

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Investigación

**Evaluación de las propiedades de los materiales de  
base y sub base para pavimentos del distrito de  
José Luis Bustamante y Rivero**

Juan Ubaldo Canaza Canaza

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Civil

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Polhett Coralí Begazo Velásquez.

## **Agradecimiento**

Expreso mi pleno agradecimiento a Dios, quien con su gracia llena mi vida y la vida de mi familia y me permite llegar a este importante momento en mi formación profesional.

Agradezco a mis padres por inculcarme y orientarme en cada actividad de mi existir como persona con cariño y valores, de igual forma a mi familia en especial a mis hijos Dilmar y Dilan por aportar el tiempo que debería estar con ellos, estoy seguro de que se sentirán muy orgullosos de mí, y de que haya conseguido y/o logrado el objetivo que me propuse cuando decidí ser un ingeniero.

Como también quiero mostrar mi agradecimiento sincero hacia mis compañeros de estudio de clase y amigos, quienes han hecho que este duro compromiso como es la carrera se llevara de forma más amena, encontrando en ellos muchas cosas que alimentaron mi formación como ingeniero, al igual que los docentes de esta universidad continental quienes me aconsejaron y acompañaron en todo momento hasta la culminación como profesional.

## **Dedicatoria**

Con demasiado cariño a mis progenitores que me han dado la vida y a Liliana madre de mis hijos Dilmar y Dilan, quienes me apoyaron incondicionalmente en todo el proceso de formación y seguir creciendo como persona y profesional.

## INDICE

<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Dedicatoria</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>INTRODUCCION</b> .....	xi
<b>CAPITULO I</b> .....	13
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	13
1.1. <b>PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	13
1.2. <b>OBJETIVOS</b> .....	15
1.3. <b>JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA</b> .....	15
1.4. <b>DELIMITACIÓN</b> .....	16
1.5. <b>HIPÓTESIS</b> .....	16
1.6. <b>VARIABLES</b> .....	17
<b>CAPITULO II</b> .....	19
<b>MARCO TEORICO</b> .....	19
2.1. <b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
2.2. <b>BASES TEÓRICAS</b> .....	22
2.3. <b>TIPO DE PAVIMENTO</b> .....	24
2.4. <b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	30
<b>CAPITULO III</b> .....	32
<b>METODOLOGÍA</b> .....	32
3.1. <b>MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	32
3.2. <b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	33
3.3. <b>POBLACION Y MUESTRA</b> .....	33
3.4. <b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS</b> .....	33
3.5. <b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANALISIS DE DATOS</b> .....	33
<b>CAPITULO IV</b> .....	34
4.1. <b>DIAGNOSTICO Y PRESENTACION DE RESULTADOS</b> .....	34
4.2. <b>MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	36
4.4. <b>ENSAYOS EXCLUSIVOS PARA PAVIMENTACION</b> .....	42
4.5. <b>ENSAYOS DE LA CANTERA PARA SUB BASE</b> .....	43
<b>CONCLUSIONES</b> .....	49
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA N° 1:</b> Operacionalización de Variables.....	18
<b>TABLA N° 2:</b> Frecuencia de Ensayos y control de material .....	37
<b>TABLA N° 3:</b> Requerimiento Granulométrico para Base Granular.....	38
<b>TABLA N° 4:</b> Requerimiento de Agregado Grueso.....	38
<b>TABLA N° 5:</b> Requerimiento de Agregado Fino .....	40
<b>TABLA N° 6:</b> Gradación de Mezcla Asfáltica “MAC” .....	44
<b>TABLA N° 7:</b> Requerimiento de Agregado Grueso .....	46
<b>TABLA N° 8:</b> Requerimiento de Agregado Fino .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 1</b> : Partes de un Pavimento Flexible .....	23
<b>FIGURA N° 2</b> : Elementos de un Pavimento Flexible .....	24
<b>FIGURA N° 3</b> : Corte típico de un pavimento.....	24
<b>FIGURA N° 4</b> : Componentes estructurales de un pavimento flexible.....	25
<b>FIGURA N° 5</b> : Ubicación cantera Sabandia.....	35
<b>FIGURA N° 6</b> : Ubicación cantera Sabandia.....	36

## ÍNDICE DE GRÁFICO

<b>GRÁFICO N° 1:</b> Granulometría del agregado grueso.....	44
<b>GRÁFICO N° 2:</b> Granulometría del agregado fino.....	45
<b>GRÁFICO N° 3:</b> Granulometría del agregado grueso.....	45

## RESUMEN

Es necesario e importante analizar las características del material utilizado en el proceso de construcción del pavimento en la base y sub base; por lo tanto, para su diseño, son trabajos que deben analizarse cuidadosamente para lograr diseños que sean técnicamente factibles, funcionales y duraderos; Cada vez que nos muestran la necesidad de llevar a cabo un exhaustivo control de calidad en el proceso de construcción, esto nos permitirá aumentar y mejorar su vida útil y aumentar su rendimiento en la acera y evitar varios errores debido a diferentes factores.

