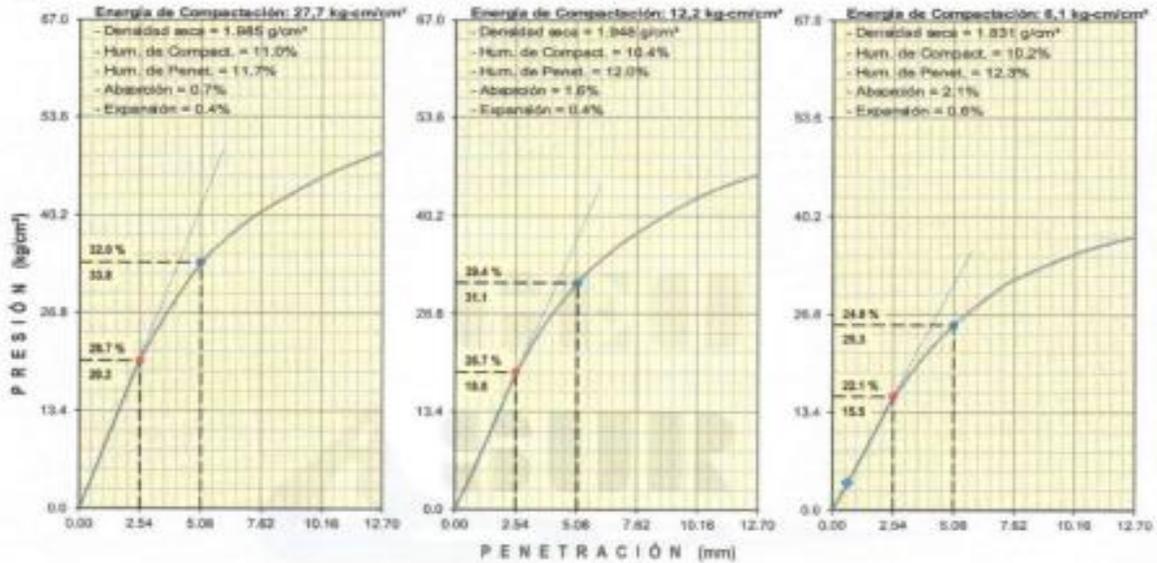
ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : KETTY MEJÍA VILLANUEVA
 PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 0+00 A 1+00 TRAMO RECUAY - AJJA, ANCASH -2022
 UBICACIÓN : RECUAY - AJJA, ANCASH -2022

REGISTRO : 8862022.GEOSUR
 TÉCNICO : DANIEL IMÁN
 FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS
 CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50



RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (ASTM D-1557)

- Método de Compactación	"B"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.987
- Óptimo Cont. de Humedad, %	10.4

CBR (ASTM D-1883)

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	28.8
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	24.1
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	32.2
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	26.4

Caracterización del Suelo

- Clasificación SUCS	SC-SM
- Clasificación AASHTO	A-1-b (0)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.
 JUAN DAVID PELÁEZ C.
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117
 VºBº INGº

DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

Av. Central N°624 Villa el Salvador – Lima – Lima, Celular: 941868499- e-mail: jdpelaez@geosurlab.com

Anexo 9: Análisis granulométrico de suelo por tamizado – calicata 01

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

NTP 339.128 (99)

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLANUEVA
 TÍTULO : TISERO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 9+900 A 1+400 TRAMO RECURY - AJA, ANCASH 2022
 UBICACIÓN : RECURY - AJA, ANCASH 2022

REGISTRO : 0862922.GEOSUR
 TÉCNICO : DANIEL IMAN
 FECHA : Mayo 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

BONDADJE : C-01
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.00m

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)					
MALLAS SERIE MÉTRICA	MMPL (mm)	RETENIDOS			PASA (%)
		PESO (g)	PMEDIO (%)	ADAMA (%)	
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100	421.9	1.8	1.8	98.4
1"	25.400	210.9	0.8	2.4	97.8
3/4"	19.050	1633.6	3.9	8.3	93.7
1/2"	12.700	530.5	2.0	8.3	91.7
3/8"	9.525	650.8	2.5	10.8	89.2
1/4"	6.350	713.9	2.7	13.5	86.5
N° 4	4.750	1052.1	4.0	17.5	82.5
N° 6	2.380	24.2	3.8	21.1	78.9
N° 10	2.000	8.9	1.3	22.4	77.6
N° 20	0.840	58.6	8.6	31.0	69.0
N° 40	0.425	63.4	9.3	40.3	59.7
N° 60	0.250	61.4	9.1	46.4	53.6
N° 80	0.175	93.4	13.7	60.1	39.9
N° 100	0.149	27.9	4.1	64.2	35.8
N° 200	0.075	86.5	13.0	77.2	22.8
- N° 300	-	155.1	22.8	100.0	-

DESCRIPCIÓN DEL SUELO
 Arena limo-arcillosa. Con 17.5% de piedra chica a mediana, dura, textura poco rugosa, tamaño máx. de 2"; 59.7% de arena de grano fino a medio; fracción fina pasante la malla N°200 en un 22.8%, medianamente plástico [L= 23.5%, P= 4.2%], muy húmedo a saturado.

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
Límite líquido, %	NTP 339.128 (99) : 23.5
Límite plástico, %	NTP 339.128 (99) : 19.1
Índice plástico, %	NTP 339.128 (99) : 4.2
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (98) : SC-SM
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (98) : A-2-4 (0)
Contenido de humedad, %	NTP 339.137 (98) : 34.8 %

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
- GRAVA	17.5 %	PESO TOTAL	29450.5 g
- ARENA	59.7 %	- PESO GRAVA	4636.3 g
- FINOS	22.8 %	- PESO ARENA	21828.7 g
		- ARENA	
		- SEMPLON	561.6 g



Referencia: ASTM D 6913 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates

DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEDTECHNIA E INGENIERIA S.A.C.

GEOSUR GEDTECHNIA E INGENIERIA
 "JUAN CARLOS ROSALES GUISPE"
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. N° 263117

Fuente. Elaboración propia

Anexo 10: Análisis granulométrico de suelo por tamizado – calicata 02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

NTP 339.128 (99)

AUTORA : NETTY MEJA VILLANUEVA
TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CALCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL RM 0+000 A 1+400 TRAMO RECURY - AJA, ANCASH-2022"
UBICACIÓN : RECURY - AJA, ANCASH-2022"

REGISTRO : 8662922.GEOSUR
TÉCNICO : DANIEL IMAN
FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

SONDAJE : C-02
MUESTRA : M-01 **PROFUNDIDAD (m)**: 0.00 - 1.50m

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)					
MILLAS		MÉTODOS			MASA (%)
SIETE AMERICANA	ARETA (mm)	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)	
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				930.0
1"	25.400	917.0	3.7	3.7	96.3
3/4"	19.050	1312.5	5.3	9.0	91.0
1/2"	12.500	1040.3	4.2	13.2	86.8
3/8"	9.525	866.9	3.5	16.7	83.3
1/4"	6.350	2302.5	9.3	26.0	74.0
Nº 4	4.750	1041.5	4.2	30.2	69.8
Nº 8	2.380	55.4	5.1	35.9	64.1
Nº 10	2.000	36.8	3.2	39.1	60.9
Nº 20	0.840	79.5	7.2	46.3	53.7
Nº 40	0.425	58.3	5.1	51.4	48.6
Nº 60	0.250	28.4	2.1	53.5	46.5
Nº 80	0.177	61.1	6.2	59.7	40.3
Nº 100	0.149	28.9	2.1	61.8	38.2
Nº 200	0.074	151.7	13.5	75.3	24.7
- Nº 200	-	241.0	24.7	100.0	-

DESCRIPCIÓN DEL SUELO
 Arena fino-arcillosa. Con 30.2% de piedra d'rica a mediana, dura, textura poco rugosa, tamaño máx. de 1 1/2"; 45.1% de arena de grano fino a medio; fracción fina pasante la malla Nº200 en un 24.7%, medianamente plástico (LL= 26.3%, (P= 5.9%); poco húmedo.

