



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Estudio del diseño de pavimento flexible, mediante el diseño  
asfáltico utilizando arena natural, San José – Rumichacca,  
Ayacucho 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Carrasco Ticuña, Ángel de Jesús (ORCID: 0000-0003-2798-1518)

**ASESOR:**

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA — PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Esta investigación va dedicada para mi madre ya que gracias a ella pude lograr todas mis metas y me encuentro en este punto tan importante de mi vida, así como también a mi padre y hermanos quienes son guía en los transcurso de los años.

### **Agradecimiento**

Agradezco en primer lugar a mi madre por su infinito cariño y mi familia por brindarme el apoyo y la educación necesaria para ser un buen profesional.

Así mismo a mis docentes quienes me brindaron la guía y sus conocimientos necesarios para poder avanzar en la carrera.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
3.1. Tipo y Diseño de Investigación. ....	10
3.2. Enfoque de Investigación.....	10
3.3. Variables y operacionales .....	11
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos. ....	14
3.5. Procedimientos .....	15
3.6. Método de Análisis de Datos.....	15
3.7 Aspectos éticos.....	21
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>44</b>

## Índice de tablas

Tabla N°01: Espesores de la Carpeta Asfáltica para suelos no estables.....	21
Tabla N°02: Selección del cemento asfáltico según el clima.....	22
Tabla N°03: Grado de penetración del cemento asfáltico.....	23
Tabla N°04: Gradación de Grava Chancada.....	24
Tabla N°05: Gradación de Arena Chancada.....	25
Tabla N°06: Gradación de la Cal Hidratada.....	26
Tabla N°07: Gradación de la Arena Natural.....	27
Tabla N°08: Resumen de Dosificación.....	29
Tabla N°09: Gradación con 2% de Cal hidratada comparado con el MAC.....	29
Tabla N°10: Gradación con 2% arena natural comparado con el MAC - 2.....	30
Tabla N°11: Gradación con 7% arena natural comparado con el MAC – 2.....	31
Tabla N°012: Gradación con 12% de arena natural comparado con el MAC – 2.....	32
Tabla N°13: Resumen de resultados MAC – 2.....	34
Tabla N°14: Peso específico y absorción de la arena natural.....	35
Tabla N°15: Peso específico y absorción de la Cal hidratada.....	35
Tabla N°16: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	36
Tabla N°17: Ensayo RICE para las dosificaciones de 2% Cal hidratada y 2%, 7% y 12% de arena natural.....	36
Tabla N°18: Tabla de diseño Marshall.....	37
Tabla N°19: Resumen de los ensayos Marshall.....	37

Tabla N°20: Resultados del ensayo de diamantina.....	38
Tabla N°21: Resumen de nuestro estudio de comparación de núcleos de diamantina.....	38
Tabla N°23: Selección de la gradación MAC- ANEXOS.....	45

## Índice de gráficos y figuras

Figura N°01: Selección de cemento asfáltico por su altura.....	22
Figura N°02: Tamizado de materiales por mallas 3/4", 1/2" y 3/8".....	24
Gráfico N°01: Curva Granulométrica de la Grava Chancada.....	25
Gráfico N°02: Curva Granulométrica de la Arena Chancada.....	26
Gráfico N°03: Curva Granulométrica de la Cal Hidratada.....	27
Gráfico N°04: Curva granulométrica de la Arena Natural.....	28
Gráfico N°05: Curva granulométrica con 2% Cal hidratada comparado con el MAC – 2.....	30
Gráfico N°06: Curva granulométrica con 2% arena natural comparado con el MAC – 2.....	31
Gráfico N°07: Gradación con 7% de arena natural comparado con el MAC – 2.....	32
Gráfico N°08: Gradación con 12% de arena natural comparado con el MAC – 2.....	33
Figura N°03: Balanza gramera.....	46
Figura N°04: Tamices para zarandeo.....	47
Figura N°05: Pedestal y martillo compactador.....	47
Figura N°06: Maquina RICE.....	48
Figura N°07: Bandejas.....	48
Figura N°08: Eliminación de aire en ensayo RICE.....	49
Figura N°09: Baño María.....	49
Figura N°10: Anillo de maquina Marshall.....	50
Figura N°11: Dial de maquina Marshall.....	50
Figura N°12: Maquina compresora Marshall.....	51

Figura N°13: Perforadora de núcleos de diamantina.....	51
Figura N°14: Núcleos de diamantina.....	52
Figura N°15: Medicion de los nucleos de diamantina.....	52
Figura N°16: Horno secadora.....	53
Figura N°17: Termómetro.....	53
Figura N°18: Aplicación de los 75 golpes de compactación de briquetas.....	54
Figura N°19: Diamantina sometida a la prensa Marshall.....	54
Figura N°20: Imprimación de la base granular.....	55
Figura N°21: Control de temperatura para imprimación, 65°C a 90°C.....	55
Figura N°22: Control de temperatura de la mezcla asfáltica en planta de producción, entre 145°C a 155°C.....	56
Figura N°23: Riego del MC-30 para mejor adherencia entre base granular y carpeta de rodadura.....	56
Figura N°24: Descarga de mezcla asfáltica del volquete a la esparcidora.....	57
Figura N°25: Rastrillado del material asfaltico.....	57
Figura N°26: Compactado por maquina a rodillo y neumático.....	58
Figura N°27: Control del espesor de carpeta de pavimento asfáltico.....	58
Figura N°28: certificación de nuestro cemento asfáltico (PEN).....	59
Figura N°29: Ubicación nacional del proyecto.....	60
Figura N°30: Ubicación regional del proyecto.....	61
Figura N°31: Ubicación del tramo San José – Rumichacca.....	61

## **Resumen**

La presente labor de investigación fue realizada para fomentar nuevas técnicas y alternativas de optar por un diseño de pavimento flexible mediante el uso de arena natural como material de filler, sustituyendo así al convencional uso de la Cal Hidratada.

Se sabe que hoy en día hay varias alternativas en el mercado que ofrecen buenos resultados, pero en este proyecto utilizaremos la arena natural como material de filler.

De este modo realizaremos los múltiples ensayos de calidad para los agregados que componen un pavimento flexible mediante las normas MTC, AASHTO, ASTM mediante el uso convencional del MAC – 2, utilizando el diseño de pavimento flexible por el método MARSHALL. Este método es el más usado para el desarrollo de este proyecto, que se realiza en un laboratorio con los instrumentos y herramientas necesarias para cumplir con los ensayos necesarios para nuestros diseños, desde la dosificación, hasta la rotura de las probetas asfálticas diseñadas en laboratorio y los núcleos de diamantina, determinando así, la variación de estabilidad que nos presenta cada porcentaje de arena natural.

**Palabras clave:** Arena Natural, Cal Hidratada, Método Marshal.

## **Abstract**

This research work was carried out to promote new techniques and alternatives to opt for a flexible pavement design through the use of natural sand as a filler material, thus replacing the conventional use of Lime Hydrated.

It is known that today there are several alternatives on the market that offer Good results, but in this Project we Will use natural sand as a filler material.

In this way we Will carry out the mnultiple quality tests for the aggeregates that make up a flexbible pavement through the MTC, AASHTO, ASTM standars throught the convencional use of MAC – 2, using the flexxxible pavement desing by the MARSHAL method. This method is the most used for te development of this Project, which is carried out in a laboratory with the necessary instruments and tolos to comply with the necessary tests for our designs, from the dosage, to the breaking of the asphalt specimens designed in the labratory and nuclei diamond, thus determining the stability variation that each porcentaje of natural sand presents us.

**Keywords:** Natural Sand, Lime Hydrated, Marshal Method.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó a base de la dificultad de poder conseguir un material convencional en el uso de diseños asfálticos, que es la Cal Hidratada; se sabe que es un ingrediente que se usa por la zona selva de la región de Ayacucho por ser un narco-insumo, así que conseguir grandes cantidades de stock de este material, esporádicamente, es muy engorroso y demanda de muchos trámites, permisos y tiempo para poder tener una autorización responsable de este material. Así que el presente proyecto busca poder implementar el material de arena natural, reemplazando así a la Cal Hidratada, como material de filler o relleno, para la ejecución de un pavimento flexible o asfalto en caliente en un tramo de prueba y luego ejecutar el proyecto en el departamento de Ayacucho. Teniendo así en cuenta que este tipo de infraestructura vial cumplirá con el avance en ámbito económico de acorde a los puntos que conecta y sus cercanías, generando mayor producción de desarrollo y consumo.

Es por eso que, tanto el diseño y proceso constructivo que se llevó a cabo se basó en estudios previos en los trazos, diseños, obras complementarias y su aspecto social, esto con la finalidad de ser una vía con funcionalidad eficiente, para ejecutarse así el pavimento flexible o pavimento asfáltico de un total de 3791 metros de longitud en la obra vial, en el distrito de Andrés Avelino Cáceres del tramo de San José - Rumichacca, Provincia de Huamanga / Ayacucho.

Para la ejecución de este proyecto se recolectó la información gracias al estudio y recolección de datos que vino desde la ciudad de Lima, el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos "VALMER", esto mediante el apoyo de un personal calificado que consta de un técnico de laboratorio y un ingeniero especialista en el área (pavimento flexible y control de calidad), en el procedimiento de todos los ensayos de inicio a fin, por lo cual se realizó un tramo de prueba que facilitó la calibración del diseño de acorde a los ensayos de laboratorio y ensayos in situ, post y antes del tendido, así como la importancia del clima, viento, temperatura, disposición de maquinarias, herramientas, etc., garantizando así el diseño nuevo de pavimento flexible, con seguimiento de una comparación de la vía antes y después de la ejecución de la obra mediante evidencias fotográficas, este

proyecto proveerá datos y documentación necesaria para el estudio de este proyecto, garantizando así la durabilidad del pavimento flexible reemplazado por otro material que es más factible y fácil de encontrar en esta zona.

Para la actualidad, el método Marshall es el método que más se emplea en este tipo de diseños (pavimento flexible), esto a través de una variedad de ensayos previos que permiten determinar la resistencia físico mecánicos de los agregados con proporciones correctas que complementan el trabajo y desarrollarán con una buena calidad de pavimento.

Estos resultados de esta investigación aportan con un diseño de mezcla asfáltica donde pueden ser comparados siempre y cuando las características de sus ensayos previos sean similares, ya que este diseño es utilizado en múltiples países, el cual resulta un gran aporte el uso de arena natural como material de filler como una alternativa de diseño.

Es por ello que esta investigación se planteó el ¿Cómo realizar el diseño asfáltico para el pavimento flexible con la utilización de arena natural en 2%, 7% y 12% y compararla con un diseño de Cal Hidratada en 2% en la ciudad de Ayacucho, 2021? Con los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es la dosificación de la arena natural como material de filler para obtener un diseño de pavimento flexible?; ¿Cuáles son las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural?; ¿Cuáles son las propiedades del pavimento flexible después del plantado en campo?

## JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- **Justificación teórica:** Este proyecto está contemplado a usar materiales que se puedan conseguir en las cercanías para poder realizar un pavimento flexible que nos cumpla con todos los parámetros, para ello se necesita hacer dosificaciones distintas y compararlas con un diseño convencional que está hecho con Cal hidratada, para ello haremos todos sus ensayos reglamentarios para probar la arena natural también cumple con los parámetros establecidos que nos rige el diseño con método Marshall y los ensayos que este complementa.
- **Justificación técnica:** La investigación llevada a cabo se ejecuta bajo la realización de ensayos para comprobar si dicho estudio cumple o no con el diseño de mezcla a base de arena natural, a través de: Dosificación, ensayo de granulometría, vacíos con aire, vacíos del agregado mineral, flujo, estabilidad de flujo, dial; mediante el moldeo de briqueta con el método Marshall para luego compararlo con nuestro diseño patrón que estará hecho con Cal hidratada y verificar con un ensayo de extracción de núcleos de diamantinas, esto con finalidad de controlar el adecuado espesor de asfalto y su cumplimiento con nuestro diseño en laboratorio. Así de esta forma garantizar que el proceso de asfaltado sea exitoso en su diseño, esto conlleva a que el proyecto sea un gran aporte para futuras investigaciones, incentivando su aplicación en obras similares futuras y facilitando el acceso a los materiales correspondientes, para futuros diseños de mezclas.
- **Justificación social:** En esta investigación se contempla la relevancia de aprovechar la arena natural como material de filler por la facilidad de alcance en la comunidad, estando ubicado en el km: 2+900; facilitando así el desarrollo de más obras asfálticas en la comunidad de San José hasta Rumichaca de Ayacucho, brindando a través de este proyecto de investigación una mejor calidad de vida y facilidad del transporte en los puntos que esta vía conecta.
- **Justificación económica:** A través del proyecto se resalta que, el uso de Cal en la ciudad de Ayacucho es muy complicada de adquirir por ser ingrediente principal de narco-insumos, esto hace que su adquisición requiera de mucha dificultad, así como también las cantidades que se

requieren para utilizar en las obras se adquieren de stock en stock lo que dificulta el avance del proyecto por lo cual el retraso de este material genera más pagos tanto a la mano de obra, por ende, el diseño se basa en utilizar materiales que pueden reemplazarlo y mantener los parámetros de un diseño de asfalto mediante el uso de arena natural, para no afectar el presupuesto.