Esta investigación contribuye al progreso del país y al desarrollo de la sociedad, pues proporcionará datos útiles y de calidad de los materiales que se pueden utilizar en el proceso de construcción y análisis del pavimento, lo que ayudará a la preparación de los asfaltos para tener una mayor duración y así estos puedan cumplir su longevidad.

Para determinar las fuentes de materiales para la ejecución del proyecto, se ha determinado la ubicación de potenciales canteras para diversos trabajos y que, de acuerdo a las especificaciones y normas, deben contar con los criterios de aceptación en el diseño del pavimento: Cantera Sabandía y Cantera Uchumayo

**Palabras claves:** Canteras, pavimento, construcción.

## **ABSTRACT**

It is necessary and important to analyze the properties of the materials used in the pavement construction process at the base and sub-base; therefore, for their design, they are works that must be carefully analyzed to achieve designs that are technically feasible, functional and durable; Every time they show us the need to carry out an exhaustive quality control in the construction process, this will allow us to increase and improve its useful life and increase its performance on the sidewalk and avoid various errors due to different factors.

This research contributes to the progress of the country and the well-being of society, since it will provide quality and useful information on the materials that can be used in the pavement construction and analysis process, which will contribute to the design of the pavements. of longer duration and that these can fulfill their longevity.

In order to define the sources of materials for the realization of the project, the probable quarries for the different activities were located and that according to Specifications and Standards must meet acceptability parameters in the design of pavements: Cantera Sabandia and Cantera Uchumayo

**Key words:** Quarries, pavement, construction.

## INTRODUCCION

Las pistas son componentes estructurales que entran en la elaboración de carreteras; en su interior podemos hallar pavimentos flexibles, que constan de capas tales como sub-base, sub-rasantes, base y capa asfáltica; Cada capa realiza una acción particular.

Por otro parte, existen pavimentos macizos, que pueden estar formados por capa de sub-rasante, losa de hormigón y base. Para empezar, está la fase de diseño, que incluye el método AASHTO, donde se indican todos los elementos que entran en los procesos de construcción. Además, se debe considerar las preparaciones del nivel, la construcción de la base y la subbase, realizando el trabajo de preparación antes de pavimentar con concreto sólido. A continuación, profundiza en los detalles sobre la combinación de concreto y todo lo que requiere su fabricación; Finaliza con la colocación, terminación, instalación y curado del hormigón. Actualmente, por una razón u otra, las carreteras (principalmente las más utilizadas) se están deteriorando debido a numerosos factores, como el desnivel del terreno y la erosión por el tráfico de vehículos. Por ello, el principal objetivo del análisis comparativo que se realizará es indicar la calidad de las mezclas de asfalto y hormigón, como material utilizado en la elaboración de pavimentos.

El presente trabajo de investigación se divide en las siguientes partes principales:

En el 1° capítulo, abarca el planteamiento del estudio que comprende el planteamiento y formulación de problema, la formulación del problema los objetivos, la justificación e importancia, la delimitación, la hipótesis y las variables tanto independientes y dependientes como la operacionalización de las mismas.

En el 2° capítulo, se desarrolla el marco teórico, en el cual se da detalles acerca de los antecedentes de la investigación de nivel local, nacional e internacional, además se desarrollan conceptos básicos de pavimentos, tipos de pavimentos, funciones de los pavimentos y finalmente se presenta la definición de términos básicos.

En el 3° capítulo, se plantea la metodología con que se desarrolló la investigación, el método de investigación, el alcance de investigación, el diseño de investigación el tipo de investigación, la población y muestra. En este capítulo también se da detalle de los instrumentos y técnicas que se aplicaron durante el trabajo investigativo.