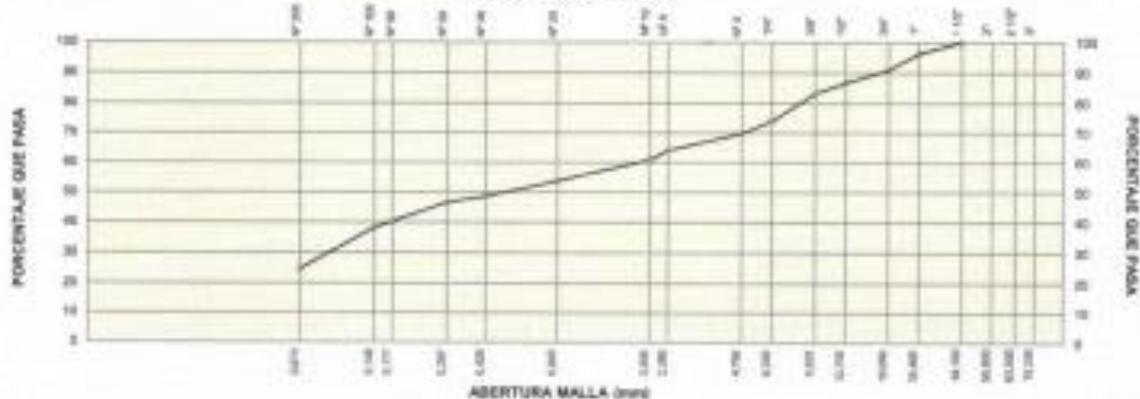
CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Límite líquido, %	NTP 339.129 (99) :	26.3
Límite plástico, %	NTP 339.129 (99) :	26.4
Índice plástico, %	NTP 339.129 (99) :	5.9
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (99) :	SC-OM
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) :	A-1-b (II)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (99) :	5.2 %

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO

GRASA	30.2 %	PESO TOTAL	2471.0 g
ARENA	45.1 %	PESO GRASA	748.8 g
FINO	24.7 %	PESO ARENA	1729.2 g
		ARENA EMPLEGADA	682.4 g

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia: ASTM D 6913 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates

DANIEL IMAN P
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN ENRIQUE DELA CRUZ QUISEPÉ
 INGENIERO CIVIL
 C.R.P. Nº 263117

Fuente. Elaboración propia

Anexo 11: Análisis granulométrico de suelo por tamizado – calicata 03

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO NTP 339.128 (99)

AUTORA : KETTY MELJA VILLAMUENA
 TÍTULO : TISEREO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA
 ASFÁLTICA DEL KM 8+800 A 1+400 TRAMO RECLAY - AJLA, ANCASH -2022
 UBICACIÓN : RECLAY - AJLA, ANCASH -2022

REGISTRO : **INGENIERO GEOSUR**
 TÉCNICO : DANIEL IMAN
 FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

SONDAJE : C-03
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD (m): 0.30 - 1.50m

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)				
SERIE AMERICANA	MALLA (mm)	RETENIDOS		PASA (%)
		PESO (g)	ACUMUL. (%)	
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			100.0
1"	25.400	453.4	1.6	98.4
3/4"	19.000	2262.3	7.5	90.9
1/2"	12.700	1689.4	5.6	85.3
3/8"	9.525	1085.0	3.6	81.7
1/4"	6.300	2562.4	8.5	73.2
N° 4	4.750	1237.3	4.1	69.1
N° 6	2.360	67.4	0.2	68.9
N° 10	2.000	37.7	0.3	68.6
N° 20	0.840	69.3	0.3	68.3
N° 40	0.425	59.0	0.4	67.9
N° 60	0.250	56.1	0.4	67.5
N° 80	0.175	79.6	0.3	67.2
N° 100	0.149	37.6	0.3	66.9
N° 200	0.075	125.9	1.1	65.8
- N° 200	-	222.4	20.4	100.0

DESCRIPCIÓN DEL SUELO
 Arena limo-arcillosa. Con 33.9% de piedra chica a mediana, dura, textura poco
 gruesa, tamaño máx. de 11/2"; 48.7% de arena de grano fino a medio; fracción
 fina pasante la malla N°200 en un 20.4%, medianamente plástico (LL= 26.0%,
 IP= 5.8%); muy húmedo a saturado.

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Límite líquido, %	NTP 339.128 (99) :	26.0
Límite plástico, %	NTP 339.128 (99) :	26.4
Índice plástico, %	NTP 339.128 (99) :	5.8
Clasificación SUCS	NTP 339.128 (99) :	SC-SM
Clasificación AASHTO	NTP 339.128 (99) :	A-1-b (0)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) :	16.3 %

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO

GRAVA	33.9 %	PESO TOTAL	30162.0 g
ARENA	48.7 %	- PESO GRAVA, g	8320.1 g
FINO	20.4 %	- PESO ARENA, g	20841.9 g
		- ARENA	
		EMPLAZADA, g	754.2 g



Referencia: ASTM D-7511 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates

[Signature]
 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

[Signature]
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN CARLOS DEL AZÚQUEPE
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. N° 263423

Ax. Central N°624 Villa el Salvador – Lima – Lima, Celular: 941858499- e-mail: jdpelaez@geosurlab.com

Anexo 12: Determinación de LL, LP y IP – calicata 01

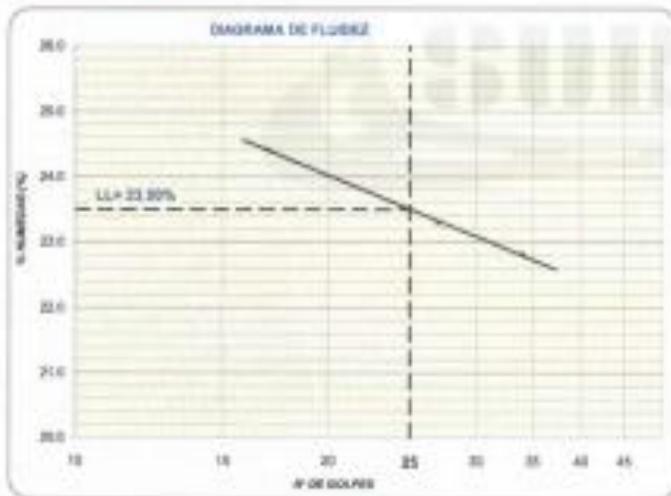
**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO
E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS**
NTP 339.129 (99)

AUTORA : KETTY MEJA VILLANUEVA
 TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CALCHO A MEZCLA ASPÁLTICA DEL
 : KM 8+00 A 1+400 TRAMO REQUAY - AJA, ANCASH - 2022
 UBICACIÓN : REQUAY - AJA, ANCASH - 2022

REGISTRO : **INCIOZ GEOSUR**
 TÉCNICO : DANIEL IMÁN
 FECHA : Mayo 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 SONDAGE : C-01
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.00m

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
CÁPSULA No.	19	4	35	27	11
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	38.02	27.53	29.52	21.41	30.44
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	23.33	25.20	26.91	20.12	19.27
PESO AGUA, g	2.69	2.43	2.61	1.29	1.17
PESO DE LA CÁPSULA, g	12.31	14.77	15.47	13.46	13.17
PESO SUELO SECO, g	11.02	10.43	11.44	6.96	6.10
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	34.41	23.30	22.81	18.37	19.18
NÚMERO DE GOLPES	17	27	34		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	23.5
LÍMITE PLÁSTICO, %	19.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	4.2

OBSERVACIONES:
 -Ensayo efectuado al material pasado a malla N° 40 (0.425 mm).

Daniel Imán
 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GESTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR GESTECNIA E INGENIERIA
Juan David Peláez Quirope
 JUAN DAVID PELÁEZ QUIROPE
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. N° 263117

Anexo 13: Determinación de LL, LP y IP – calicata 02

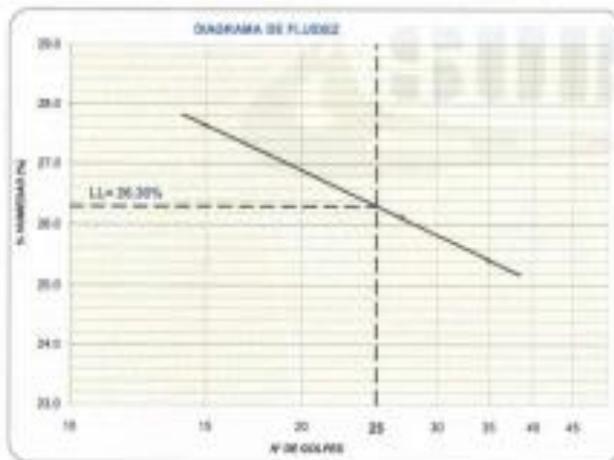
**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO
E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS**
NTP 339.129 (99)

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLARUEVA
 TÍTULO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL
 KM 0+000 A 1+400 TRAMO RECUJAY - AJAJ, ANCASH -2022"
 UBICACIÓN : RECUJAY - AJAJ, ANCASH -2022"

REGISTRO : **086303 SEDURAJ**
 TÉCNICO : DANIEL IMÁN
 FECHA : Mayo-2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 SONDAGE : C-02
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50m

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	1	27	32	20	12
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	28.72	27.75	27.75	22.04	24.24
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.18	24.79	24.91	20.80	22.80
PESO AGUA, g	3.54	2.96	2.84	1.24	1.44
PESO DE LA CÁPSULA, g	12.37	13.46	13.73	14.72	15.75
PESO SUELO SECO, g	12.81	11.33	11.18	6.08	7.05
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	27.63	26.13	25.40	20.39	20.43
NÚMERO DE GOLPES	15	27	35		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	26.3
LÍMITE PLÁSTICO, %	20.4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	5.9

OBSERVACIONES:

Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 40 (0.425 mm).