### **Objetivos:**

**Objetivo general:** Determinar las propiedades físicas de un diseño de un pavimento flexible utilizando arena natural como material de filler en la ciudad de Ayacucho 2021; mediante los **Objetivos específicos:** Determinar la dosificación de la arena natural como material de filler para obtener un diseño de pavimento flexible en la ciudad de Ayacucho 2021; Determinar las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural en la ciudad de Ayacucho 2021; Determinar las propiedades del pavimento flexible después del plantado en campo en la ciudad de Ayacucho 2021.

### **Hipótesis:**

**Hipótesis general:** Con este diseño se busca diseñar un asfalto con arena natural de cantera en vez de Cal hidratada; como material de filler en la ciudad de Ayacucho. Asimismo, tenemos las **Hipótesis específicas:** Se conseguirá la dosificación óptima de arena natural para obtener un diseño de pavimento flexible en la ciudad de Ayacucho 2021; Se logrará determinar las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural en la ciudad de Ayacucho 2021; Se logrará determinar las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural después del plantado en campo en la ciudad de Ayacucho 2021.

## **II. MARCO TEÓRICO.**

### **a) Antecedentes:**

Para poder desarrollar el diseño de esta investigación se consideró a diversos autores con trabajos ejecutados en su momento basados en diversas técnicas y estudios, teniendo en cuenta en donde fueron ejecutados estos proyectos tanto a nivel internacional como nacional.

#### **A nivel internacional tenemos:**

María Alejandra (2016), teniendo como objetivo hallar el resultado de la variación de la relación entre el polvo y asfalto haciendo briquetas de pavimento flexible con el método Marshall, teniendo como uno de sus objetivos específicos hallar la proporción de agregado mineral, a esto nos referimos como el material de filler. Que mediante la metodología del tipo aplicada y diseño práctico, se obtuvo el siguiente resultado: una dosificación de 6.2% de material pasante la malla N°200. Cumpliendo de este modo los parámetros Marshall (INTE 04-01-10-06),

#### **A nivel nacional tenemos:**

Tenemos a Saul Ñahui y José Sedano (2018), Se diseñó el proyecto bajo el objetivo de establecer las cualidades exactas de la mezcla de la pedrera de Ocopa esto para poder realizar la preparación del agregado asfáltico para pavimentos flexibles en la ciudad de Huancavelica, basándose en la metodología de tipo básica con nivel descriptivo, para así facilitar el desarrollo de más vías resistentes y duraderas empleando materiales generando así una mezcla in- situ con un costo bajo. Tras los resultados del proyecto se observa que los análisis granulométricos que se requiere para el cumplimiento de los límites según el reglamento del ASTM - C33, el agregado fino se encuentra en un porcentaje que sobrepasa el tamiz (N° 200) siendo así de 2.52%, 2.92 % y el 2.55% encontrados en el límite de la curva granulométrica por lo cual esto hace llegar a la conclusión de que el agregado fino trabajado a través de la malla (N° 200) son óptimas para el

trabajo con el compuesto fino de la cantera de Ocopa encontrado en el distrito de Lircay – Huancavelica.

Según Lamber Gutiérrez (2017), tuvo por proyecto el diseño del uso de nuevas técnicas para la mejora del asfalto en caliente, mediante la cal hidratada en la avenida Camino Dibós - Ica. para este proyecto se contó con una metodología de diseño experimental así como también el no experimental de investigación aplicada, bajo ensayos realizados en los agregados finos y gruesos de acorde a las especificaciones y norma de MTC, utilizando la mezcla convencional MAC 2 (Método de Marshall), es por eso que como resultado se obtuvo según los análisis granulométricos con Cal en un 1%, 1.5% y 2%, bajo el cumplimiento de la norma MTC, concluyendo así que en tanto el 1% y el 1.5% de cal la estabilidad aumenta, mientras que con el 2% sucede lo contrario observando la disminución de la estabilidad.

Reyes Gustavo (2020), que, con metodología de investigación científica, tipo de investigación cuantitativo, nivel de investigación descriptivo con diseño no experimental. Tuvo la técnica de recolección de datos según el Manual de Carreteras y las Especificaciones Técnicas Generales para la construcción (EG-2013) obtuvo una dosificación de sus materiales con los siguientes porcentajes: 26 grava chancada, 42% arena chancada y un 32% de arena zarandeada. Pero aquí notamos que su estabilidad de flujo (Factor de Rigidez) le da un 3956 y según las Especificaciones Técnicas debería estar entre un 1700 – 4000, lo cual está cumpliendo, pero muy cerca al límite de ser un diseño de mezcla demasiado duro.

**Base teórica:** Con los referentes ya mencionados llegamos a tener las siguientes variables:

## **Variable independiente:**

### **Cal Hidratada:**

- La Cal hidratada es un hidróxido de calcio de usos son múltiples como para la construcción, limpieza de agua, minería, agricultura y hasta usos domésticos, también es conocido como cal viva.
- Su propiedad principal es que se endurece lentamente manteniendo un alto grado de plasticidad.
- Es un aglomerante tanto como su símil, el yeso o el cemento, contiene un alto nivel de alcalinidad.
- Su principal ventaja es que es un mejorador de materiales, ayuda bastante a estabilizar suelos o mejorar el concreto.
- Al ser calcinada la piedra caliza, se convierte en un producto químicamente inestable.
- Tiene una gradación casi uniforme y muy fina, pasa su mayor porcentaje por la malla N°200.
- El indicador más importante es su dosificación ya que el uso conmensurado de este material también resulta perjudicial, es propicio encontrar una dosificación referencial para que este material sea efectivo a su propósito al cual será destinado.
- Tiene una escala de medición de intervalo ya que se puede cuantificar, medir y comprobar en valores reales.
- Los instrumentos a usar son los tamices y balanza gramera.
- Se procede tamizar por la malla 3/8" al N°200 y pesarla para obtener un porcentaje necesario que podamos utilizar en un diseño dosificado.

### **Arena natural:**

- Se conoce como arena natural a el material que tiene varias gradaciones menudas que se pueda conseguir fácilmente bajo ciertos parámetros dependiente a que vayan a ser destinados.
- Posee una gradación muy variada, generalmente por ser encontrado en el medio natural tiene un alto contenido de finos.

- Es usado para la construcción siempre y cuando no tenga limos u orgánicos al menos que provengan de una cantera con licencia para garantizar su uso, pero siempre es necesario hacer las pruebas o ensayos del caso.
- Aporta bastante a muchos tipos de dosificación ya que su granulometría es menudamente variada.
- La desventaja es que por ser natural puede tener muchas impurezas, pero para lo cual es necesario un control constante y aleatorio para poder verificar su pureza.
- La dosificación es muy importante de este material ya que nos provee de una granulometría muy variada.
- Su escala de medición es de intervalo porque se puede cuantificar, medir y comprobar en valores reales.
- Los instrumentos a usar son los tamices y balanzas grameras para poder dar una dosificación individual de cada material y para hacer la gradación en conjunto.
- El procede a tamizar por la malla 3/8" hasta la N°200 y aporta a sus diseños de mezcla acorde a los pasantes o retenidos de los tamices que usaremos para la dosificación.

**Variable dependiente:**

**Pavimento flexible con arena natural:**

- El pavimento flexible con arena natural es conocido como carpeta de rodadura y es el revestimiento de una obra de carretera u obra vial.
- Tiene características uniformes e impermeables con resistencia a las cargas y a las inclemencias del medio ambiente.
- Tiene una vida útil de 10 a 15 años, en el frío se contrae y en el calor se expande haciéndolo mucho más versátil en climas extremos.
- Su ventaja más notoria es que resulta más económico a comparación del pavimento rígido, tiene mayor comportamiento ante el contacto con las llantas de los vehículos, lo cual lo hace más seguro, aquí depende de su acabado.

- Su gran desventaja es que se necesita un mantenimiento constante apenas este se termine, se necesita limpieza superficial ya que el calor excesivo dilata y se pueden hundir piedras donde posteriormente logren fisurar y agujerar el pavimento flexible.
- Sus indicadores son múltiples para comprobar su rendimiento desde un inicio, entre ellos tenemos a la grava chancada, arena chancada, cal hidratada o arena natural, cemento asfáltico (PEN), vacíos con aire, varios de su agregado mineral, flujo, estabilidad de flujo, resistencia del dial y la compactación que este tiene respecto al diseño hecho en laboratorio mediante un ensayo de perforación.
- Su escala de medición es de intervalo, se puede cuantificar, medir y comprobar con valores reales.
- Los instrumentos que nos permiten parametrar son: Mezcla de agregados pétreos, diseño tipo MAC – 2 (Marshal), Manual de diseño Marshall (EG-2013) y Ensayo de extracción de núcleos de diamantinas.
- Primero se tiene que obtener una gradación según los parámetros del MAC – 2, procedemos a hacer el moldeo de briquetas y roturas por el método Marshall para después de la producción en campo sacar núcleos de diamantina y hacer la rotura Marshall para comparar con nuestro diseño con arena natural.

### III. METODOLOGÍA.

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación.

**Tipo de investigación:** aplicada (CONCYTEC 2018), a través de este de este tipo de investigación se trata de buscar, entender, formar y transformar una realidad problemática, a través de la adaptación próxima a las dificultades presentadas en una determinada área o situación, dándose así de forma inmediata, implementando estrategias y técnicas ya sea de forma innovadora o recurrente.

A partir de la presente investigación se busca generar un mejor uso y desarrollo del pavimento flexible a través de las mezclas asfálticas en caliente, teniendo en cuenta la adecuada temperatura y la suplantación de Cal Hidratada por arena natural.

**Diseño de Investigación:** “Cuasi experimental” porque se recopila información que fue empleada a diferentes estudios de ingeniería básica, manuales de diseño, especificaciones técnicas, elaboración de planos, exploración del terreno, ensayos de suelos, ensayos destructivos y no destructivos considerados en el expediente para poder aplicar en la ejecución.

**Nivel de Investigación:** Se tiene en consideración que, Mario Bunge da a conocer que esta clase de investigación se basa en ser pura y aplicada, siendo así su finalidad el conocer, entender y mejorar. En este caso se demostrará el alcance que tuvo la investigación en sentido explicativo, ya que busca detallar las características que sufren nuestros distintos diseños.

#### 3.2. Enfoque de Investigación.

El enfoque es de ámbito cuantitativo, ya que el concepto que se maneja es obtener números reales mediante mediciones, cuantificaciones exactas, está basado en cifras establecidas de acuerdo a las variables que determinan la forma y construcción de los instrumentos que son fundamentales en la investigación, definiendo así las observaciones antes de dar inicio al trabajo de campo.

### 3.3. Variables y operacionales

#### Variables Independientes:

##### Cal Hidratada.

**Definición Conceptual:** Según Aguilar comentó que la Cal es conglomerante aéreo obtenido por calcinación de material calizo y posterior apagado de los óxidos formados con agua. (2016. p.27).

**Definición Operacional:** Se empleará la arena natural en reemplazo parcial de la Cal hidratada como material de filler, en diferentes porcentajes con la finalidad de obtener un pavimento flexible óptimo y funcionable que cumpla nuestras normativas.

**Indicadores:** Proporcionamiento para poder diseñar nuestros diseños de mezcla patrón (2% Cal Hidratada) y otros 3 para compararlos (2%, 7% y 12% de arena natural).

**Escala de medición:** De intervalo porque es cuantitativa, significa que se puede cuantificar la diferencia entre dos o mas valores comparados en el mismo ámbito. Nosotros haremos una comparación de los resultados cuantificados entre nuestros diferentes diseños de estudio y encasillarlos en los parámetros que nos rigen las Normativas.

##### Arena Natural.

**Definición conceptual:** El MTC comentó que el agregado fino que pasa el tamiz 3/8" hasta el pasante de la malla N°200 y está compuesto por arenas tanto para el uso del pavimento flexible como para el pavimento rigido a proporciones diferentes, por ello es importante obtener las proporciones establecidas en los diseños que nos rigen nuestras normativas para obtener una dosificación funcionable que cubra todos sus requerimientos. (2013. p.470).

**Definición operacional:** Se empleará la arena natural en reemplazo parcial de la Cal hidratada como material de filler, en diferentes porcentajes

con la finalidad de obtener un pavimento flexible óptimo y funcional que cumpla nuestras normativas.

**Indicadores:** Proporcionamiento para poder diseñar nuestros diseños de mezcla patrón (2% Cal Hidratada) y otros 3 para compararlos (2%, 7% y 12% de arena natural).

**Escala de medición:** De intervalo porque es cuantitativa, significa que se puede cuantificar la diferencia entre dos o más valores comparados en el mismo ámbito. Nosotros haremos una comparación de los resultados cuantificados entre nuestros diferentes diseños de estudio y encasillarlos en los parámetros que nos rigen las Normativas.

### **Variables dependientes.**

#### **Pavimento Flexible con Arena Natural.**

**Definición conceptual:** ASTM nos dice que el agregado fino es considerado como arena natural, arena manufacturada o la combinación de ambos, sirve como material de filler o relleno. (2003, vol. 04.02.).