En el 4° capítulo se expone el diagnóstico y presentación de resultados a las que se llegaron con esta investigación,

Finalmente, este trabajo de investigación contiene las, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográfica y Anexos.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debe tenerse en cuenta el actual deterioro temprano y acelerado de la carretera de propiedad y explotación pública diseñada y construida principalmente para el movimiento de móviles ligeros y de alto tonelaje. Las pistas son de gran importancia porque son la parte más importante del transporte y su diseño y cuidado pueden convertirse estratégicos. Es necesario e importante analizar las características del material utilizado en el transcurso de fabricación del pavimento en la base y sub base; por lo tanto, para su diseño, son trabajos que deben analizarse cuidadosamente para lograr diseños que sean técnicamente factibles, funcionales y duraderos; Cada vez que nos muestran la necesidad de realizar un exhaustivo control de calidad en el proceso de construcción, esto nos permitirá aumentar y mejorar su vida útil y aumentar su rendimiento en la acera y evitar varios errores debido a diferentes factores.

La mayoría de las canteras que se encargan producir, procesar y comerciar piedra triturada, fina arena, gruesa arena, hormigón, materiales

confirmados, y la base y subbase de las aceras, no cuentan con certificado y por lo tanto proporcionan un final sin garantía, y esto es un factor importante para que nuestras carreteras no tengan la vida útil para la que están diseñadas.

Por ello, el presente tema de investigación tiene por objetivo enfatizar la importancia del agregado usado en obras viales, que garantice un estudio previo de las canteras, a través de recopilación de información de ensayos de laboratorio que determinaron sus características físicas que especifiquen su uso, sea para base y sub-base.

Del presente estudio se determinará las características de los agregados, cuál de las canteras cumple con el requerimiento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y en caso de no cumplir proponer nueva combinación granular que permita que los materiales de base y sub base cumplan con las normas.

## **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.2.1. Pregunta General**

¿Cuáles son las características de los materiales de las canteras de Sabandía y Uchumayo utilizadas en la construcción de pavimentos en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero de Arequipa, aplicando las normas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones?

### **1.1.2.2. Preguntas Específicas**

- ¿Los materiales de la base y sub base utilizados en la cantera Sabandía cumplen con los requisitos de calidad para su uso en el diseño de pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero en el distrito de Arequipa?
- ¿Los materiales de la base y sub base utilizados en la cantera Uchumayo cumplen con los requisitos de calidad para su uso en el diseño de pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero en el distrito de Arequipa?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL**

Describir las características de los materiales de las canteras de Sabandia y Uchumayo utilizadas en la construcción de pavimentos en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero de Arequipa, aplicando las normas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar si los materiales base y sub base utilizados en la cantera Sabandía cumplen con los requisitos de calidad exigidos por el MTC para su uso en el diseño de pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero en el distrito de Arequipa.
- Determinar si los materiales base y sub base utilizados en la cantera Uchumayo cumplen con los requisitos de calidad exigidos por el MTC para su uso en el diseño de pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero en el distrito de Arequipa.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **1.3.1. JUSTIFICACIÓN**

Esta indagación contribuye al progreso del estado y a la bienandanza de la sociedad, debido a que brindará datos sobre la calidad y uso de los materiales que se pueden utilizar en el procedimiento de construcción y análisis de pavimentos, lo que ayudará al diseño de aceras para una mayor duración y así alcanzar la longevidad.

Todo lo que antecede tiene la necesidad de ahondar en el conocimiento de los terrenos para los materiales manipulados como base y subbase para los pavimentos, para comprenderlos y luego implementar métodos de diseño que aumenten dicho conocimiento en patrones asociados con el comportamiento real de las estructuras de la acera. Teniendo en cuenta la importancia de examinar las propiedades físico-mecánicas del asfalto y examinar la ventaja y desventaja de su uso en el asfalto utilizado para la construcción de vías, considerando estos detalles generales para construir de puentes y pistas.

La construcción adecuada del pavimento debe ser adecuada para todo tipo de caminos, calles, caminos y pasajes que coincidan en una urbe, ciudad, municipio y en toda una nación, dada la jerarquía de esta variedad de construcción para comunicar y instaurar el desarrollo de la economía. de un particular territorio.

### **1.3.2. IMPORTANCIA**

Un pavimento tiene que ser duradero, seguro y proporcionar el confort necesario para todos los beneficiarios, no debe poseer grietas, agujeros o pequeños cráteres, lo que ocasiona una mala circulación de vehículos, ya que por estas causas se frena repentinamente, lo que puede causar un accidente de tránsito con resultados leves o fatales.

## **1.4. DELIMITACIÓN**

### **1.4.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

Para este estudio, los datos de la investigación se recopilaban en mayo de 2020.