Daniel Imán P.
 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 SEDUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

Juan Antonio Beltrán Colque
 SEDUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN ANTONIO BELTRÁN COLQUE
 LICENCIADO CIVIL
 C.T.P. N° 263117

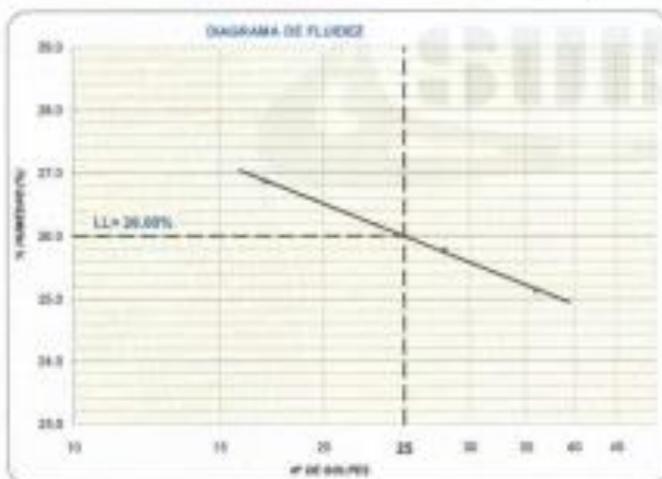
Anexo 14: Determinación de LL, LP y IP – calicata 03

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO
E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS**
NTP 339.129 (99)

AUTORA : KETTY HEJRA VILLANUEVA
 TÍTULO : ENSAYO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORADO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL
 KM 9+000 A 1+400 TRAMO REQUAY - AJA, ANCASH - 2022
 UBICACIÓN : REQUAY - AJA, ANCASH - 2022
 REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 SONDAJE : C-03
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD (m) 0.00 - 1.50m

REGISTRO **IN3022/GEOSUR**
 TÉCNICO : DANIEL IMÁN
 FECHA : Mayo-2022

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	20	12	29	27	11
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	28.51	28.14	27.94	21.48	20.51
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.58	25.60	24.62	20.12	19.27
PESO AGUA, g	2.92	2.54	3.12	1.36	1.24
PESO DE LA CÁPSULA, g	14.72	15.75	12.40	13.46	13.17
PESO SUELO SECO, g	10.87	9.85	12.42	6.66	6.10
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	26.86	25.78	25.12	20.42	20.33
NÚMERO DE GOLPES	17	28	38		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	26.0
LÍMITE PLÁSTICO, %	20.4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	5.6

OBSERVACIONES:
 Ensayo efectuado a material pasado la malla N° 40 (0.425 mm)

D. Imán
 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

Juan Balboa
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN BALBOA PÉREZ OLIVERA
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. N° 263117

Anexo 15: Ensayo de compactación Proctor modificado– calicata 01

**ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO
USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m²)**

SOLICITANTE : KETTY MEJA VILLANUEVA

REGISTRO **3962822.GEOSUR**

PROYECTO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA
ASFÁLTICA DEL KM 6+000 A 1+400 TRAMO REQUAY - ALJA, ANCASH -2022"

TECNICO DANIEL IMAN

FECHA Mayo-2022

UBICACIÓN : REQUAY - ALJA, ANCASH -2022"

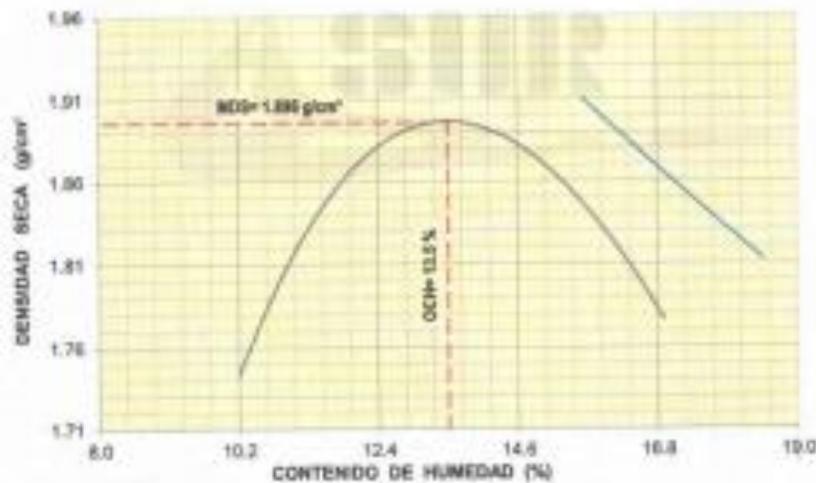
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01

MUESTRA : M-01

CANTIDAD : 150.0 Kg

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3834.0	3998.0	4033.0	3969.0				
02 - Peso del Molde (g)	1898.0	1998.0	1998.0	1898.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1936.0	2000.0	2035.0	1971.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.945	2.119	2.156	2.088				
06 - Tamo N°								
07 - Peso suelo humedo + tamo (g)	1040.2	1048.2	1190.8	1122.1	1025.1	1048.5	1124.7	995.6
08 - Peso suelo seco + tamo (g)	961.1	965.5	1080.6	1028.9	916.1	838.1	902.1	879.7
09 - Peso del agua (g)	79.1	82.7	110.2	101.8	109.0	108.4	132.6	115.9
10 - Peso del tamo (g)	203.1	198.0	230.8	204.9	197.6	204.0	199.4	192.9
11 - Peso suelo seco (g)	156.8	177.5	849.8	815.4	721.5	733.5	702.7	691.8
12 - Contenido de Humedad (%)	13.44	10.38	12.53	12.49	14.99	14.78	18.73	16.14
13 - Promedio de Humedad (%)	13.4		12.5		14.7		18.7	
	1.763		1.894		1.698		1.730	



RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.896 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.5 %

OBSERVACIONES : Muestra proporcionada por el solicitante

[Firma]
DANIEL IMAN P.
TECNICO DE LABORATORIO
GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
[Firma]
JUAN DAVID MELLAZ OLIVERA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 263117

Anexo 16: Ensayo de compactación Proctor modificado– calicata 02

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2.700 kg-cm/m²)

SOLICITANTE : KETTY MEJA VILLANUEVA

PROYECTO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 8+000 A 1+400 TRAMO REQUAY - ALJA, ANCASH -2022"

REGISTRO **9862822.GEOSUR**
 TECNICO DANIEL IMAN
 FECHA Mayo-2022

UBICACIÓN : REQUAY - ALJA, ANCASH -2022

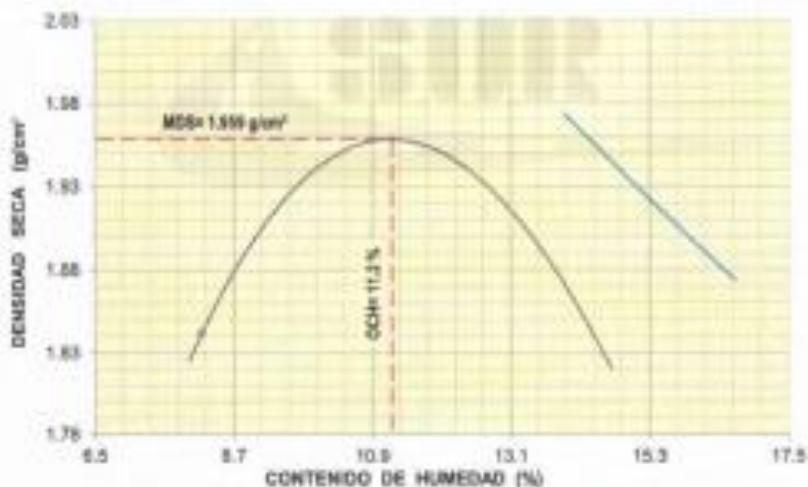
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-02

MUESTRA : M-01

CANTIDAD : 150.0 Kg

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3879.0	4622.0	4558.0	3981.0				
02 - Peso del Molde (g)	1988.0	1998.0	1998.0	1998.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1891.0	2624.0	2560.0	1983.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	944.8	944.0	944.0	944.8				
05 - Densidad Suelo-Humedo (g/cm ³)	1.990	2.144	2.182	2.101				
06 - Tama M ³								
07 - Peso suelo humedo + tara (g)	1949.2	1945.2	1190.9	1122.1	905.1	1346.5	1124.7	985.8
08 - Peso suelo seco + tara (g)	979.7	981.1	1008.0	1037.5	933.9	855.1	1307.2	893.1
09 - Peso del agua (g)	93.3	92.1	91.9	94.8	91.2	82.4	117.8	102.4
10 - Peso del tara (g)	203.1	185.9	200.0	204.9	197.8	204.8	199.4	187.8
11 - Peso suelo seco (g)	773.6	793.1	808.0	832.8	736.3	745.5	807.8	705.2
12 - Contenido de Humedad (%)	8.21	8.25	10.22	10.18	12.38	12.46	14.58	14.52
13 - Promedio de Humedad (%)		8.2	10.2		12.4		14.3	
		1.842	1.946		1.941		1.825	



RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"B"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.959 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.2 %

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante

D. Iman
 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
J. P. G. Quiroz
 JOHANN DOMINGO PÉREZ QUIROZ
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 283117