**Definición operacional:** De acuerdo a los diseños de mezclas utilizados, se podrá obtener distintas características del pavimento flexible. Debido a que el asfalto es un material permeable, se usa este material de filler para poder quitar mayor porcentaje de vacíos y hacer más denso al pavimento flexible y así a la vez evitar que se agriete sin que se ahuelle y tenga un comportamiento óptimo.

#### **Indicadores:**

- Grava chancada (kg).
- Arena Chancada (kg).
- Arena natural y cal Hidratada (kg).
- Cemento asfáltico (%).
- Vacíos de aire (%).
- Vacíos de agregado Mineral (%).
- Flujo (%).

- Estabilidad de Flujo (kg/cm<sup>2</sup>).
- Dial (%).
- Compactación respecto al Marshall.

**Escala de Medición:** De intervalo porque es cuantitativa, significa que se puede cuantificar la diferencia entre dos o más valores comparados en el mismo ámbito. Nosotros haremos una comparación de los resultados cuantificados entre nuestros diferentes diseños de estudio y encasillarlos en los parámetros que nos rigen las Normativas.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo.**

#### **3.3.1. Población:**

De acuerdo con Bernal se considera un conjunto de elementos o individuos que ayuda a generar un referente a la investigación, es así que se toma como población a nuestros diseños de mezcla, que son las briquetas o bulk hechos bajo nuestros parámetros para la producción del diseño de pavimento flexible con arena natural en la asociación San José hasta Rumichacca, en el distrito de Andrés Avelino Cáceres / Ayacucho - Huamanga 2021.

#### **3.3.2. Muestra:**

Para Reguera, en el caso de la muestra se constituye por subgrupos pertenecientes a la población, esto dándose de forma representativa lo cual permite deducir el proceder de la población con su valor intrínseco. En este caso las muestras que pertenecen a la investigación serán calificadas bajo el método de Marshall de acorde a los moldes de pavimento flexible con el uso de arena natural como material de filler; entonces haremos una muestra de un diseño convencional con Cal hidratada para luego hacer otras tres con arena natural en diferentes proporciones para así compararlo con él.

### **3.3.3. Muestreo:**

Utilizaremos datos puntuales con ensayos con resultados exactos. Nos guiaremos mediante normativas que nos limitan a obtener datos precisos. Por esto diremos que nuestro muestreo es no probabilístico.

### **3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.**

#### **Técnicas de Investigación.**

Esta tesis es del tipo observacional, porque se realizarán ensayos desde los componentes que son los agregados, cemento asfáltico (PEN), Para guiarnos tenemos el Manual de Carreteras y la EG – 2013 (Especificaciones Técnicas Generales para la construcción) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Después de nuestra dosificación según la gradación MAC – 2; haremos el moldeo de briquetas con el método Marshall mientras se hace ensayos complementarios antes de la rotura de estas briquetas para luego proseguir a la producción en el tramo para luego extraer nuestros núcleos de diamantina y también someterlos a la rotura Marshall para hacer una comparación del porcentaje de su compactación en relación a nuestro diseño en laboratorio.

#### **Instrumentos de selección de datos.**

Usaremos la documentación y experimental. Entonces veremos los siguientes instrumentos en laboratorio: Tamices, Balanzas grameras, Horno Secador, Termómetros, Recipientes, Pedestal para Moldeo de Briquetas, Martillo Compactador, Baño María, Compresora Marshall y la Perforadora de Diamantina. Se usarán para los correspondientes ensayos.

#### **Validez.**

Para nuestra validez de este proyecto está respaldado y hecho con el laboratorio de Mecánica de suelos, Concreto y Asfaltos. Y lugar donde se procesarán los datos es en la obra “Asfaltado San José – Rumichacca” con influencia de un técnico de laboratorio y un ingeniero especialista en el área.

## **Confiabilidad.**

Para Guillermo Briones, ésta se da a causa de los resultados con consistencia y coherencia obtenidos a través de una investigación que tiene como base diversos procedimientos que se utilizan al efectuarse el estudio. En este caso se podría argumentar que la aplicación del proyecto en otras obras produciría el mismo resultado obtenido en la investigación.

### **3.5. Procedimientos:**

Para este paso la información necesaria fue recolectado al ir a canteras para hacer los ensayos previos de los materiales a usar, este hecho dio a lugar ir a misma carretera donde se hará los ensayos en el kilómetro 2+900 del terreno de la obra y el laboratorio que vino de la ciudad de Lima se instaló en el intermedio de la longitud de esta obra para poder tener más rápido acceso a los diferentes puntos de esta vía, la manipulación de variables fueron dentro de estos establecimientos bajo protocolos de seguridad por cada ensayo que se hizo, las coordinaciones con los dueños de la cantera tanto como el gerente de la planta y laboratorio de asfalto se dieron previamente para dar lugar a la experimentación de esta tesis, tanto así como el apoyo del personal técnico de laboratorio y el ingeniero especialista en el área.

### **3.6. Método de Análisis de Datos.**

Los datos fueron extraídos primeramente con la visita en la cantera Glorieta ubicada en el kilómetro 2+900 del terreno de la obra. Una vez aprobada esta gradación se procede a hacer un análisis de los materiales por separado: Peso Específico y Absorción (Arena chancada y filler como también del Agregado Grueso). Después continuamos a realizar el ensayo de Peso Específico Máximo de la Muestra (combinada) o conocido como el ensayo RICE. Entonces ya teniendo estos datos de nuestros materiales por separado y mezclados continuamos a realizar el moldeo con el método Marshall usando el PEN 120/150, que tiene una disolución más rápida y está

configurada para nuestra situación climatológica. Ante esto se realiza el moldeo de las briquetas según a nuestro nivel de compactación por categoría de carretera, The Asphalt Institute's Manual (MS-2). Especificaciones Marshall de diseño; en donde por el tráfico proyectado pesado tendremos el material mezclado entre grava chancada, arena chancada, filler y cemento asfáltico a una temperatura de 138°C a 140°C para proceder con una compactación de 75 golpes por lado con el pistón de moldeo, encima de un pedestal con el molde de biqueta, para proceder a nuestro ensayo de peso unitario para así hallar el porcentaje de vacíos de aire en un rango de 3% a 5%, un Mínimo de 14% de vacíos del agregado mineral (V.M.A.); como datos complementarios y necesarios sacaremos el volumen efectivo/volumen de biqueta y volumen de agregado/volumen bruto de biqueta; ya con estos datos proseguimos a calentar nuestras briquetas en un calentador, que se llama "Baño María" a unos 60°C durante 30 minutos. Sometemos de inmediato a nuestras briquetas a la prensa Marshall, arrojándonos así el Dial que tiene que ser entre 8kg/cm a 14km/cm según los parámetros que nos rigen; continuamos a hallar el flujo, estabilidad corregida y entonces hallamos la estabilidad de flujo que nos debe arrojar entre 1700 – 4000. Una vez ya tengamos nuestro diseño de mezcla haremos el seguimiento de su cumplimiento en la vía San José hasta Rumichaca siguiendo los parámetros de temperatura que nos establecen las normativas, haremos seguimiento del proceso constructivo del asfaltado y extraeremos 7 núcleos de diamantina en puntos aleatorios para entonces hacer la verificación de 3 de estos en la prensa Marshall y poder hacer la comparación respectiva. Los datos fueron procesados mediante la hoja de cálculo creada por nosotros en el Microsoft Excel, de ahí también derivan nuestras curvas graficas con la ayuda de una calculadora HP-50g para calcular otros datos.

Para poder realizar los ensayos ya mencionados en el capítulo anterior usaremos las siguientes formulas según sus normativas que nos rigen.

- **Análisis granulométrico por tamizado.**  
**(METODO MTC E-107; AASHTO T-89 y ASTM D-22).**

- **Para análisis granulométrico de los materiales combinados (sin PEN).  
(GRADACION POR DISEÑO MAC – 2)**

Una vez encontrados nuestras gradaciones procedemos a usar las siguientes formulas según sus normativas y respetando sus parámetros.

**1) Peso Específico y Absorción:**

**a) Arena Chancada y Filler.**

**(NORMA ASTM C – 128; AASHTO T-84; MTC E-205).**

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{F}{(B + A - D)}$$

$$\text{Peso Específico Aparente Saturado Superficialmente Seco} = \frac{A}{(B + A - D)}$$

$$\text{Peso Específico Nominal} = \frac{F}{(B + F - D)}$$

$$\% \text{ ABSORCION} = \left( \frac{A - F}{F} \right) \times 100$$

$$\text{VOLUMEN DE MASA} = E - (A - F)$$

DONDE:

A: PESO DEL MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (AL AIRE)

B: PESO DEL FRASCO + AGUA

C: PESO DEL FRASCO + AGUA + A

D: PESO DEL MATERIAL + AGUA EN EL FRASCO

E: VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C – D

F: PESO DEL MATERIAL SECO (EN ESTUFA) 105°C

**b) AGREGADO GRUESO.**

**(NORMA ASTM C – 128; AASHTO T-84; MTC E- 205).**

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{D}{A - B}$$

$$\text{Peso Especifico Aparente Saturado Superficialmente seco} = \frac{A}{A - B}$$

$$\text{Peso Especifico Nominal} = \frac{D}{D - B}$$

$$\% \text{ Absorción} \left( \frac{A - D}{D} \right) \times 100$$

$$\text{VOLUMEN DE MASA} = C - (A - B)$$

DÓNDE:

A: PESO DEL MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (AL AIRE).

B: PESO DEL MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (EN AGUA).

C: VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = A - B

D: PESO DEL MATERIAL SECO EN ESTUFA (105°C).

**2) PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE LA MUESTRA (RICE).  
(ASTM D 2041; AASHTO T 209; MTC E - 508).**

$$\text{Diferencia de Pesos} = C - D$$

$$\text{Agua Desplazada} = B - C$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO} = \frac{D}{F}$$

DONDE:

A: PESO DEL FRASCO

B: PESO DEL FRASCO + AGUA (25°C)

C: PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (25°C)

D: PESO NETO DE LA MUESTRA

E: DIFERENCIA DE PESOS

F: AGUA DESPLAZADA

**3) PESO UNITARIO.**

**(ASTM D – 2726; MTC E – 514).**

$$\text{Volumen de Briqueta} = B - C$$

$$\text{Peso Unitario} = \frac{A}{\text{Vol. Briqueta}}$$

DÓNDE:

A: PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE.

B: PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.

C: PESO DE LA BRIQUETA SUMERGIDA EN EL AGUA A 25°C.

**4) VACIOS CON AIRE.**

**(ASTM D – 3203; MTC E – 505).**

$$100x \left( 1 - \frac{\text{Peso Específico Teórico Máximo}}{\text{Máxima Densidad Teórica}} \right)$$

**5) VACIOS DE AGREGADO MINERAL.**

**(MTC E – 504; AASHTO T – 245; ASTM D – 1559)**

$$100 - \frac{\text{Volumen Agregado}}{\text{Volumen Bruto de Briqueta}}$$

**6) VOLUMEN EFECTIVO/VOLUMEN BRIQUETA.**

**(MTC E – 504; AASHTO T – 245; ASTM D – 1559)**

$$100 - (\text{Vol. del Agregado} / \text{Vol. Bruto de Briqueta} + \text{Vacios con Aire}).$$

**7) VOLUMEN AGREGADO/VOLUMEN BRUTO DE BRIQUETA.**

**(MTC E – 504; AASHTO T – 245; ASTM D – 1559).**

*(Grava Triturada en Peso de Mezcla*

*+ Arenas Combinadas en Peso de Mezcla)*  $\times \frac{\text{Peso Específico Teórico Máximo}}{\text{Peso Nominal del Agregado Total}}$

**8) FLUJO.**

**(MTC E – 504; AASHTO T – 245; ASTM D – 1559).**

$$\text{Dial} \times \frac{2.54}{10}$$

**9) ESTABILIDAD DE FLUJO.**

**(MTC E – 504; AASHTO T – 245; ASTM D – 1559).**

$$\frac{\text{Estabilidad Corregida}}{\frac{\text{Flujo}}{10}}$$

**10) ESTABILIDAD CORREGIDA.**

**(MTC E – 504; AASHTO T – 245; ASTM D – 1559).**

*Asfalto Efectivo en Peso de Mezcla x Relacion Asfalto/Vacios.*

**11) ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE NÚCLEOS DE DIAMANTINA.**

**(ASTM C42 M).**

$$\text{Compactación Respecto al Marshall (\%)} = \frac{\text{Flujo de la Diamantina} \times 100}{\text{Flujo de Diseño Marshall}}$$

### 3.7. Aspectos éticos

En esta investigación se menciona diferentes informaciones enlazadas con mis variables, por lo tanto, se busca un beneficio para las poblaciones cercanas de este proyecto desde la Asociación San José hasta Rumichaca y las comunidades que se encuentran en medio.

Este trabajo fue posible gracias a los libros virtuales, físicos, manuales, normativas y tesis relacionadas que fueron de mucha ayuda.