### **1.4.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Esta investigación incluye distritos de Arequipa, así como las áreas adyacentes a la distribución de materiales básicos y subsidiarios de las canteras analizadas que poseen características y propiedades del material.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Las características de los materiales de las canteras de Sabandia y Uchumayo utilizadas en la construcción de pavimentos en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero de Arequipa son apropiadas de acuerdo a las normas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones..

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**

1. Los materiales base y sub base utilizados en la cantera Sabandía si cumplen con los requisitos de calidad exigidos por el MTC para su uso en el diseño de pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero en el distrito de Arequipa.
2. Los materiales base y sub base utilizados en la cantera Uchumayo si cumplen con los requisitos de calidad exigidos por el MTC para su uso en el diseño de pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero en el distrito de Arequipa.

### **3. . VARIABLES**

#### **1.5.3. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Análisis comparativo de estudios de mecánica de suelos y estados tensionales de material para base y sub base.

#### **1.5.4. VARIABLE DEPENDIENTE**

Propiedades de Materiales de base y sub base para pavimentos, requisitos de calidad y desempeño estructural de la sub rasante.

### 1.5.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**TABLA N° 1:** Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES
<p><b>INDEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capa de agregado graduado y compactado que cumplen las especificaciones técnicas para su diseño colocadas sobre la sub rasante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis comparativo de estudios de mecánica de suelos.</li> <li>• Estados tensionales para base y sub base del material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos solicitados con la finalidad de analizar la calidad de los materiales de base y sub base.</li> <li>• Esfuerzo vertical, deformaciones y deflexiones</li> </ul>
<p><b>DEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento estructura compuesta por pliegues con la base y sub base, carpeta asfáltica compuesta por materiales bituminosos como capa de rodadura la cual está sobre la sub rasante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades de los materiales, requerimientos de calidad.</li> <li>• Desempeño estructural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad del material para base y sub base cumple con los requerimientos de la Norma C.E.0-10 del R.N.E.</li> <li>• Desempeño de su estructura dentro de lo aconsejado</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. INTERNACIONAL**

- a. Dra. Ing. Diana Movilla Quesada realizo su tesis cuyo título es “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA RUTA S/R: SANTA ELVIRA – EL ARENAL, EN LA COMUNA DE VALDIVIA” planteando como objetivo dar a conocer un examen de comparación entre un rígido pavimento y uno dúctil usado como opción en el pavimento de la vía de Santa Elvira – El Arenal en la comuna Valdiviana, que se basa en la conducta que tienen estos, El proyecto de investigación es una de tipo descriptiva, mostrando las peculiaridades de los pavimentos rígidos y flexibles, y su análisis de pro y contras, que fue el más importante plan de trabajo, corrección de datos, aceras rígidas y flexibles, y análisis de sus fortalezas y debilidades, siendo el principal método de trabajo recabar datos revisando documentación, bibliografía y trabajos de grado en presentación digital y física (Vasquéz, 2014).
- b. En la Universidad Politécnica madrileña, se sustentó la tesis de doctorado con título "ESTUDIO DE MATERIALES GRANULARES UTILIZADOS EN CAPAS BASADAS Y SUB BASADAS EN CARRETERAS". Fue desarrollado por Manuel Rivas Cervera en el año 1998 para doctorarse en Ingeniería Civil

en Madrid. En su estudio, demuestra el grado de influencia de las propiedades físicas y de la roca de los agregados, y detalla una serie de pruebas utilizadas para determinar directamente el desempeño de la grava (Rivas, 1998).

- c. En una Universidad de la República cubana, se desarrolló la disertación titulada: "PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES REHABILITADOS EN CUBA CON EL EMPLEO DE BASES RECICLADAS UTILIZANDO LIGANTES ASFÁLTICOS". Moll Martínez, Reynier 2016 elabora este trabajo para un doctorado científico en ciencias técnicas en La Habana. La investigación describe los análisis realizados para estimar los esfuerzos, distorsiones y deslizamientos del asfalto dentro de su estructura, así como el proceso detallado de evaluación de pavimentos con base reciclada (Moll, 2016).