Anexo 17: Ensayo de compactación Proctor modificado– calicata 03

**ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO
USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2.700 kg-cm/m²)**

SOLICITANTE : KETTY MEJA VILLANUEVA

PROYECTO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CALCHO A MEZCLA
ASFÁLTICA DEL KM 0+000 A 1+400 TRAMO REQUÍY - ALJA, ANCASH -2022"

REGISTRO **8860822.GEOSUR**

TECNICO DANIEL IMAN

FECHA Mayo-2022

UBICACIÓN : REQUÍY - ALJA, ANCASH -2022"

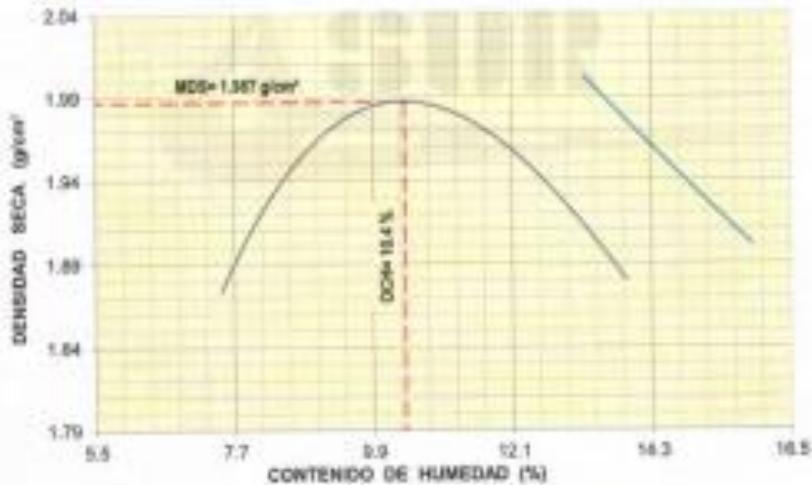
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-03

MUESTRA : M-01

CANTIDAD : 100.0 Kg

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3820.0	4043.8	4076.8	4027.0				
02 - Peso del Molde (g)	1898.0	1998.8	1998.8	1998.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1922.0	2045.0	2078.0	2029.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.036	2.166	2.201	2.149				
06 - Tamo N°								
07 - Peso suelo humedo + tamo (g)	1040.2	1046.2	1190.0	1122.1	1026.1	1048.5	1124.7	985.5
08 - Peso suelo seco + tamo (g)	885.5	866.2	1104.3	1042.7	940.0	898.7	1013.4	888.6
09 - Peso del agua (g)	59.5	81.0	85.7	79.4	85.1	87.8	111.3	96.9
10 - Peso del tamo (g)	251.1	198.9	200.0	204.9	197.6	204.9	196.4	187.9
11 - Peso suelo seco (g)	777.5	797.2	904.3	897.8	742.4	734.1	874.8	718.7
12 - Contenido de Humedad (%)	7.67	7.65	9.36	8.48	11.46	11.64	13.67	13.63
13 - Promedio de Humedad (%)		7.7		9.5		11.5		13.7
		1.898		1.978		1.972		1.898



RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"B"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.987 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.4 %

DESIGNACIÓN: Muestra representativa por el solicitante.

DANIEL IMAN P.
TECNICO DE LABORATORIO
GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
JUAN CARLOS PÉREZ GURPE
INGENIERO CIVIL
C.T.P. N° 283117

Anexo 18: Análisis granulométrico por tamizado

AUTORA : KETTY MEJA VILLARUEVA
 TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL
 RMI 0-2000 A 1-400 TRAMO RECURVA - AJA, ANCASH - 2022

REGISTRO : 081/2022-0808101
 TÉCNICO : DANIEL MAY
 FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : RECURVA - AJA, ANCASH - 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : OLORSA

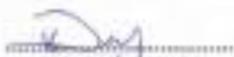
MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 90.0 kg

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MALLAS SERIE AMERICANA	DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO							
		ABERTURA (mm)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.200										
2 1/2"	63.500										
2"	50.800										
1 1/2"	38.100										
1"	25.400										
3/4"	19.050		100.0								
1/2"	12.700	11.4	88.6								
3/8"	9.525	20.3	68.3		100.0						
1/4"	6.350	47.1	21.2	0.2	99.8						
N° 4	4.750	15.2	6.0	1.5	98.3						
N° 6	3.350	5.6	0.4	10.4	87.9						
N° 8	2.360	0.4	-	9.8	78.5						
N° 10	2.000	-	-	5.3	73.0						
N° 16	1.180	-	-	11.7	61.3						
N° 20	0.840	-	-	5.4	55.9						
N° 30	0.590	-	-	12.8	43.1						
N° 40	0.425	-	-	7.1	36.0						
N° 50	0.297	-	-	6.9	29.1						
N° 60	0.177	-	-	7.7	21.4						
N° 100	0.149	-	-	1.4	20.0						
N° 200	0.074	-	-	5.4	14.6						
-200	-	-	-	14.6	-						

OBSERVACIONES :


 DANIEL JUAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PALACIOS CLUSPE
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. N° 283117

Anexo 19: Mezcla de agregados

AUTORA : KETTY NEJÁ VILLANUEVA
 TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL
 KM 2+200 A 1+400 TRAMO REQUIY - AJA, ANCASH 2022

REGISTRO **VB0202.0208UR**
 TÉCNICO : DANIEL IMAN
 FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : REQUIY - AJA, ANCASH 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : GLORIA

MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD | 50.0 kg

MEZCLA DE AGREGADOS					
MALLAS SIEVE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE				MAC-2
	ABERTURA (mm)	RETEÑO (%)	PASA (%)	GRADACIÓN	
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050		100.0	100	
1/2"	12.700	5.4	94.6	80	- 100
3/8"	9.525	9.5	85.1	70	- 88
1/4"	6.350	22.2	62.9		
N° 4	4.750	9.0	54.9	51	- 68
N° 8	3.360	8.1	46.8		
N° 8	2.380	13.4	41.5		
N° 10	2.000	2.8	38.7	38	- 52
N° 16	1.190	6.2	32.3		
N° 20	0.840	2.9	29.5		
N° 30	0.590	6.8	22.8		
N° 40	0.425	3.7	19.1	17	- 28
N° 50	0.297	3.7	15.4		
N° 80	0.177	4.1	11.3	8	- 17
N° 100	0.149	0.7	10.6		
N° 200	0.074	2.9	7.7	4	- 8
- N° 200		7.7	-		

RESUMEN DE ENSAYO	
PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS	
(1) AGREGADO GRUESO	= 47.0%
(2) AGREGADO FINO	= 53.0%
PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE	
- AGREGADO GRUESO	= 45.1%
- AGREGADO FINO*	= 54.9%
OBSERVACIONES :	
- Especificaciones del MTC EG-2013	
Procedencia:	
(1) Agregado grueso: Cantera "Yalata"	
(2) Agregado fino: Cantera "Yalata"	
(*) La mezcla resultante carece de finos, porque la arena natural es relativamente limpia.	



[Signature]
 DANIEL IMAN P
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GESTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR GESTECNIA E INGENIERIA
[Signature]
 JUAN DAVID PEÑEZ GUÍSPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117

Anexo 20: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 5.5%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS (1999) SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJIA VILLANUEVA

REGISTRO : 6862621 GEOSUR

TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 0+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - AJAJ, ANCASH -2022

TÉCNICO : DANIEL IMAN

FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : RECUAY - AJAJ, ANCASH -2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : GLORIA

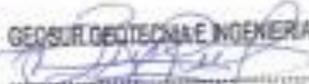
CAUCHO : 0.0%

MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 90.0 kg

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL				5.5
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA				42.62
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA				51.88
4 % DE FILLER (MÍNIMO 80% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA				---
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE				1.821
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1°)				2.790
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK				2.787
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE				---
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.3	6.4	6.3	
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1284.4	1257.8	1253.8	
11 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1285.3	1258.8	1254.8	
12 PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.8	1.4	1.0	
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	1282.9	1240.2	1245.1	
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	512.4	518.8	513.7	
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.498	2.434	2.441	2.444
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041				2.578
17 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.3	6.3	5.5	5.2
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)				2.788
19 V.M.A. (%)	96.4	17.9	17.5	17.2
20 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	73.8	88.8	89.2	89.9
21 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL				1.824
22 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)				0.48
23 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)				5.01
24 FLUJO (0.25mm)	3.8	2.9	2.7	2.7
25				
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	810.3	808.0	803.0	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.8	1.0	1.0	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	810.3	808.0	803.0	803.8
29 RELACION ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3350.8	3481.5	3303.3	3348.3


 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.S.P. N° 2483117

Anexo 21: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 6%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS (1999) SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY NEJIA VILLANUEVA

REGISTRO : 696/2023 GEORUN

TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 8+000 A 1+400 TRAMO RECURY - AJJA, ANCASH - 2022