La investigación contribuye a la ingeniería sobre todo en la región de Ayacucho para poder ejecutar asfaltos en caliente con materiales que se pueden conseguir cerca ya que el uso convencional de la Cal hidratada no está permitido en grandes proporciones por cuestión que es un narco-insumo, obtenerlo implica de muchos tramites, permisos, autorizaciones, entre otros y eso dilata el tiempo y por ende el presupuesto de una obra.

Para lo cual usaremos un espesor de pavimento flexible de 3" o 7.5cm según el criterio de la próxima tabla.

Tabla N°01: Espesores de la Carpeta Asfáltica para suelos no estables.

Tráfico de diseño EAL	Condición de tránsito	Espesor (cm)
$\leq 10^4$	Vías de tránsito liviano	7.5
$10^4 - 10^6$	Vías de tránsito medio	10
$\geq 10^6$	Vías de tránsito medio a pesado	12.5

Fuente: Ing. Figueroa (2016): Métodos del Instituto de Asfalto, Parámetros de Diseño.

Y para el tipo de cemento asfáltico usaremos las siguientes tablas:

Tabla N°02: Selección de cemento asfáltico por su altura.



Fuente: Repsol, sección de aditivos asfálticos.

Según la altura de nuestro lugar de trabajo nos corresponde usar el tipo de cemento asfáltico 85/100, ya que Ayacucho se encuentra a 2761 m.s.n.m. pero hay un punto importante, que en climas fríos se usa un distinto tipo de cemento asfáltico como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N°03: Selección del cemento asfáltico según el clima.

Pavimentación	CLIMA				
	Muy cálido	Cálido	Moderado	Frío	Frígido
<b>AEROPUERTOS</b>					
Pistas de despegue	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Camino auxiliares	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Aparcamientos	60-70	60-70	60-70	85-100	85-100
<b>CARRETERAS</b>					
Tráfico pesado y muy pesado	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Tráfico medio ligero	40-50	60-70	60-70	85-100	120-150
<b>CALLES</b>					
Tráfico pesado y muy pesado	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Tráfico medio ligero	40-50	60-70	85-100	85-100	120-150
<b>CAMINOS PARTICULARES</b>					
Industriales	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Comerciales Estac. Serv.	40-50	60-70	60-70	85-100	85-100
Residenciales	60-70	60-70	85-100	85-100	85-100
<b>APARCAMIENTOS</b>					
Industriales	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Comerciales	40-50	60-70	60-70	85-100	85-100
<b>ZONA DE RECREO</b>					
Pista de Tenis	60-70	60-70	85-100	85-100	85-100
Terrenos de juego	60-70	60-70	85-100	85-100	85-100
<b>BORDILLOS</b>	40-50	40-50	60-70	85-100	85-100

Fuente: Tesis “Aplicaciones de las Emulsiones Asfálticas y los Asfaltos Diluidos en Mezclas Asfálticas en frío Utilizando Agregados de Rio Aguaytía – Ucayali” UNI Medina Ramirez Victor.

Habiendo ya establecido nuestro tipo de cemento asfáltico (PEN), 120/150 ahora veremos sus características en la siguiente tabla.

Tabla N°04: Grado de penetración del cemento asfáltico.

Características	Ensayo	Grado de Penetración	
		120 – 150	
		Min.	Máx.
Penetración 25°C, 100 g, 5s,0.1 mm	MTC E 304	120	150

Fuente: MTC E 304.

#### IV. RESULTADOS:

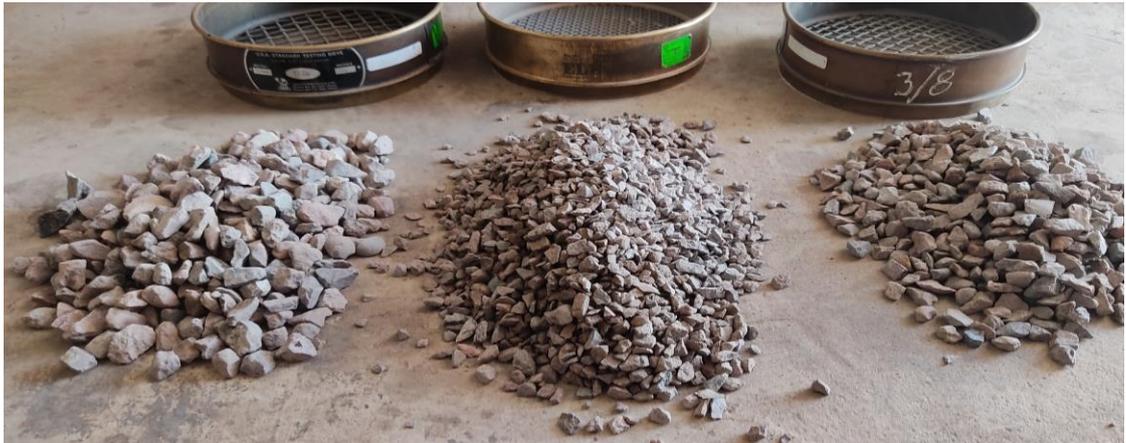
##### Memoria descriptiva.

El proyecto de tesis “Estudio del Diseño de Pavimento Flexible, Mediante el Diseño Asfáltico Utilizando Arena Natural, San José – Rumichaca, Ayacucho 2021”, este proyecto tuvo lugar de estudio en el distrito de Andres Avelino Cáceres. Lugar donde se logró conseguir los medios necesarios para poder experimentar con nuestros problemas generales y específicos planteados, contamos con las maquinarias, herramientas, equipos y personal técnico especializado en el área a investigar para poder encaminar este proyecto. Los equipos y maquinarias fueron calibradas anticipadamente y la certificación del cemento asfáltico (PEN) 120/150. Se anexaron las maquinarias utilizadas en el proyecto con evidencias fotográficas y así comprobar la veracidad de nuestra investigación.

##### Objetivo general.

Determinamos las propiedades de nuestros materiales con los tamizados para lograr ver sus gradaciones y conocer su curva granulométrica.

Figura N°01: Tamizado de materiales por mallas 3/4", 1/2" y 3/8".



Fuente propia.

### Análisis granulométrico por tamizado

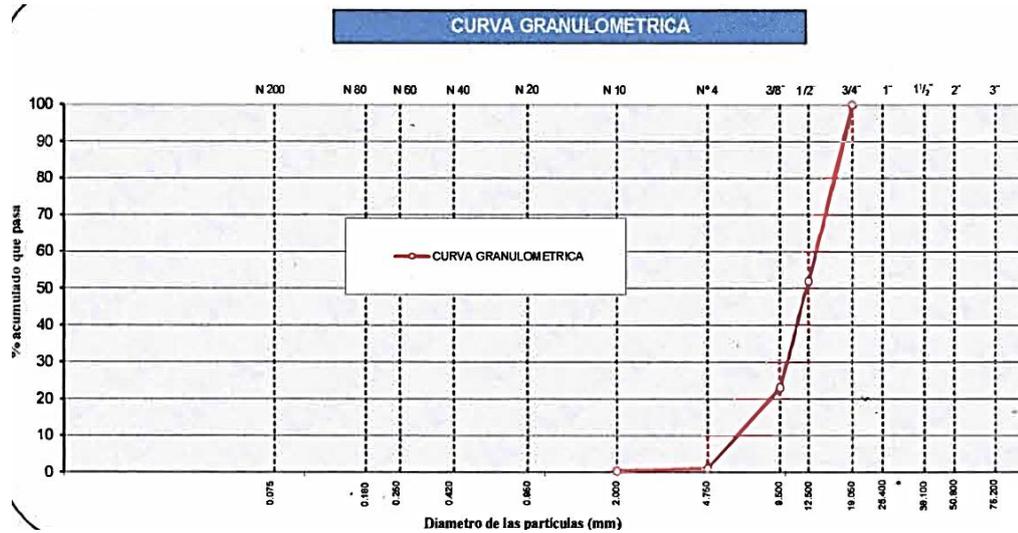
(Método MTC E 107 – AASTHO T- 89 y ASTM D – 22)

Tabla N°05: Gradación de Grava Chancada.

Estudio del diseño de pavimento flexible, mediante el diseño asfáltico utilizando arena natural, San José – Rumichacca, Ayacucho 2021.					
		CANTERA	GLORIETA		
		MATERIAL	GRAVA CHANCADA		PESO INICIAL = 5236
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET	%RET.AC.	%QUE PASA
ASTM	mm				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				100
1/2"	12.700	2510	47.9	47.9	52.1
3/8"	9.525	1510	28.8	76.8	23.1
N° 4	4.760	1156	22.1	98.9	1.1
N° 10	2.000	40	0.8	99.6	0.4
N°40	0.425	20	0.4	100	
N° 80	0.180				
N° 200	0.075				
< 200	-				

Fuente propia.

Gráfico N°01: Curva Granulométrica de la Grava Chancada.



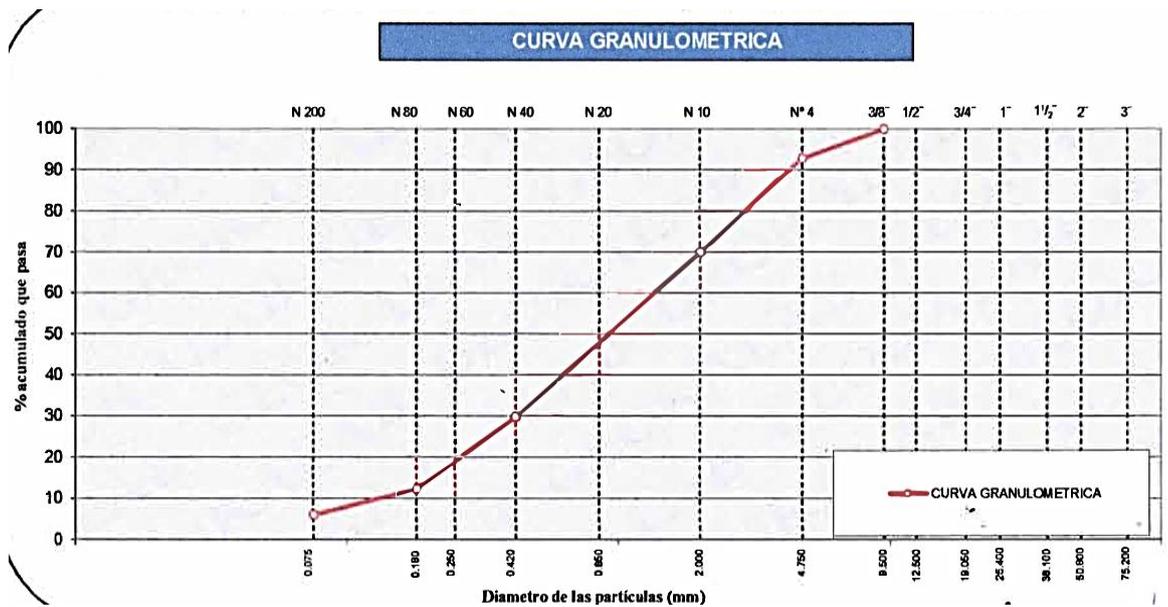
Fuente propia.

Tabla N°06 : Gradación de Arena Chancada.

Estudio del diseño de pavimento flexible, mediante el diseño asfáltico utilizando arena natural, San José – Rumichacca, Ayacucho 2021.					
CANTERA		GLORIETA			
MATERIAL		ARENA CHANCADA		1598	
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET	%RET.AC.	%QUE PASA
ASTM	mm				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				<b>100</b>
N° 4	4.760	111.9	7	7	<b>93</b>
N° 10	2.000	365.9	22.9	29.9	<b>70.1</b>
N° 40	0.425	643.2	40.3	70.2	<b>29.9</b>
N° 80	0.180	277.3	17.4	87.5	<b>12.5</b>
N° 200	0.075	102.3	6.4	93.9	<b>6.1</b>
< 200	-	97.5	6.1	100	

Fuente propia.

Gráfico N°02: Curva Granulométrica de la Arena Chancada.



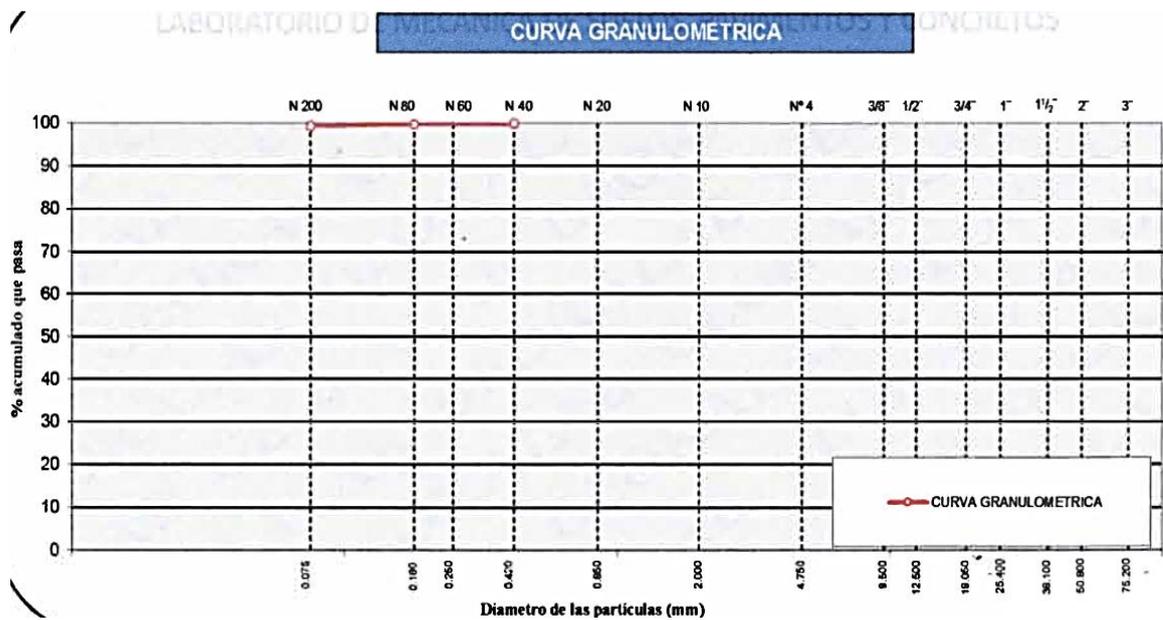
Fuente propia.