#### **2.1.2. NACIONAL**

- a. Los bachilleres Karlita Beatriz Contreras Quezada y Víctor Alfonso Herrera Lázaro hicieron una tesis con el título, "MEJORAMIENTO DEL AGREGADO OBTENIDO DE ESCOMBROS DE LA CONSTRUCCIÓN PARA BASES Y SUB-BASES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EN NUEVO CHIMBOTE-SANTA-ANCASH". El desarrollo de esta indagación se reduce a la reutilización de los residuos del proceso de edificación y derribamiento, que, después de ser clasificados y tratados adecuadamente para conseguir el máximo volumen simbólico, se convierten en agregados reciclados y pueden ser utilizados íntegramente o combinados con materiales naturales y formar parte del componente granular del pavimento (Contreras, y otros, 2015). Para que los áridos reciclados puedan ser utilizados como materiales granulares en sub-bases y sub-bases, la medida de grano y sus propiedades físicas y mecánicas deben estar incluidas en los estándares establecidos por el MTC. (secciones 303 y 305 - Requisitos para bases y sub bases granulares).
- b. En la UNI, se expuso la disertación que lleva por título: "MODELADO GEOTECNICO DE SUELO FLEXIBLE PARA ANALISIS Y DISEÑO EN

PERU". Desarrollado por Gutiérrez, J. 2007 con la finalidad de lograr el título de Ingeniero Civil en Lima. El trabajo ofrece el proceso de análisis en la elaboración de asfaltos, indica que ciertos factores especiales deben tenerse en cuenta al diseñar pavimentos, tales como: ubicación geográfica, tipos de suelo y pruebas de mecánica especial del suelo. Se refiere al hecho de que las condiciones climáticas en el área determinan la solicitud de realizar pruebas especiales para propósitos de diseño, Tanto es así, que, en ciertos casos, se requieren ensayos de esfuerzo cortante y otros por combinación para calcular la estructura del asfalto (Gutiérrez, 2007).

- c. En la tesis de la Universidad de Piura titulada: "CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN PISO FLEXIBLE EN AV. DISTRITO LUIS MONTERO DE CASTILLA". Desarrollado por Rodríguez, E. 2009 para solicitar el título de Ingeniero Civil en Piura, Perú. En este trabajo se analiza las fuentes de los problemas más comunes que dañan los pavimentos flexibles urbanos, entre otros. (Rodríguez, 2009) La importancia del subsuelo se describe como la base responsable de soportar, transmitir y distribuir las 36 cargas aplicadas al aglomerante asfáltico. Además, se refiere al peso de la subbase que maneja las variaciones en el espesor y la flexibilidad del material base, lo que sería perjudicial para el pavimento (Rodríguez, 2009).

### **2.1.3. LOCAL**

- a. Tesis desarrollada por: Solanchs Estéfany Calle Llactahuamaní, Moisés Gonzalo Arce Huahuachamp, quienes hicieron su tesis titulada: ESTABILIZACIÓN CON POLÍMERO ACRÍLICO DEL SUBSUELO DEL ÁREA DEL PUENTE AÑASHUAYCO PARA USAR COMO BASE Y COMPARACIÓN CON UN PAVIMENTO CONVENCIONAL. EN LA CIUDAD DE AREQUIPA. El objetivo principal de la investigación llevada a cabo aquí es demostrar el perfeccionamiento de las características de la mecánica de un suelo para que pueda usarse como una capa base estructural, utilizando polímeros acrílicos en disímiles sumas en función del contenido óptimo de humedad del material (Calle, y otros, 2018). Esto se refleja en un aumento en la capacidad de carga (CBR), un aumento en la máxima densidad seca y un aumento en la resistencia a la compresión del suelo.

Además, a través de la presente indagación, se realiza una exposición del método de diseño de pavimento AASHTO 1993, para proyectar el espesor de un pavimento con una base estabilizada. La capacidad respectiva del vehículo también se llevó a cabo para establecer el volumen de tráfico para proceder con el proyecto (Calle, y otros, 2018).

- b. En la UNI, se elaboró la disertación con el título: "MODELADO GEOTECNICO DE SUELO FLEXIBLE PARA ANALISIS Y DISEÑO EN PERU". Desarrollado por Gutiérrez, J. 2007 . Explica el proceso de análisis en la elaboración de pistas, se indica que se deben considerar algunos factores especiales al diseñar aceras, como: ubicación geográfica, tipos de suelo y pruebas de mecánica especial del suelo. Se refiere al hecho de que las condiciones climáticas en el área determinan la solicitud de realizar pruebas especiales para propósitos de diseño, tanto es así, que en unos casos, se requieren ensayos de esfuerzo cortante y otros por combinación para medir la estructura del asfalto (Gutiérrez, 2007)