TÉCNICO : DANIEL IMAN

FECHA : Mayo-2023

UBICACIÓN : RECURY - AJJA, ANCASH - 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : OLORA

CAUCHO : 0.0%

MUESTRA : AGRÉGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 90.0 kg

Nº DE BRIJETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			
2	% DE AGRÉGADO GRUESO (Nº 4) EN PESO DE LA MEZCLA			
3	% DE AGRÉGADO FINO (Nº 4) EN PESO DE LA MEZCLA			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 8% PARA Nº 30) EN PESO DE LA MEZCLA			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGRÉGADO GRUESO-BULK (MENOR 1)			
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGRÉGADO FINO - BULK			
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIJETA (cm)			
10	PESO DE LA BRIJETA AL AIRE (g)			
11	PESO DE LA BRIJETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)			
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)			
13	PESO DE LA BRIJETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)			
14	VOLUMEN DE LA BRIJETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)			
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIJETA (g/cm³)			
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2911			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)			
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGRÉGADO TOTAL (g/cm³)			
19	V.M.A. (%)			
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)			
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGRÉGADO TOTAL			
22	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGRÉGADO TOTAL (%)			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)			
24	FLUJO (0.25mm)			
25				
26	ESTABILIDAD SIN CORRECTOR (kg)			
27	FACTOR DE ESTABILIDAD			
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)			
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)			


 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEORUN GEOTECNIA E INGENIERIA SAC


 GEORUN GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELAÉZ CASTRO
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. Nº 263117

Anexo 22: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 6.5%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS (1999) SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJA VILLALBA

REGISTRO : **080302 GEOSUR**

TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASPÁLTICA DEL KM 8+800 A 1+480 TRAMO RECAY - AJA, ANCASH - 2022

TÉCNICO : DANIEL IMAN

FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : RECAY - AJA, ANCASH - 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : OLORIA

CAUCHO : 0.6%

MUESTRA : AGRÉGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASPÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 80.0 kg

N° DE BRIJUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		8.5		
2 % DE AGRÉGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.17		
3 % DE AGRÉGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.35		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 8% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		---		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASPÁLTICO - APARENTE		1.021		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGRÉGADO GRUESO-BULK (MENOR 1°)		2.782		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGRÉGADO FINO - BULK		2.787		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		---		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIJUETA (mm)	8.4	8.3	8.3	
10 PESO DE LA BRIJUETA AL AIRE (g)	1212.7	1287.3	1285.7	
11 PESO DE LA BRIJUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1212.9	1287.5	1285.9	
12 PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.2	0.2	0.2	
13 PESO DE LA BRIJUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	756.0	754.4	753.8	
14 VOLUMEN DE LA BRIJUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	518.9	513.1	513.3	
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIJUETA (g/cm³)	2.462	2.470	2.471	2.468
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.536		
17 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3.0	2.7	2.7	2.8
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGRÉGADO TOTAL (g/cm³)		2.789		
19 V.M.A. (%)	17.6	17.2	17.2	17.3
20 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	82.9	84.4	84.8	84.0
21 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGRÉGADO TOTAL		2.630		
22 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGRÉGADO TOTAL (%)		6.46		
23 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		6.01		
24 FLUJO (0.3mm)	3.5	4.8	3.1	3.5
25				
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1075.0	1068.8	1076.0	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1075.0	1068.8	1076.0	1071.0
29 RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3071.4	2870.8	3451.6	3064.0


 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELAÉZ QUIPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 283117

Anexo 23: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 7%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS (1999) SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLANUEVA
 TÍTULO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 9+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - AJUA, ANCASH - 2022"
 UBICACIÓN : RECUAY - AJUA, ANCASH - 2022"
 REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 CANTERA : GLORIA
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

REGISTRO : 0862022.GEOSUR
 TÉCNICO : DANIEL IMÁN
 FECHA : Mayo-2022

CAUCHO : 0.0%
 CANTIDAD : 90.0 kg

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		7.0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		41.94		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.05		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		0.01		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.021		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.792		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.787		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		" "		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.3	6.4	6.4	
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1267.8	1298.0	1277.5	
11 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1267.9	1296.1	1277.7	
12 PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.1	0.1	0.2	
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	753.6	763.6	760.2	
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	514.3	522.5	517.5	
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.465	2.461	2.469	2.465
1 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.518		
2 PORCENTAJE DE VACIOS (%)	2.1	2.3	2.0	2.1
3 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.789		
4 V.M.A. (%)	17.8	17.9	17.7	17.8
5 PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. (%)	88.2	87.4	88.9	88.2
6 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.630		
7 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.49		
8 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		6.51		
9 FLUIDO (0.25mm)	3.6	3.6	3.4	3.6
10				
11 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1087.0	1096.0	1098.0	
12 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	
13 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1087.0	1096.0	1098.0	1090.0
14 RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUIDO (kg/mm)	2965.5	3016.7	3229.4	3036.0


 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELAEZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117

Anexo 24: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 7.5%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS (1999) SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJA VILLAVEGA
 TÍTULO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 5+800 A 1+400 TRAMO RECLWAY - AJA, ANCASH - 2022"

REGISTRO **BR0202.GEOSUR**

TÉCNICO : DANIEL IMÁN

FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : RECLWAY - AJA, ANCASH - 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : GLORIA

CAUCHO : 0.1%

MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 60.0 kg

N° DE BRIJETAS	1	2	3	PROMEDIO
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		7.5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		41.72		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		50.79		
4 % DE FILLER FINO (80% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		...		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.021		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR T)		2.767		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.767		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		...		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	4.4	3.7	4.5	
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	776.0	867.5	750.0	
11 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	794.0	867.0	755.8	
12 PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	5.0	5.5	5.8	
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	424.3	364.6	382.0	
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	358.7	302.4	363.6	
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.166	2.188	2.063	2.136
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2941		2.498		
17 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	13.3	12.4	17.4	14.4
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.769		
19 V.M.A. (%)	28.2	27.4	31.6	29.1
20 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	52.8	54.6	44.8	50.7
21 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.830		
22 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		3.49		
23 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		7.01		
24 FLUJO (0.25mm)	3.5	4.1	4.2	3.9
25				
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	810.0	800.0	800.0	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.9	2.8	1.9	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1747.3	2502.0	1726.0	1992.3
29 RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm)	4891.4	6102.4	4114.3	5069.8


 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELÁEZ GISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117

Anexo 25: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 5.9%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (1999)

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLANUEVA

REGISTRO : **9862322.GEOSUR**

TÍTULO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 0+000 A 1+400 TRAMO REQUÍY - ALA, ANCASH - 2022

TÉCNICO : DANIEL IBÁN

FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : REQUÍY - ALA, ANCASH - 2022

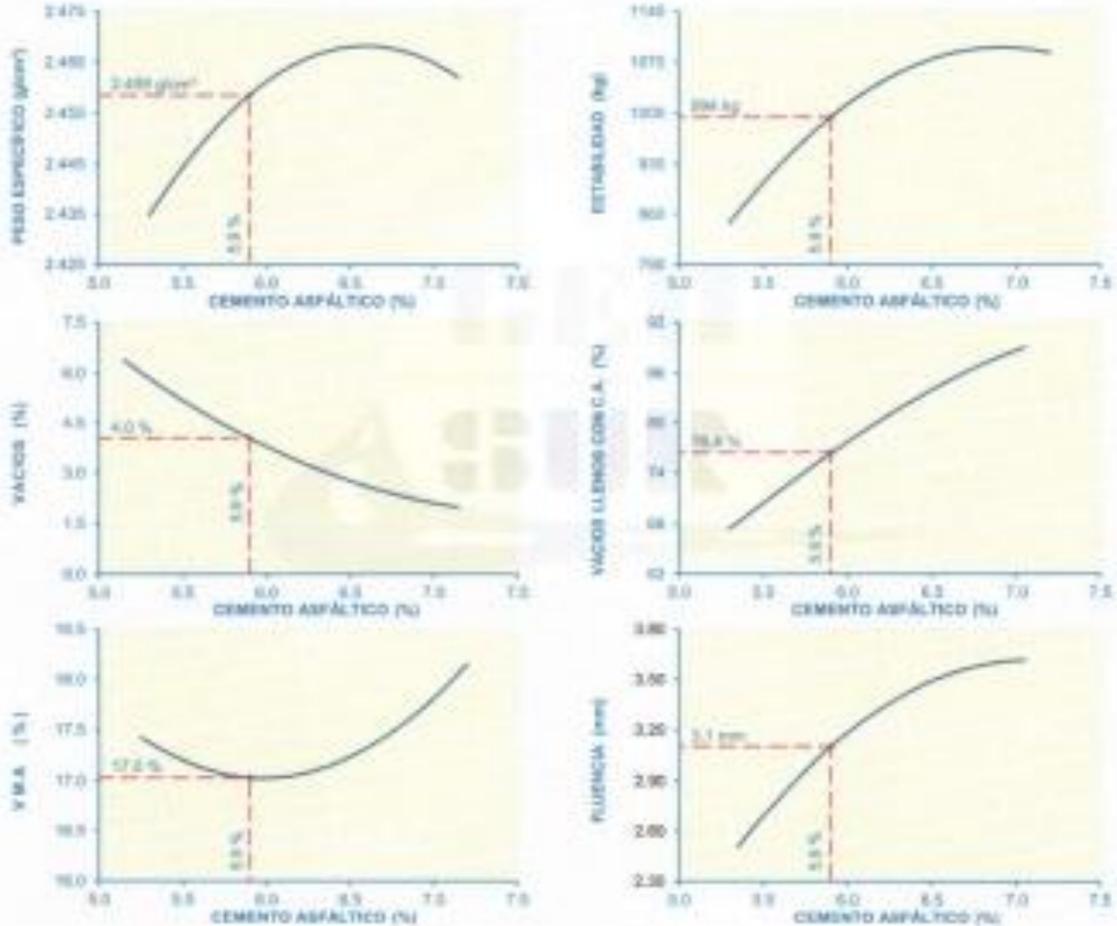
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : GLORIA