Tabla N°07: Gradación de la Cal Hidratada.

Estudio del diseño de pavimento flexible, mediante el diseño asfáltico utilizando arena natural, San José – Rumichacca, Ayacucho 2021.					
	CANTERA	GLORIETA			
	MATERIAL	CAL HIDRATADA		300	
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET	%RET.AC.	%QUE PASA
ASTM	mm				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
N° 4	4.760				
N° 10	2.000				
N°40	0.425				100
N° 80	0.180	0.6	0.2	0.2	99.8
N° 200	0.075	1.2	0.4	0.6	99.4
< 200	-	298.2	99.4	100	

Fuente propia.

Gráfico N°03: Gradación de la Cal Hidratada.



Fuente propia.

Tabla N°08: Gradación de la Arena Natural.

Estudio del diseño de pavimento flexible, mediante el diseño asfáltico utilizando arena natural, San José – Rumichacca, Ayacucho 2021.					
CANTERA		GLORIETA			
MATERIAL		ARENA NATURAL		1850	
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET	%RET.AC.	%QUE PASA
ASTM	mm				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				<b>100</b>
N° 4	4.760	285.8	15.5	15.5	<b>84.6</b>
N° 10	2.000	439.4	23.8	39.2	<b>60.8</b>
N°40	0.425	610.5	33	72.2	<b>27.8</b>
N° 80	0.180	290.5	15.7	87.9	<b>12.1</b>
N° 200	0.075	143.4	7.8	95.7	<b>4.4</b>
< 200	-	80.5	4.4	100	

Fuente propia.

Gráfico N°04: Curva granulométrica de la arena natural.



Fuente propia.

Después de hacer las gradaciones correspondientes lograremos dosificar de esta forma que nos indica la siguiente tabla para poder hacer nuestro diseño patrón (Cal hidratada) y compararlas con nuestros tres diseños (Arena natural). Sus porcentajes provienen de la selección de sus pesos por el diseño que necesitaremos para poder moldear una briqueta, el peso de cada briqueta es de 1200 gramos. Así que esas serán nuestras proporciones para someterlas a los demás ensayos.

Tabla N°09: Resumen de Dosificación.

DISEÑO 2% CAL HIDRATADA		
GRAVA CHANCADA	35%	420 g
ARENA CHANCADA	63%	756 g
ARENA NATURAL	2%	24 g
DISEÑO 2% ARENA NATURAL		
GRAVA CHANCADA	38%	456 g
ARENA CHANCADA	66%	792 g
ARENA NATURAL	2%	24 g
DISEÑO 7% ARENA NATURAL		
GRAVA CHANCADA	33%	396 g
ARENA CHANCADA	60%	720 g
ARENA NATURAL	7%	84 g
DISEÑO 12% ARENA NATURAL		
GRAVA CHANCADA	29%	348 g
ARENA CHANCADA	59%	708 g
ARENA NATURAL	12%	144 g

Fuente propia.

### Primer objetivo específico.

Determinamos las propiedades de nuestros materiales ahora mezclados con los tamizados para lograr ver sus gradaciones en conjunto para conocer su curva granulométrica y así compararlas con nuestros parámetros MAC – 2.

### Dosificación y Análisis Granulométrico por Tamizado.

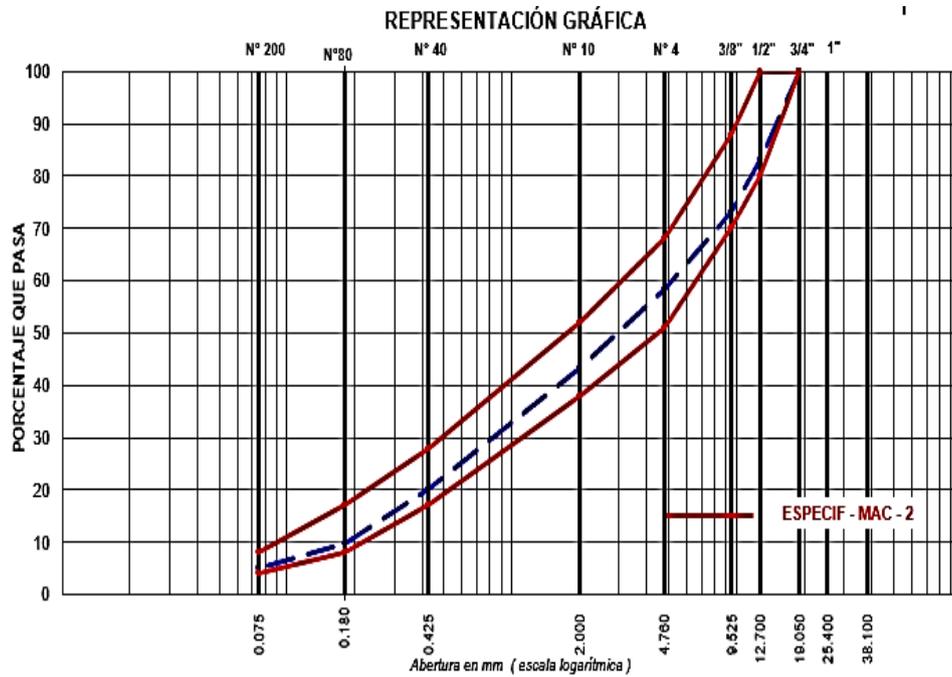
(Método MTC E 107 – AASTHO T- 89 y ASTM D – 22).

Tabla N°10: Gradación con 2% de Cal hidratada comparado con el MAC - 2.

RESPETANDO EL DISEÑO 2% DE CAL HIDRATADA.										
		Grava		Arena		Filler				
TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	% Retenido	PORCENTAJE 35	% Retenido	PORCENTAJE 63	% Retenido	PORCENTAJE 2	%RET. ACUM.	ACUMULADO	% QUE PASA
11/2"	38.100									MAC-2
1"	25.400									100
3/4"	19.050	0.0	0.0							100
1/2"	12.700	47.9	16.8					16.8	16.8	83.2
3/8"	9.525	28.8	10.1					10.1	26.8	73.2
N° 4	4.760	22.1	7.7	11.3	7.1			14.8	41.7	58.3
N° 10	2.000	0.8	0.3	23.4	14.7			15.0	56.7	43.3
N°40	0.425	0.4	0.1	36.7	23.1			23.2	79.9	20.1
N° 80	0.180			16.6	10.4	0.2	0.004	10.4	90.3	9.7
N° 200	0.075			7.1	4.5	0.4	0.008	4.5	94.8	5.2
< 200	-			5.1	3.2	99.4	1.988	5.2	100	-
		100.0	35.0	100.0	63.0	100.0	2.0	100		

Fuente propia.

Gráfico N° 05: Curva granulométrica con 2% Cal hidratada comparado con el MAC - 2.



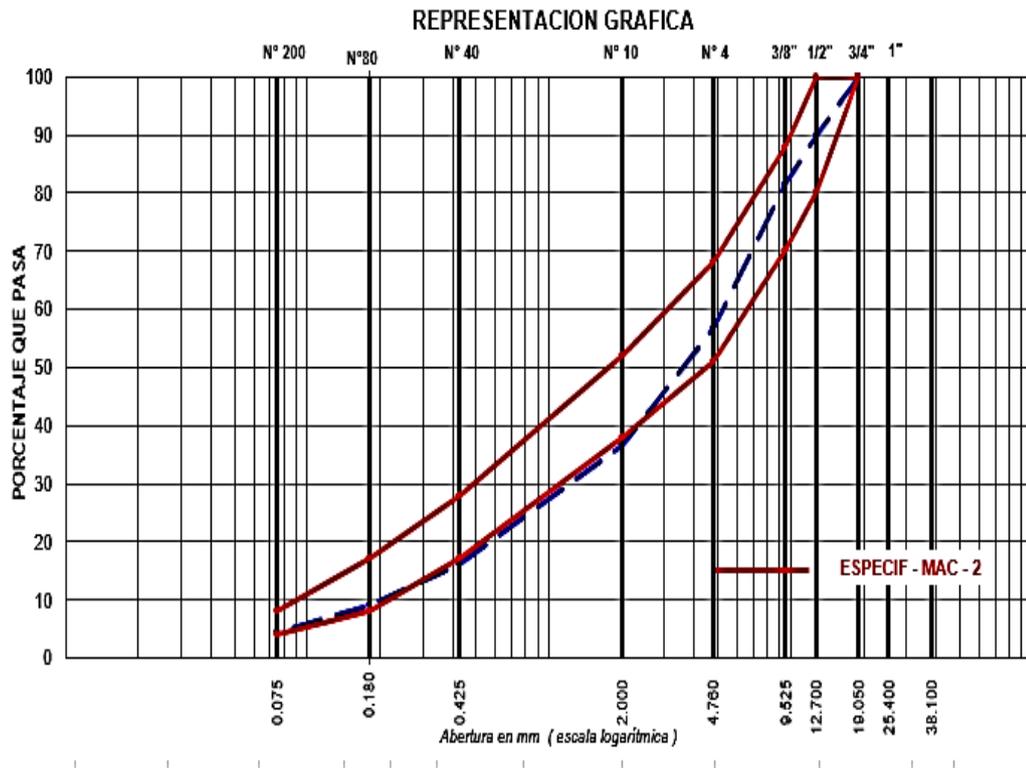
Fuente propia.

Tabla N°11: Gradación con 2% arena natural comparado con el MAC - 2.

<b>RESPETANDO EL DISEÑO 2% ARENA NATURAL</b>											
TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	Grava Chancada		Arena Chancada		Arena Natural		%RET. ACUM.	ACUMULADO	% QUE PASA	
		% Retenido	PORCENTAJE 38	% Retenido	PORCENTAJE 60	% Retenido	PORCENTAJE 2				
1 1/2"	38.100										MAC-2
1"	25.400									100	100 - 100
3/4"	19.050	0.0	0.0							100	80 - 100
1/2"	12.700	26.8	10.2					10.2	10.2	89.8	70 - 88
3/8"	9.525	21.9	8.3					8.3	18.5	81.5	51 - 68
N° 4	4.760	36.9	14.0	17.9	10.7	2.7	0.054	24.8	43.3	56.7	38 - 52
N° 10	2.000	8.3	3.2	28.0	16.8	3.3	0.066	20.0	63.3	36.7	17 - 28
N° 40	0.425	6.1	2.3	29.4	17.6	26.0	0.52	20.5	83.8	16.2	8 - 17
N° 80	0.180			11.1	6.7	22.4	0.448	7.1	90.9	9.1	4 - 8
N° 200	0.075			7.6	4.6	8.8	0.176	4.7	95.7	4.3	
< 200	-			6.0	3.6	36.8	0.736	4.3	100	-	
		100.0	38.0	100.0	60.0	100.0		100.0			

Fuente propia.

Gráfico N°06: Curva granulométrica con 2% arena natural comparado con el MAC - 2.



Fuente propia.

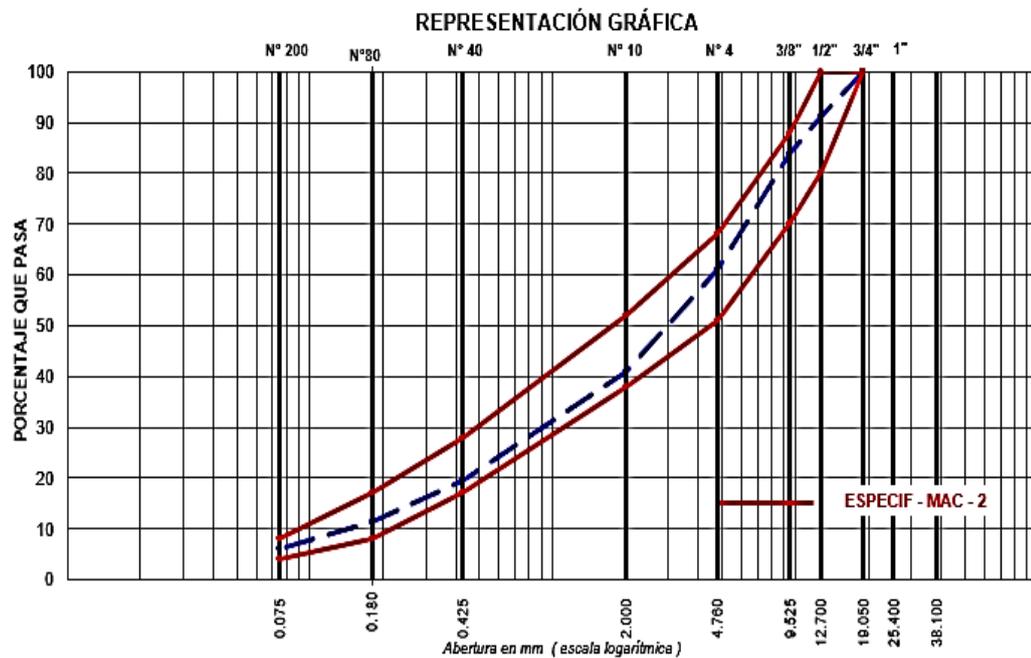
Tabla N°12: Gradación con 7% arena natural comparado con el MAC – 2.