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CONCEPTO:**

Se denomina pavimento a un conjunto de pliegues de material selecto que recibe directamente las cargas de tráfico y las transfiere a los sustratos de manera dispersa, suministrando un área de apoyo, que deberá funcionar de manera eficiente.. (Edificar, 2018)

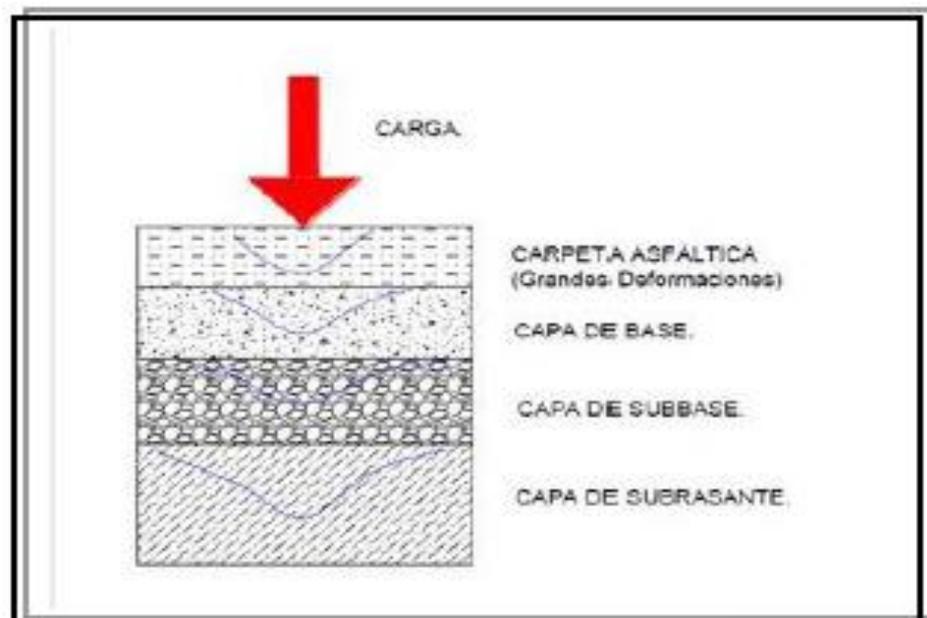
### **2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO**

El pavimento debe cumplir con los subsiguientes requisitos o características: (MEF, 2015)

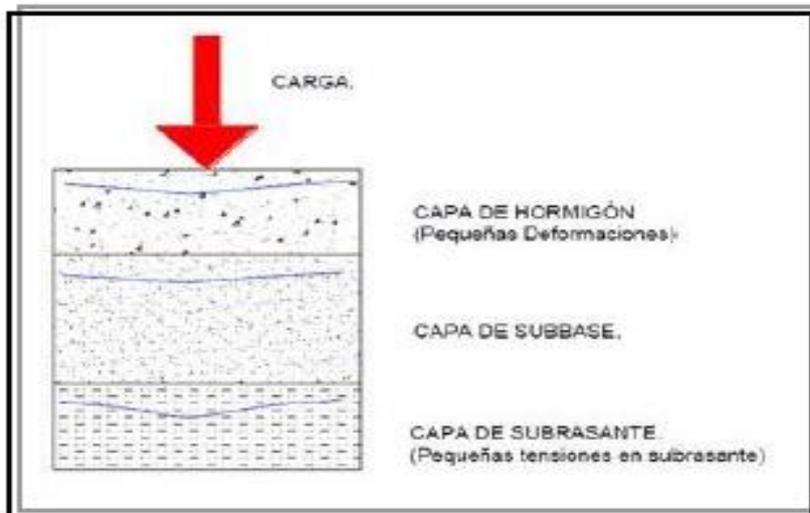
- Ofrezca firmeza a las consecuencias de las cargas creadas por el tráfico.
- Presentar una estructura de superficie aceptable con velocidades de tráfico esperadas.
- Mostrar resistencia al desgaste abrasivo en la llanta o los neumáticos.
- Debe tener regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, para que los usuarios puedan sentirse cómodos.
- Mostrar un comportamiento aceptable con respecto al drenaje.

- Debe tener el color apropiado (caracteres) para evitar reflejos y reflejos para proteger al usuario.
- El ruido generado por la fricción entre los neumáticos contra el pavimento debe ser tal que no interfiera con la audición del usuario. (MTC. "Manual de Controladores de Tráfico para Vehículos de Carretera y Carretera Lima Perú").