CAUCHO : 0.0%

MUESTRA : AGRÉGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 90.0 kg



D. Iban
 DANIEL IBÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
Juan Davyt Pelaez Quispe
 JUAN DAVYT PELAÉZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117

Anexo 26: Ensayo para medir la resistencia de C.A. 5.9%

ASTM D1559 (1999) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLANUEVA REGISTRO : 086/2022 GEOSUR
 TÍTULO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 9+00 A 1+00 TRAMO RECUMAY - AJA, ANCASH - 2022" TÉCNICO : DANIEL MAN
 UBICACIÓN : RECUMAY - AJA, ANCASH - 2022 FECHA : Mayo 2022

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 CANTERA : GLORIA CAUCHO : 0.3%
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CANTIDAD : 30.0 kg

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara				75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5.7			5.9	6.1	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	2.452		2.459		2.465	
- Vacíos, %	4.6		4.0		3.6	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	73.5		76.4		79.1	
- V.M.A., %	17.1		17.8		17.0	
- Estabilidad, kg (kN)	852.8	(9.34)	964.2	(9.75)	1028.2	(10.08)
- Flujo, mm (10 ³ g/g)	2.8	(11.5)	3.1	(12.2)	3.3	(12.8)
- Absorción de Asfalto, %			0.49			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/mm (lb/polg)	3276.0	(8.0)	3096.0	(8.0)	3156.0	(8.0)
- Estabilidad Retenida, %			97.7			
- Índice de Compactabilidad			5.4			
- Temperatura de la Mezcla, °C			140 - 145			

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso de 3/4", % **		45.1
(2) Agregado fino, % **		54.9
(3) Filler mineral (tal hidratación), % ***		--
(4) Aditivo mejorador de adherencia, % ***		--

Materiales :

- Tipo de Asfalto	PEN 120 - 150
- Procedencia	Olusa

Nota :
 (*) Porcentaje en peso de la mezcla total.
 (**) Porcentaje en peso de los agregados.
 (***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Muestras procedentes del acopio de la planta de asfalto

Observaciones: Agregados procedentes de la cantera

DANIEL MAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELAEZ OLIVERA
 INGENIERO CIVIL
 C.R.N. 263117

Fuente. Elaboración propia

Anexo 27: Ensayo Marshall C.A. + polvo de caucho (1%) = 5.9%

ASTM D1559 (1999) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLANUEVA

REGISTRO : 0002022.GEOSUR

TÍTULO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 0+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - AJJA, ANCASH -2022"

TÉCNICO : DANIEL IMÁN

FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : RECUAY - AJJA, ANCASH -2022"

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : GLORIA

CAUCHO : 1.0%

MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 90.0 kg

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1 % DE C.A. + POLVO DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.9		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.44		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.66		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.000		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.792		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.787		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.3	6.3	6.4	
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1249.6	1252.2	1244.3	
11 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1250.3	1252.9	1245.1	
12 PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.7	0.7	0.8	
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	733.6	733.2	732.6	
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	516.7	519.7	512.5	
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.418	2.409	2.428	2.419
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.578		
17 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.2	6.5	5.8	6.2
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.789		
19 V.M.A. (%)	18.4	18.7	18.1	18.4
20 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	66.4	65.0	67.8	66.4
21 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.861		
22 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.49		
23 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		5.41		
24 FLUJO (D.25mm)	3.8	3.7	3.8	3.8
25				
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	975.3	972.6	976.3	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.000	1.000	1.000	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	975.0	973.0	976.0	975.0
29 RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2565.8	2629.7	2588.4	2588.0

.....
 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC

.....
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA

 JUAN DAVID PELAEZ GUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117

Anexo 28: Ensayo Marshall C.A. + polvo de caucho (2%) = 5.9%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS (1999) SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLANUEVA

REGISTRO : 086/2022.GEOSUR

TÍTULO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 0+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - ALJA, ANCASH -2022"

TÉCNICO : DANIEL IMÁN

FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : RECUAY - ALJA, ANCASH -2022"

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : GLORIA

CAUCHO : 2.0%

MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CANTIDAD : 90.0 kg

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1 % DE C.A. + POLVO DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.9		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.44		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.66		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 85% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.000		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.792		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.787		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.3	6.2	6.3	
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1251.3	1250.3	1251.2	
11 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1252.3	1251.4	1252.2	
12 PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.0	1.1	1.0	
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	736.2	739.2	735.7	
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	516.1	512.2	516.5	
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.425	2.441	2.422	2.429
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.578		
17 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.0	5.3	6.0	5.8
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.789		
19 V.M.A. (%)	18.2	17.6	18.3	18.0
20 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	67.3	69.8	67.0	68.0
21 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.861		
22 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.49		
23 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		5.41		
24 FLUJO (0.25mm)	4.1	4.1	4.0	4.1
25				
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	936.2	937.3	935.7	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.000	1.000	1.000	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	936.0	937.0	936.0	936.0
29 RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2282.9	2285.4	2340.0	2303.0


 DANIEL IMÁN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELAEZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117

Anexo 29: Ensayo Marshall C.A. + polvo de caucho (3%) = 5.9%

ASTM D1559 ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS (1999) SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

AUTORA : KETTY MEJÍA VILLANUEVA

REGISTRO : 086/2022.GEOSUR

TÍTULO : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO POLVO DE CAUCHO A MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 0+000 A 1+400 TRAMO RECUAY - AJJA, ANCASH -2022"

TÉCNICO : DANIEL IMAN

FECHA : Mayo-2022

UBICACIÓN : RECUAY - AJJA, ANCASH -2022"