**RESPETANDO EL DISEÑO 7% DE FILLER**

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	Grava		Arena		Filler		%RET. ACUM.	ACUMULADO	% QUE PASA	MAC-2
		% Retenido	PORCENTAJE 33	% Retenido	PORCENTAJE 60	% Retenido	PORCENTAJE 7				
1 1/2"	38.100										100
1"	25.400									100	100 - 100
3/4"	19.050									100	100 - 100
1/2"	12.700	26.8	8.8					8.8	8.8	91.2	80 - 100
3/8"	9.525	21.9	7.2					7.2	16.1	84.0	70 - 88
N° 4	4.760	36.9	12.2	17.9	10.7	2.7	0.189	23.1	39.2	60.9	51 - 68
N° 10	2.000	8.3	2.7	28.0	16.8	3.3	0.231	19.8	58.9	41.1	38 - 52
N° 40	0.425	6.1	2.0	29.5	17.7	26.0	1.82	21.5	80.5	19.6	17 - 28
N° 80	0.180			11.1	6.7	22.4	1.568	8.2	88.7	11.3	8 - 17
N° 200	0.075			7.6	4.6	8.8	0.616	5.2	93.9	6.2	4 - 8
< 200	-			6.0	3.6	36.5	2.555	6.2	100	-	
		100.0	33.0	100.1	60.1	99.7	7.0	100.0			

Fuente propia.

Gráfico N°07: Gradación con 7% de arena natural comparado con el MAC –  
2.



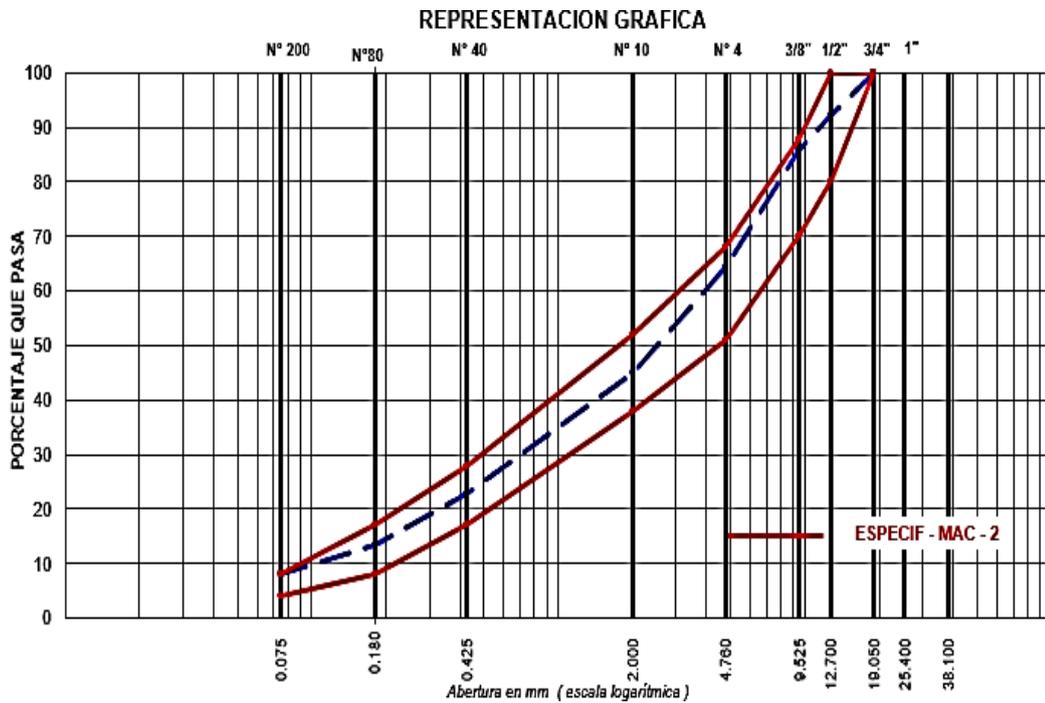
Fuente propia.

Tabla N°13: Gradacion con 12% de arena natural comparado con el MAC –  
2.

<b>MODIFICADO CON AUMENTO DE FILLER AL 12%</b>										
TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	Grava		Arena		Filler		%RET. ACUM.	ACUMULADO	% QUE PASA
		% Retenido	PORCENTAJE 29	% Retenido	PORCENTAJE 59	% Retenido	PORCENTAJE 12			
11/2"	38.100									MAC-2
1"	25.400									100
3/4"	19.050									100 - 100
1/2"	12.700	26.8	7.8					7.8	7.8	92.2
3/8"	9.525	21.9	6.4					6.4	14.1	85.9
N° 4	4.760	36.9	10.7	17.9	10.6	2.7	0.324	21.6	35.7	64.3
N° 10	2.000	8.3	2.4	28.0	16.5	3.3	0.396	19.3	55.0	45.0
N°40	0.425	6.1	1.8	29.4	17.3	26.0	3.12	22.2	77.3	22.7
N° 80	0.180			11.1	6.5	22.4	2.688	9.2	86.5	13.5
N° 200	0.075			7.6	4.5	8.8	1.056	5.5	92.0	8.0
< 200	-			6.0	3.5	36.8	4.416	8.0	100	-
		100.0	29.0	100.0	59.0	100.0	12.0	100.0		

Fuente propia.

Gráfico N°08: Gradación con 12% de arena natural comparado con el MAC  
 – 2.



Fuente propia.

Respondiendo a nuestro problema específico N°01 de nuestra matriz de consistencia, comprobamos que usar 2% de arena natural no cumple con los parámetros del MAC-2. Pero de todos modos haremos su diseño Marshall para compararlo con los demás ensayos que siguen.

En cuanto al 12% de arena natural hay un aproximado a los límites en los tamices 3/8" y N°4.

Tabla N°14: Resumen de resultados MAC – 2.

2% CAL H.			2% ARENA NATURAL		
TAMIZ	% PASA	MAC - 2	TAMIZ	% PASA	MAC - 2
1"		100	1"		100
3/4"	100	100-100	3/4"	100	100-100
1/2"	83.2	80-100	1/2"	89.8	80-100
3/8"	73.2	70-88	3/8"	81.5	70-88
N°4	58.3	51-68	N°4	56.7	51-68
N°10	43.3	38-52	N°10	36.7	38-52
N°40	20.1	17-28	N°40	16.2	17-28
N°80	9.7	8 -17	N°80	9.1	8 -17
N°200	5.2	4 - 8	N°200	4.3	4 - 8

7% ARENA NATURAL			12% ARENA NATURAL		
TAMIZ	% PASA	MAC - 2	TAMIZ	% PASA	MAC - 2
1"		100	1"		100
3/4"	100	100-100	3/4"	100	100-100
1/2"	91.2	80-100	1/2"	92.2	80-100
3/8"	84	70-88	3/8"	85.9	70-88
N°4	60.9	51-68	N°4	64.3	51-68
N°10	41.1	38-52	N°10	45	38-52
N°40	19.6	17-28	N°40	22.7	17-28
N°80	11.3	8 -17	N°80	13.5	8 -17
N°200	6.2	4 - 8	N°200	8	4 - 8

Fuente propia.

### Segundo objetivo específico.

Determinamos las propiedades con los materiales independientemente antes de la mezcla, pero lo colocamos en este capítulo porque sus resultados son mas necesarios para aquí para nuestros resultados del ensayo Marshall.

## Peso Específico y Absorción de los Agregados.

Tabla N°15: Peso específico y absorción de la arena natural.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE ARENA NATURAL						
NORMA ASTM C-128 AASHTO T-84 MTC E-205						
MUESTRA	und	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO	
A PESO DEL MATERIAL SAT. SUP. SECO (AL AIRE)	gr	350.0	350.0	350.0		
B PESO DEL FRASCO + AGUA	gr	680.9	667.2	646.3		
C PESO DEL FRASCO + AGUA + A	gr	1030.9	1017.2	996.3		
D PESO DEL MATERIAL + AGUA EN EL FRASCO	gr	898.1	884.4	863.6		
E VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	gr	132.8	132.8	132.7		
F PESO DEL MATERIAL SECO EN ESTUFA (105°C)	gr	348.5	348.4	348.5		
VOLUMEN DE MASA = E - (A-F)	gr	131.3	131.2	131.2		
PESO ESP. APARENTE = $F/(B+A-D)$	gr/cc	2.624	2.623	2.626	2.625	
PESO ESP. APARENTE SAT. SUP. SECO = $A/(B+A-D)$	gr/cc	2.636	2.636	2.638	2.636	
PESO ESP. NOMINAL = $F/(B+F-D)$	gr/cc	2.654	2.655	2.656	2.655	
% ABSORCION = $((A-F)/F)*100$	%	0.430	0.459	0.430	0.440	

Cumple % Máximo permitido en mezclas asfálticas EG - 2013

Fuente propia.

Tabla N°16: Peso específico y absorción de la Cal hidratada.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LA CAL HIDRATADA						
NORMA ASTM C-128 AASHTO T-84 MTC E-205						
MUESTRA	und	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO	
A PESO DEL MATERIAL SAT. SUP. SECO (AL AIRE)	gr	350.0	350.0	350.0		
B PESO DEL FRASCO + AGUA	gr	684.5	688.7	689.5		
C PESO DEL FRASCO + AGUA + A	gr	1030.9	1017.2	996.3		
D PESO DEL MATERIAL + AGUA EN EL FRASCO	gr	899.2	895.7	898.1		
E VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	gr	131.7	121.5	98.2		
F PESO DEL MATERIAL SECO EN ESTUFA (105°C)	gr	348.9	349.6	348.9		
VOLUMEN DE MASA = E - (A-F)	gr	130.6	121.1	97.1		
PESO ESP. APARENTE = $F/(B+A-D)$	gr/cc	2.579	2.445	2.467	2.497	
PESO ESP. APARENTE SAT. SUP. SECO = $A/(B+A-D)$	gr/cc	2.587	2.448	2.475	2.503	
PESO ESP. NOMINAL = $F/(B+F-D)$	gr/cc	2.600	2.452	2.487	2.513	
% ABSORCION = $((A-F)/F)*100$	%	0.315	0.114	0.315	0.248	

Fuente propia.

Tabla N°17: Peso específico y absorción del agregado grueso.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO						
NORMA ASTM C-128 AASHTO T-84 MTC E-205						
MUESTRA		und	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO
A	PESO DE MATERIAL SAT. SUP. SECO (AL AIRE)	gr	2000.0	2000.0	2000.0	
B	PESO DE MATERIAL SAT. SUP. SECO (EN AGUA)	gr	1239.1	1238.5	1238.7	
C	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = A - B	gr	760.9	761.5	761.3	
D	PESO DEL MATERIAL SECO EN ESTUFA (105°C)	gr	1981.2	1982.00	1982.00	
	VOLUMEN DE MASA = C -(A-D)	gr	742.1	743.5	743.3	
	PESO ESP. APARENTE = D/(A-B)	gr/cc	2.604	2.603	2.603	2.603
	PESO ESP. APARENTE SAT. SUP. SECO = A/(A-B)	gr/cc	2.628	2.626	2.627	2.627
	PESO ESP. NOMINAL = D/(D-B)	gr/cc	2.670	2.666	2.666	2.667
	% ABSORCION = ((A-D)/D)*100	%	0.949	0.908	0.908	0.922
Cumple % Máximo permitido en mezclas asfálticas EG-2013						
Mezcla de arenas para peso específico y absorcion del agregado fino						
Mezcla de agregados para peso específico y absorcion del agregado grueso						

Fuente propia.

### Peso Específico Teórico Máximo de la Muestra – RICE

Tabla N°18: Ensayo RICE para las dosificaciones de 2% Cal hidratada y 2%, 7% y 12% de arena natural.