Las condiciones requeridas para una operación adecuada son las siguientes: ancho, línea vertical y horizontal, firmeza suficiente a las cargas para impedir grietas y fallas y suficiente fricción entre el automóvil y el pavimento, incluso en situaciones de mucha humedad.



**FIGURA N° 1 : Partes de un Pavimento Flexible**  
Fuente: (Gutiérrez, 2007)



**FIGURA N° 2:** Elementos de un Pavimento Flexible  
Fuente: (Gutiérrez, 2007)

## 2.3. TIPO DE PAVIMENTO

### 2.3.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

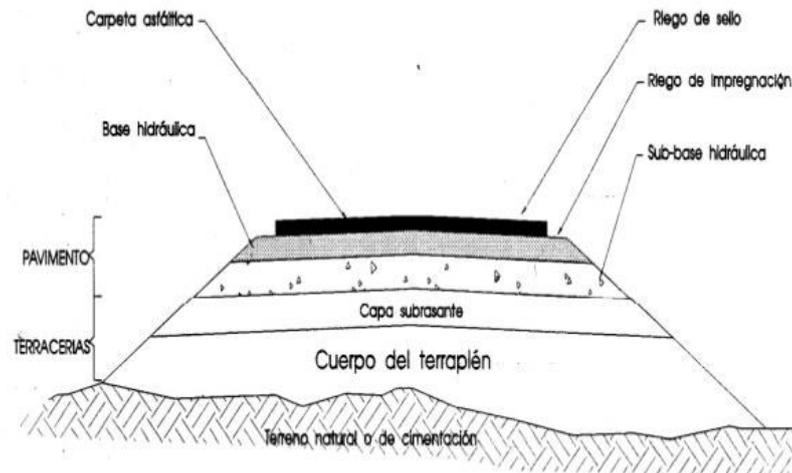
Este tipo de pavimento consta de material ligante bituminoso por lo general soportado por dos capas no rígidas, la base y la subbase. Sin embargo, cualquiera de ellos puede quedar exento, esto depende de las requerimientos especiales del trabajo (MTC, 2013).



**FIGURA N° 3:** Corte típico de un pavimento  
Fuente: (Gutiérrez, 2007)

El pavimento flexible, conocido también como pavimento asfáltico, es un arreglo que consta de varias laminas, tales como la subcapa, subbase, base y amarre asfáltico; Cada uno tiene una función específica, que en conjunto poseen los subsiguientes objetivos:

- a. Contener y repartir correctamente las cargas generadas por el tráfico. El pavimento flexible debe construirse de forma que las cargas generadas por el tráfico no provoquen deformaciones de ninguna variedad en su disposición, siendo de gran importancia el espesor del pavimento.
- b. Tener la impermeabilización necesaria a partir de esto, se concluye que la presencia de un adecuado drenaje es de gran importancia.
- c. Resiste la acción destructiva del vehículo. El pavimento tiene que ser resistente a la corrosión de partículas del paso de vehículos.
- d. Resistencia a los factores climáticos, factores climáticos que provocan la intemperie y alteración de los materiales que forman el piso, lo que refleja este inconveniente en su vida útil y económica.
- e. Poseer una adecuada superficie de rodadura, que permite comodidad y fluidez para el tránsito vehicular en su entorno.
- f. Sea flexible para adaptarse a fracturas de base o sub-base; con capacidad de adaptarse a averías menores sin necesidad de costosas reparaciones.



**FIGURA N° 4:** Componentes estructurales de un pavimento flexible  
**FUENTE:** CESPEDES A. J. "Los pavimentos en las vías terrestres; calles, carreteras y aeropistas"

### 2.3.2. CARPETA DE RODADO

(Carrasco, 2016) La carpeta debe proporcionar al pavimento flexible una superficie de apoyo estable que pueda soportar la expansión directa de cargas, fricción de neumáticos, tensiones de drenaje, las producidas por

fuerzas centrífugas, golpes; Debe tener la estructura necesaria para permitir un rodamiento seguro y conveniente.

### **2.3.3. CONFORMACIÓN**

Los pavimentos flexibles consisten en una carpeta bituminosa apoyada en dos capas no rígidas, la base y la subestructura, que están hechas de materiales que deben cumplir con las especificaciones deseadas. La calidad de estas capas disminuye con la profundidad.