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : GLORIA

CAUCHO : 3.0%

MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

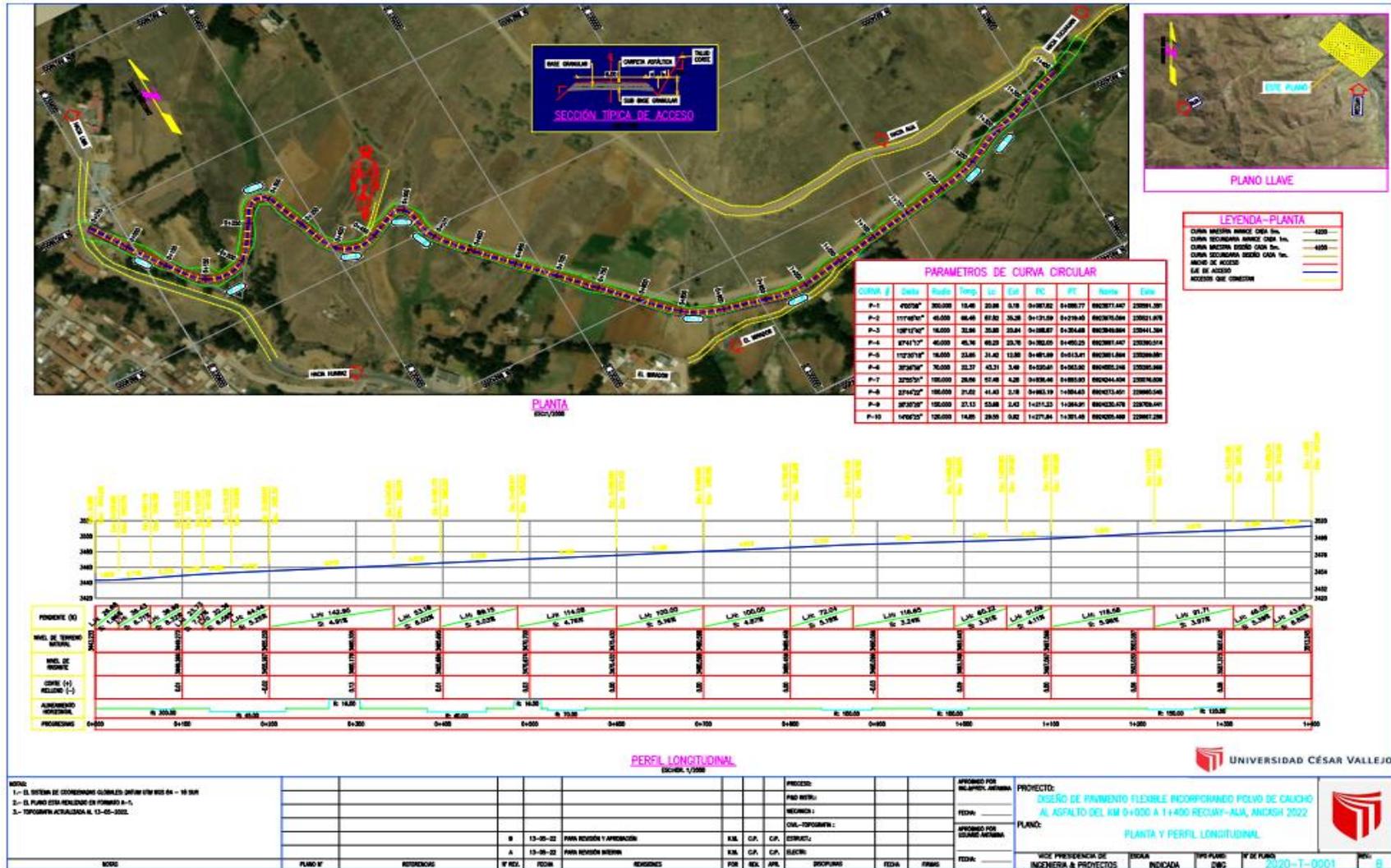
CANTIDAD : 90.0 kg

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1 % DE C.A. + POLVO DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.9		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.44		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		51.66		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.000		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.782		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.787		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.1	6.1	6.2	
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1255.0	1251.5	1254.8	
11 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1256.2	1252.7	1256.1	
12 PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.2	1.2	1.3	
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	733.6	733.2	732.6	
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	522.6	519.5	523.5	
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.401	2.409	2.397	2.402
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.578		
17 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.9	6.6	7.0	6.8
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.789		
19 V.M.A. (%)	19.0	18.7	19.1	18.9
20 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	83.9	85.0	83.2	84.0
21 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.881		
22 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.49		
23 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		5.41		
24 FLUJO (0.25mm)	4.6	4.4	4.4	4.5
25				
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	955.3	956.4	855.9	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.000	1.000	0.960	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	955.0	956.0	822.0	911.0
29 RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2076.1	2172.7	1868.2	2039.0


 DANIEL IMAN P.
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC.


 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA
 JUAN DAVID PELÁEZ QUIJSPE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 263117

Anexo 30: Plano planta y perfil longitudinal (2022-T-0001_B)