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC - 2					
MUESTRA		2% CAL H	2% A.N	7% A.N.	12% A.N.
	TIPO DE MEZCLA	MAC - 2	MAC - 2	MAC - 2	MAC - 2
	% DE ASFALTO	6.00	6.00	6.00	6.00
A	PESO DEL FRASCO	3582.0	3582.0	3582.0	3582.0
B	PESO DEL FRASCO + AGUA (25°C)	7943.0	7943.0	7943.0	7943.0
C	PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (25°C)	8673.0	8685.2	8675.1	8651.5
D	PESO NETO DE LA MUESTRA	1238.7	1260.5	1242.8	1201.3
E	DIFERENCIA DE PESOS (C-D)	7434.3	7424.7	7432.3	7450.2
F	AGUA DESPLAZADA (B-C)	508.7	518.3	510.7	492.8
	PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE LA MUESTRA (D/F)	2.435	2.432	2.434	2.438

Fuente propia.

Determinamos los ensayos que van directamente relacionados con nuestro diseño Marshall.

## Ensayo de diseño Marshall (EG – 2013).

Tabla N°19: Tabla de diseño Marshall.

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC - 2								
ENSAYO			CALCULOS					
TIPO DE MEZCLA								
1	NUMERO DE BRIQUETA	N°	CAL H.	2%	7%	12%	PARAMETROS MAC - 2 (+/-0.2%)	
2	CEMENTO ASFALTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	6	6	6	6		
3	GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA (MAYOR A N°4)	%	35	38	33	29		
4	ARENAS COMBINADAS EN PESO DE LA MEZCLA (MENOS N°4)	%	63	60	60	59		
5	FILLER O FINO EN PESO DE LA MEZCLA (MINIMO 65% PASA LA MALLA N°200)	%	2	2	7	12		
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL CEMENTO ASFALTICO	gr/cc	1.020	1.020	1.020	1.020		
7	PESO ESPECIFICO APARENTE > N°4 (ASTM C-127; AASHTO T-85; MTC E-206)	gr/cc	2.603	2.603	2.603	2.603		
8	PESO ESPECIFICO NOMINAL DE GRAVA >N°4 (ASTM C-127; AASHTO T-85; MTC E - 206)	gr/cc	2.667	2.667	2.667	2.667		
9	PESO ESPECIFICO APARENTE <N°4 (ASTM C-128; AASHTO T-84; MTCE-205)	gr/cc	2.625	2.625	2.625	2.625		
10	PESO ESPECIFICO NOMINAL ARENA < N°4 (ASTM C-128; AASHTO T-84; MTC E-205)	gr/cc	2.655	2.655	2.655	2.655		
11	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	2.497	2.650	2.650	2.650		
12	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE	gr	1222.0	1218.7	1217.6	1228.0		
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	1245.0	1220.6	1222.9	1247.3		
14	PESO DE LA BRIQUETA SUMERGIDA EN EL AGUA A 25°C	gr	689.3	689.3	693.4	691.0		
15	VOLUMEN DE BRIQUETA	cc	555.7	531.3	529.4	556.3		
16	PESO UNITARIO (ASTM D-2726; MTC E-514)	cc	2.199	2.294	2.300	2.207	RICE 3 - 5	
17	PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO (ASTM D-2041; T-209; MTC E-508)	cc	2.435	2.432	2.434	2.438		
18	MAXIMA DENSIDAD TEORICA	cc	2.534	2.575	2.538	2.495		
19	VACIOS CON AIRE (ASTM D-3203; MTC E-505)	%	3.9	5.6	4.1	2.3		
20	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc	2.458	2.460	2.462	2.464		
21	PESO ESPECIFICO NOMINAL DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc	2.591	2.594	2.593	2.592		
22	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc	2.353	2.345	2.071	1.833		
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	%	0.25	0.39	0.28	0.17		
24	VOL. DEL AGREGADO/VOL. BRUTO DE LA BRIQUETA	%	83.50	78.00	81.20	87.10		
25	VOL. DE ASFALTO EFECTIVO/VOL. DE BRIQUETA	%	12.59	16.45	14.70	10.62		
26	VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (V.M.A.)	%	16.50	22.00	18.80	12.90	Min. 14	
27	ASFALTO EFECTIVO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.8	5.6	5.7	5.9		
28	RELACION ASFALTO - VACIOS	%	76.322	74.757	78.204	82.290		
29	FLUJO (0.01 PULGADA)	Dial*2.54/10	plg	3.0	2.0	3.3	4.1	2 - 4
30	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1371.10	985.60	1350.20	1569.60	Min. 815	
31	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	439.23	419.97	448.86	481.43		
32	VACIOS LLENADOS CON CEMENTO ASFALTICO	%	76.32	74.76	78.20	82.29		
33	ESTABILIDAD DE FLUJO	kg/cm	1895.6	1489.4	2781.5	4250.2	1700 - 4000	
34	DIAL 0.25mm	pulg	12	8	13	16	8 - 14	

Fuente propia.

### RESUMEN:

Mostrando nuestra pregunta de nuestro problema específico N°02. Obtenemos los resultados que comparando con nuestro diseño patrón de 2% Cal Hidratada, el único que también cumple con todos los estándares Marshall es nuestro diseño de mezcla con 7% de Arena natural, mientras los demás no cumplen en uno u otro aspecto.

Tabla N°20: Resumen de los ensayos Marshall.

ENSAYO	Und	2% Cal H.	2% A.N.	7% A.N.	12% A.N.	Parametros Marshall
Vacios con Aire	%	3.9	5.6	4.1	2.3	3-5
Vacios Agregado Mineral	%	16.5	22	18.8	12.9	Mín. 14
Flujo	plg	3.0	2.0	3.3	4.1	2 - 4
Estabilidad de Flujo	Kg/cm	1895.6	1489.4	2781.5	4250.2	1700-4000
Dial	Pulg	12	8	13	16	8 - 14

Fuente propia.

### Ensayo de diamantina (ASTM C42 M).

Procedemos a extraer 7 núcleos de diamantina en puntos aleatorios, pero de los cuales solo 3 lo someteremos a la prensa Marshall para su respectiva rotura. Arrojándonos los siguientes resultados.

Tabla N°21: Resultados del ensayo de diamantina.

cc		prog.	altura de testigo (cm) según MTC E 501	Peso de testigo seco en el aire (g)	Peso del testigo al agua (g)	Peso del testigo desplazado (g)	Peso del volumen del testigo (g)	Peso específico aparente	Peso unitario del espécimen (g/cm <sup>3</sup> )	Flujo 2781.5 7%	Compactación % (respecto al Marshall) 2.300 7%	NOTA (Req. 98%)
N°	Eje	km		A	B	C	B-C	A/(B-C)				
01	IZQ	0+100	7.1	1225	966.4	545.1	421.3	2.908	2.247	2717.8	97.7	NO CUMPLE
02	DER	1+580	8.5	1265	1297.2	558.5	738.7	1.712	2.265	2739.2	98.5	CUMPLE
03	MED	2+900	7.8	1252	1136.6	551.5	585.1	2.140	2.270	2745.4	98.7	CUMPLE

Fuente propia.

RESUMEN: En el siguiente cuadro vemos que uno de los ensayos sometidos a la rotura Marshall no cumplió con la comparación de nuestra compactación Marshall sacado en nuestra briqueta de laboratorio, pero vemos la altura de esta muestra y vemos que está por debajo de nuestro espesor diseñado que es 3" o 7.5cm, el cual nos indica que si llegara a su espesor mínimo efectivo nos daría una compactación efectiva ya que para el espesor resultante se nos acerca bastante la compactación de la muestra de diamantina.

Tabla N°22: Resumen de nuestro estudio de comparación de núcleos de diamantina.

N°	ALTURA NUCLEO cm	ALTURA DISEÑO cm	FLUJO NUCLEO Kg/cm	FLUJO DISEÑO Kg/cm	COMP. RESPECTO A DISEÑO %	NOTA (REQ.98%min)
01	7.1	7.5	2717.76	2781.5	97.7	NO CUMPLE
02	8.5	7.5	2739.17	2781.5	98.5	CUMPLE
03	7.8	7.5	2745.42	2781.5	98.7	CUMPLE

Fuente propia.

## V. DISCUSIÓN

- tenemos una similitud en resultados con nuestro antecedente internacional, con María Alejandra, que con el método tipo aplicada y diseño práctico, en donde le sale un resultado similar del 6.2% de material de filler funcional, que permita cumplir los parámetros Marshall que nos permite cumplir las normativas a comparación similar de nuestro resultado que es 7% de arena natural.
- La comparación con nuestro antecedente nacional es con Saul Ñahui y José Sedano que obtuvieron dosificaciones de filler con arena natural en proporciones de 2.52%, 2.55 y 2.92% a comparación de nuestros resultados que obtenemos un parámetro de 7%.
- La limitación que se pudo notar a comparación de nuestro antecedente nacional es que los resultados son muy diferentes, esto se puede deber al tipo de cantera de donde son extraídos nuestros materiales.
- Tenemos un diseño matriz con dosificaciones que incluye cal hidratada como material de filler; pero al hacer nuestros diseños reemplazado ese material llenante con proporciones de 2% y 12% nos dieron resultados en contra. Así que lo más factible es usar una dosificación de 7% de arena natural.

## **VI. CONCLUSIONES**

- Después de discutir los resultados de la investigación realizada, llegamos a la conclusión de que en nuestros resultados podemos notar que funcionó nuestra dosificación de 7% de arena natural y cumplió los mismos parámetros de nuestro diseño matriz de 2% cal hidratada, así que podríamos plantear el margen o límites cercanos a 7% hasta donde nos cumple estos parámetros.
- de nuestros resultados logramos concluir que los 3 diseños de distinta gradación: 2%, 7% y 12%. Solo uno de ellos cumplió cabalmente a nuestras hipótesis planteadas general y específicamente
- En nuestra investigación se logró demostrar la hipótesis, donde nos indica que podemos realizar un diseño de mezcla asfáltica reemplazando cal hidratada por arena natural, como material de filler, en proporciones adecuadas.
- se lograron llegar a los objetivos deseados, se tuvieron que diseñar 3 dosificaciones de diferente gradación y probar cuál de ellos me cumple los parámetros que nuestras normativas nos mandan.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- De nuestro resultado de 7% de dosificación en arena natural y sus parámetros que fallaron por +/-5% (2% y 12% de arena natural); podemos disminuir ese margen de falla haciendo más ensayos en dosificaciones futuras.
- Nuestro diseño final tiene los siguientes parámetros: 33% grava chancada; 60% arena chancada y 7% de arena natural con un 6% de pen (+/-0.2%) para cumplir el parámetro del mac-2; y así moldear nuestras briquetas con el método Marshall y obtener 4.1% de vacíos de aire; 18.8% de vacíos en agregado mineral; 3.3kg/cm de flujo; 2781.5 de estabilidad de flujo y marcándonos un 13 x0.25mm de pulgada en el dial.

## REFERENCIAS

1. *Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte.* **Kikut Cruz, Karina, Baldi, Alejandra y Elizondo Salas , Ana Luisa. 2020.** 39, Costa Rica : Revista Infraestructural Vial, 2020, Vol. 22.
2. **Brañez Cochachi, Edison Marbin. 2020.** Universidad Nacional del Centro del Perú. *Universidad Nacional del Centro del Perú.* [En línea] 2020.  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6969/T010\\_46491887\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6969/T010_46491887_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
3. **Comunicaciones, Ministerio de Transportes y. 2015.** *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN.* Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015.
4. **CONCYTEC. 2018.** Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. *Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.* [En línea] 2018.  
[https://portal.concytec.gob.pe/images/noticias/Manual\\_del\\_Reglamento\\_RENACYT\\_1.pdf](https://portal.concytec.gob.pe/images/noticias/Manual_del_Reglamento_RENACYT_1.pdf).
5. **Escobar Bellido, Luis y Huincho Ochoa, Jesús. 2017.** Universidad Nacional de Huancavelica. *Universidad Nacional de Huancavelica.* [En línea] 2017. [Citado el: 10 de 02 de 2020.]  
<https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1388>.
6. **Gómez Hernández , Juan Manuel y Solano Gómez, Diego Hernan. 2016.** Universidad Católica de Colombia. *Universidad Católica de Colombia.* [En línea] 2016.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/8321/4/DOCUMENTO-TRABAJO-DE-GRADO.pdf>.
7. **Gutierrez Ventura, Limber. 2017.** Universidad Cesar Vallejo. *Universidad Cesar Vallejo.* [En línea] 2017.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27170>.

8. **INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. 2005.** SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. *SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES*. [En línea] 2005. <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt271.pdf>. 0188-7297.
9. **Monsalve Escobar, Lina Mercedes, Giraldo Vasquez, Laura Cristina y Maya Gavira, Jessyca. 2012.** Universidad de Quindío. *Universidad de Quindío*. [En línea] 2012. [https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29\\_03-02-0798398.pdf](https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29_03-02-0798398.pdf).
10. **Murillo Garay, Heydi Vanessa, Peña díaz, Angie Carolina y Suarez Vanegas, Camilo Alberto. 2020.** Corporación Universitaria Minuto de Dios. *Corporación Universitaria Minuto de Dios*. [En línea] 2020. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/12061/1/T.IC\\_MurilloHeydi-Pe%c3%b1aAngie-SuarezCamilo\\_2020.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/12061/1/T.IC_MurilloHeydi-Pe%c3%b1aAngie-SuarezCamilo_2020.pdf).
11. **Padilla Rodríguez, Alejandro.** Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*. [En línea] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>.
12. **Reyes Tacza , Gustavo. 2020.** Universidad Peruana los Andes. *Universidad Peruana los Andes*. [En línea] 2020. [Citado el: 2021 de 12 de 12.] <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2054>.
13. **Rondón Quintana, Hugo Alexaner y Reyes Lizcano, Fredy Alberto. 2007.** Ciencia e Ingeniería Neogranadina . *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* . [En línea] Diciembre de 2007. [file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Dialnet-MethodologiasDeDisenoDePavimentosFlexibles-2512197%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Dialnet-MethodologiasDeDisenoDePavimentosFlexibles-2512197%20(2).pdf). 0124-8170.