Fuente. Elaboración propia

Anexo 31: Límite de consistencia



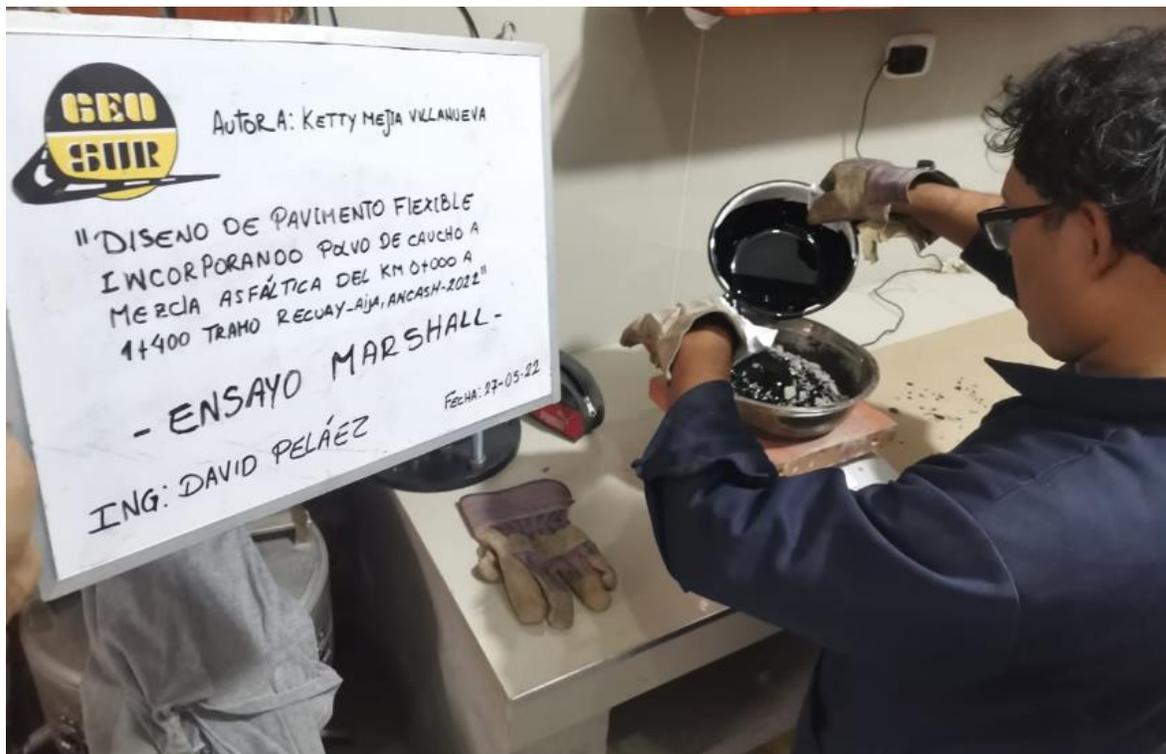
Fuente. Elaboración propia

Anexo 32: Proctor modificado



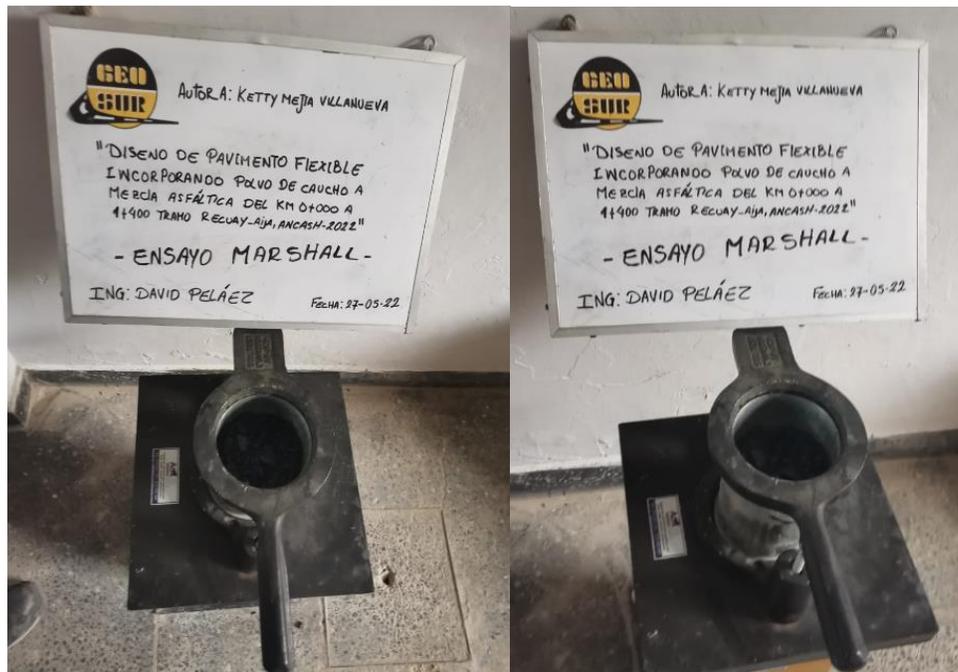
Fuente. Elaboración propia

Anexo 33: Ensayo Marshall



Fuente. Elaboración propia

Anexo 34: Ensayo Marshall



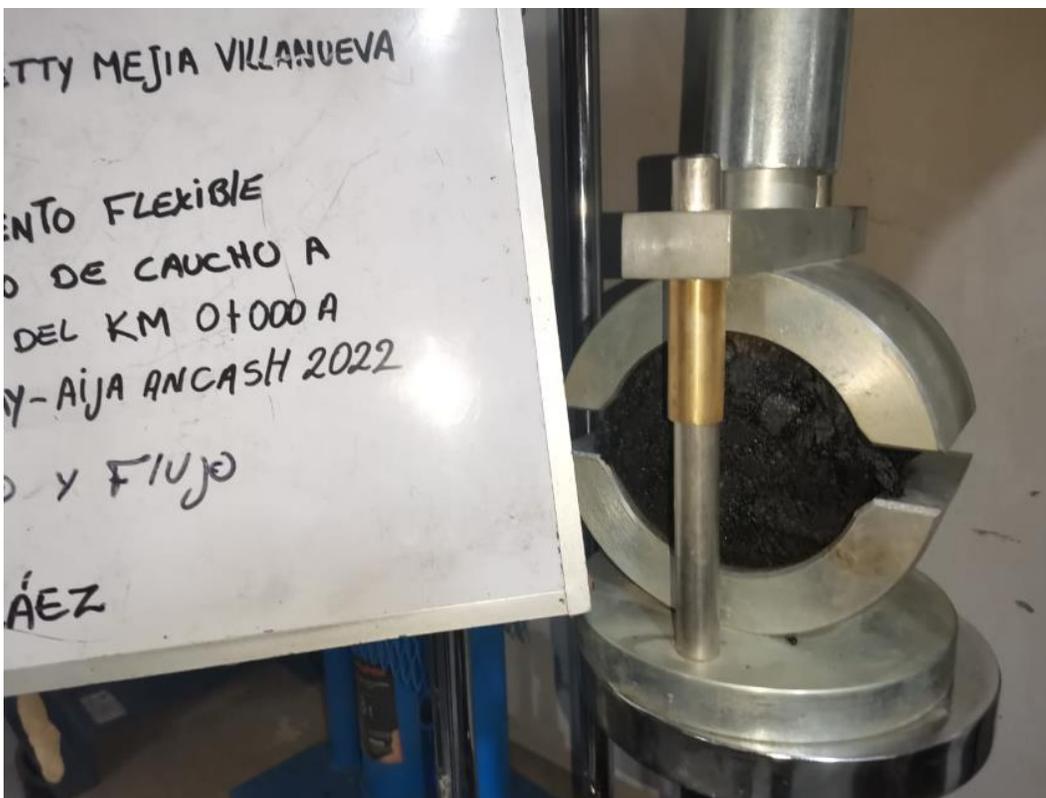
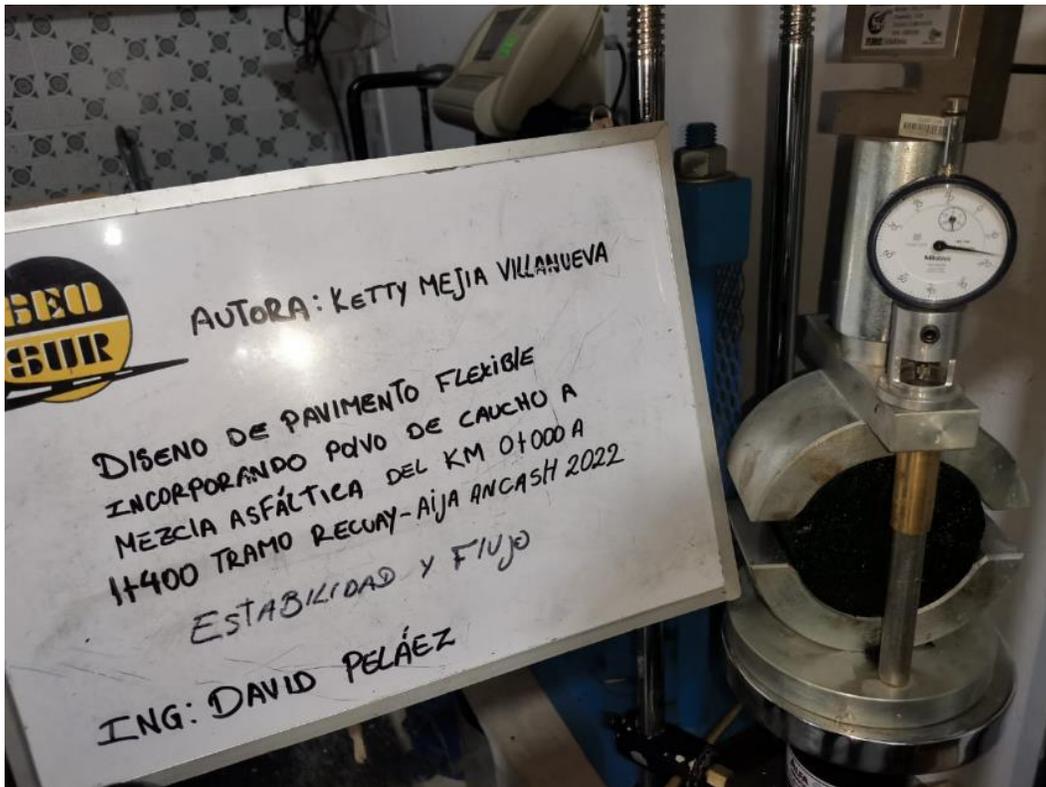
Fuente. Elaboración propia

Anexo 35: Polvo de caucho



Fuente. Elaboración propia

Anexo 36: Estabilidad y flujo



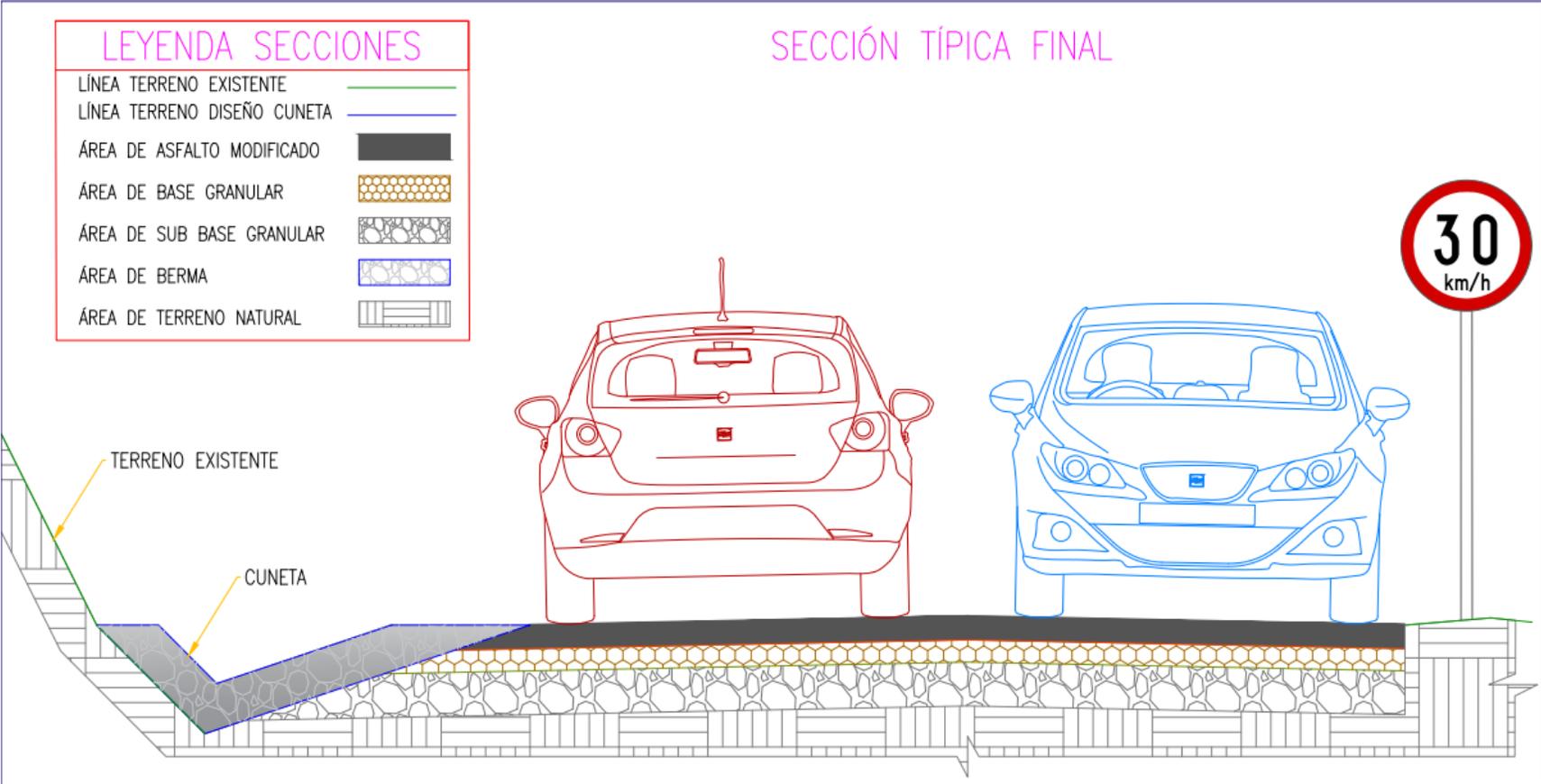
Fuente. Elaboración propia

Anexo 37: Estabilidad y flujo



Fuente. Elaboración propia

Anexo 38: Sección típica final



Fuente. Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PACCHA RUFASTO CESAR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Diseño de Pavimento Flexible Incorporando Polvo de Caucho al Asfalto del Tramo km 0+000 a 1+400 Recuay – Aija, Ancash 2022"

", cuyo autor es MEJIA VILLANUEVA KETTY YOVANA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

SAN JUAN DE LURIGANCHO, 19 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PACCHA RUFASTO CESAR AUGUSTO DNI: 42569813 ORCID 0000-0003-2085-3046	Firmado digitalmente por: CPACCHAR el 19-07- 2022 22:30:03

Código documento Trilce: INV - 0888745