## ANEXOS

### 1) MATRIZ DE CONSISTENCIA.

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>							
<b>Estudio del diseño de pavimento flexible, mediante el diseño asfáltico utilizando arena natural, San José – Rumichacca,</b>							
PROBLEMA GENERAL.	OBJETIVO GENERAL.	HIPOTESIS GENERAL.	VARIABLE INDEPENDIENTE.	DIMENSIONES.	INDICADORES.	INSTRUMENTOS.	
¿Como realizar el diseño asfáltico para el pavimento flexible con la utilización de arena natural en 2%, 7% y 12% y compararla con un diseño de Cal Hidratada en 2%?	Determinar las propiedades físicas de un diseño de un pavimento flexible utilizando arena natural como material de filler.	Con este diseño se busca diseñar un asfalto con arena natural de cantera en vez de Cal hidratada; como material de filler en la ciudad de Ayacucho.	Cal hidratada.	Dosificación (2% de Cal Hidratada).	Proporcionamiento.	Balanza.	
			Arena natural.	Dosificación (2% de arena natural).			
				Dosificación (7% de arena natural).		Tamiz.	
				Dosificación (12% de arena natural).			
PROBLEMA ESPECÍFICO.	OBJETIVO ESPECÍFICO.	HIPOTESIS ESPECÍFICAS.	VARIABLE DEPENDIENTE.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿Cuál es la dosificación de la arena natural como material de filler para obtener un diseño de pavimento flexible?	Determinar la dosificación de la arena natural como material de filler para obtener un diseño de pavimento flexible.	Se conseguirá la dosificación optima de arena natural para obtener un diseño de pavimento flexible.	Pavimento flexible con arena natural.	Diseño asfáltico.	Grava chancada (kg).	Gradación tipo MAC - 2 (EG- 2013).	
¿Cuáles son las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural?	Determinar las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural.	Se logrará determinar las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural.			Propiedades del pavimento flexible.		Arena chancada (kg).
							Arena natural y Cal hidratada (kg).
¿Cuáles son las propiedades del pavimento flexible después del plantado en campo?	Determinar las propiedades del pavimento flexible después del plantado en campo.	Se logrará determinar las propiedades del pavimento flexible con el uso de arena natural después del plantado en campo.	Propiedades del pavimento flexible después del plantado en campo.	Compactación respecto al Marshall (%)	Ensayo de extraccion de nucleos de diamantinas. (ASTM C42 M).		

## 2) Operacionalización de Variables.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.						
"Estudio del diseño de pavimento flexible, mediante el diseño asfáltico utilizando arena natural, San José – Rumichacca, Ayacucho 2021".						
VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN.	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
INDEPENDIENTE						
CAL HIDRATADA.	Según Aguilar comentó que la Cal es conglomerante aéreo obtenido por calcinación de material calizo y posterior apagado de los oxidos formados con agua. (2016. p.27)	Se empleará la arena natural en reemplazo parcial de la Cal hidratada como material de filler, en diferentes porcentajes con la finalidad de obtener un pavimento flexible óptimo y funcional que cumpla nuestras normativas.	Dosificación ( 2% Cal Hidratada).	Proporcionamiento.	De intervalo.	Tipo de Investigación: Aplicada.
			Dosificación ( 2% Arena Natural).			Diseño de Investigación: Cuasi Experimental.
			Dosificación ( 7% Arena Natural).			Nivel de Investigación: Explicativo.
			Dosificación ( 12% Arena Natural).			
ARENA NATURAL.	El MTC comentó que el agregado fino está compuesto por arenas para el uso del asfalto bajo las proporciones establecidas en diseño y aprobado adecuadamente. (2013. p.470).					
DEPENDIENTE: Pavimento flexible con arena natural.	ASTM nos dice que el agregado fino es considerado como arena natural, arena manufacturada o la combinación de ambos, sirve como material de filler o relleno. (2003, vol. 04.02.).	De acuerdo a los diseños de mezclas utilizados, se podrá obtener distintas características del pavimento flexible. Debido a que el asfalto es un material permeable, se usa este material de filler para poder quitar mayor porcentaje de vacios y hacer más denso al pavimento flexible y así a la vez evitar que se agriete sin que se ahuelle y tenga un comportamiento óptimo.	Diseño asfáltico.	Grava chancada (kg).	De intervalo.	Enfoque de Investigación: Cuantitativo.
				Arena chancada (kg).		
				Arena natural y Cal hidratada (kg).		
				Cemento asfáltico o PEN (%)		
			Propiedades del pavimento flexible.	Vacios con Aire(%).		Población: Producción de pavimento flexible utilizando arena natural.
				Vacios Agregado Mineral(%).		
				Flujo(%).		
				Estabilidad de Flujo(kg/cm2).		
Propiedades del pavimento flexible despues del plantado en campo.	Dial(%).	Muestreo: No probabilístico.				
	Compactación respecto al Marshall (%)		Técnica de Investigación: Análisis documental y Análisis de Diseños Ensayados.			
						Instrumento de Investigación: Documentación y Experimental.

3) Instrumentos de recolección de datos.

Tabla N°23: Selección de la gradación MAC.

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

FUENTE: EG 2013- ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS.

Figura N°02: Balanza gramera.



Fuente propia.

Figura N°03: Tamices para zarandeo.



Fuente propia.

Figura N°04: Pedestal y martillo compactador.



Fuente propia.

Figura N°05: Maquina RICE.



Fuente propia.

Figura N°06: Bandejas.



Fuente propia.

Figura N°07: Eliminación de aire en ensayo RICE.



Fuente propia.

Figura N°08: Baño María



Fuente propia.

Figura N°09: Anillo de maquina Marshall.



Fuente propia.

Figura N°10: Dial de maquina Marshall.



Fuente propia.

Figura N°11: Maquina compresora Marshall.



Fuente propia.

Figura N°12: Perforadora de núcleos de diamantina.



Fuente propia.

Figura N°13: Núcleos de diamantina.



Fuente propia.

Figura N°14: Medicion de los nucleos de diamantina.



Fuente propia.

Figura N°15: Horno secadora.



Fuente propia.

Figura N°16: Termómetro.



Fuente propia.

Figura N°17: Aplicación de los 75 golpes de compactación de briqueta.



Fuente propia.

Figura N°18: Diamantina sometida a la prensa Marshall.



Fuente propia.

Figura N°19: Imprimación de la base granular.



Fuente propia.

Figura N°20: Control de temperatura para imprimación, 65°C a 90°C.



Fuente propia.

Figura N°21: Control de temperatura de la mezcla asfáltica en planta de producción, entre 145°C a 155°C



Fuente propia.

Figura N°22: Riego del MC-30 para mejor adherencia entre base granular y carpeta de rodadura.



Fuente propia.

Figura N°23: Descarga de mezcla asfáltica del volquete a la esparcidora.



Fuente propia.

Figura N°24: Rastrillado del material asfáltico.



Fuente propia.

Figura N°25: Compactado por maquina a rodillo y neumático.



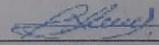
Fuente propia.

Figura N°26: Control del espesor de carpeta de pavimento asfáltico.



Fuente propia.

Figura N°27: certificación de nuestro cemento asfáltico (PEN).

 <b>REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO 120/150</b>		LOTE No. 120/150-001-09-2021
<b>REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A</b> Carretera a Ventanilla km 25 S.N Ventanilla		<b>RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b> 10/09/2021 17:28:10
<b>PRODUCTO</b> Cemento Asfáltico 120/150		<b>TANQUE</b> 332A
<b>PROCEDECENCIA</b> Almacenamiento		<b>VOLUMEN CERTIFICADO, m³</b> 787
<b>DESTINO DE PRODUCTO</b> Operaciones de Despacho		<b>BUQUE TANQUE</b>
PROPIEDADES	MÉTODO	RESULTADO
	ASTM / OTROS	
<b>PENETRACIÓN</b>		
Penetración a 25 °C, 100 g 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	134
<b>DUCTILIDAD</b>		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 105
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad Específica a 15.6 °C/15.6 °C	D 70 / AASHTO T 228	1.0190
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	301.0
Gravedad API, °API	D 70 / AASHTO T 228	7.4
<b>FLUIDEZ</b>		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	42.2
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	D 445	1967
Viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	259
<b>ENSAYOS DE PELÍCULA FINA</b>		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754 / AASHTO T 179	0.30
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	59.7
Ductilidad del residuo a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 105
<b>SOLUBILIDAD</b>		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.98
<b>OTROS</b>		
Índice de Penetración	UNE-EN 12591	-0.8
Ensayo de la Mancha (Nafta-Xileno)	AASHTO T102	20% xileno, negativo
<b>OBSERVACIONES:</b> PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM D946, AASHTO M 20-70 Y NORMA TECNICA PERUANA NTP 321 051		
<b>DISTRIBUCIÓN</b> - Operaciones de Despacho - TyT - Laboratorio	<b>FECHA DE EMISIÓN</b> 11/09/2021	<b>LABORATORIO</b>  Pedro Ramos M. Gerente de Laboratorio

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL

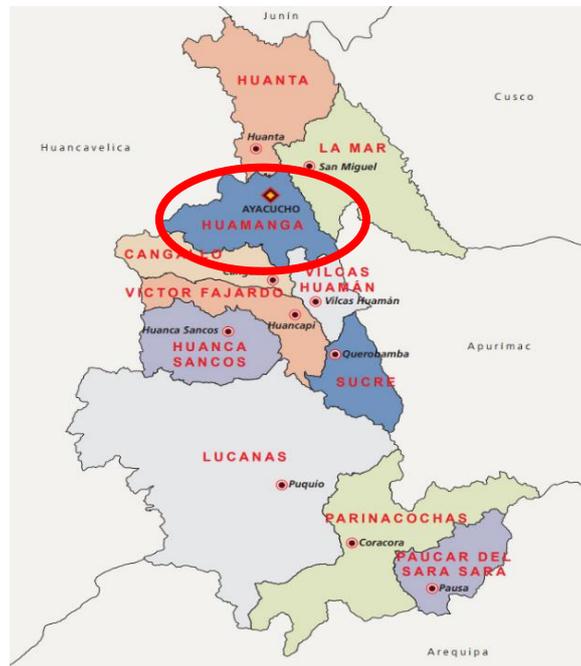
Fuente: Repsol.

Figura N°28: Ubicación nacional del proyecto.



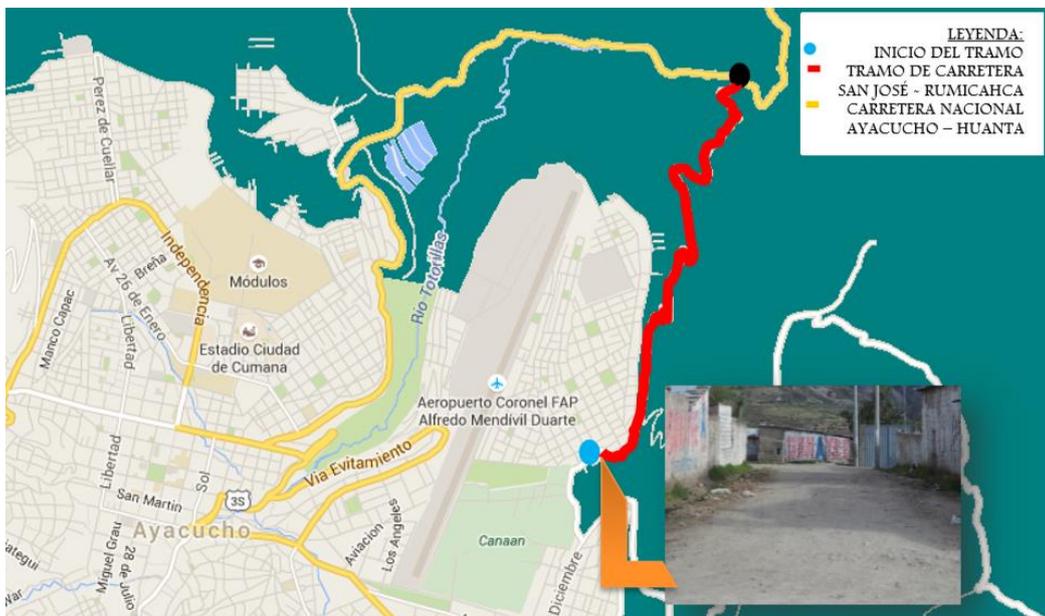
Fuente: Internet.

Figura N°29: Ubicación regional del proyecto.



Fuente: Internet.

Figura N°30: Ubicación del tramo San José – Rumichacca.



Fuente: Google maps.