### **2.3.4. FUNCIÓN DEL PAVIMENTO**

La función principal de un pavimento es transmitir cargas a la subbase y al suelo subyacente. Los pavimentos flexibles modernos contienen arena y grava o piedra triturada compactada con un ligante de material bituminoso, como asfalto, alquitrán o aceite asfáltico. Dicho pavimento tiene suficiente plasticidad para absorber los golpes. (MEF, 2015).

#### **2.3.4.1. SUB BASE**

La función del subsuelo, en un flexible pavimento, es meramente económica, por lo que intenta obtener espesores con el material más económico posible. Ese espesor se puede construir con materiales de buena calidad como en el caso de la base, pero generalmente es más delgado y se reemplaza parcialmente por un sustrato de menor calidad, aumentando así el espesor final del asfalto. Ya que es un hecho que cuanto menos es la calidad de los materiales empleados, más es el espesor necesario para aguantar las tensiones transmitidas.

La función de una subbase es ayudar a prevenir el bombeo de suelos de subrasante de grano fino. El bombeo, que conduce a la pérdida de material del suelo debajo de los bordes y juntas de las losas, ocurre cuando existen tres factores en combinación: suelos bombeables, exceso de agua debajo del pavimento y frecuentes cargas de camiones pesados.

El material estará compuesto por material granular con un mínimo de las siguientes propiedades: Valor de soporte (CBR) de 30% en muestra compacta saturada y 100% de proctor modificado u otra presión según lo especificado por el diseñador; Índice de plástico (IP) de no mayor de 9 y un límite de líquido (LL) de no mayor de 40.

El material de la base del fondo debe ser fácil de mezclar para lograr la máxima densidad específica. Si contiene guijarros o piedras, no debe tener más de dos tercios de su fondo.

Cuando haya opciones para usar múltiples bancos, dentro de razonables límites de transporte y / o calidad, se seleccionarán con el porcentaje más bajo de materiales que exceda el término 200, con el CBR más alto y el índice plástico (IP) más bajo.

Es muy trascendental que los bancos de material de sub-base cumplan con las especificaciones requeridas y estén libres de materia vegetal, escombros, terrones de arcilla y otras sustancias nocivas. Cabe señalar que una gran cantidad de rupturas en pavimentos se deben a que las sub-bases no cumplen con los requisitos requeridos, están mal compactadas o contaminadas por falta de drenaje adecuado o falta de control sobre el sustrato. (MEF, Lineamientos Metodológicos para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Valoración Social de Proyectos de Inversión Vial Pública, 2015).

#### **2.3.4.2. BASE**

Su función principal es proveer una resistencia que transmita la tensión generada por el tráfico, hacia la subbase y la capa secundaria, de suficiente intensidad. También disminuye el grosor de la carpeta más costosa. A menudo, la base igualmente debe actuar como fondo para la característica de doble drenaje indicada precedentemente. Esencialmente, el material que forma la plataforma del pavimento flexible debe tener cavidades y fricción.

El primero asegura una adecuada resistencia y durabilidad de esta resistencia a medida que cambian las condiciones que pueden ocurrir, como el contenido de agua. Es racional que no sea suficiente utilizar material de fricción para avalar la deseada resistencia, y que también se necesita una adecuada compresión para obtener la tensión y la unión estructural necesarias para una base buena. Los materiales usados para la base están generalmente sometidos a exigentes procesos de homologación, como el aplastamiento, que producen positivos efectos sobre la resistencia y deformación de la estructura que se construirá, ya que se consiguen partículas de adecuadas formas para un adecuado reordenamiento;

Además, se deben cumplir otros detalles, lo que hace necesario filtrar estos materiales.

El espesor de las bases varía mucho según el proyecto en cuestión, pero generalmente se cree que 12 o 15 cm es el espesor mínimo que se debe construir. El material de piedra triturada o grava proviene del uso de minas, rocas o piedras naturales.

Los materiales que quedan en la malla No. 4 son agregados gruesos; Aquellos que atraviesan la pantalla # 4, agregados finos; Y aquellos que atraviesan la pantalla número 200 conforman el relleno mineral. El relleno debe estar exento de sustancias nocivas o talco y tener características de unión para permitir una buena compresión y ayudar a formar un sustrato denso y bien adherido. El material fino, junto con el agregado mineral, debe tener un límite líquido menor a 25, y un índice plástico menor a 9, y el porcentaje que pasa por el tamiz 200 debe ser igual o menor que el que pasa por el tamiz 40. Si es necesario agregar material de relleno, satisfaciendo la necesidad de clasificación u obteniendo la consistencia del material adecuada, todos los materiales de base deben mezclarse uniformemente.

Los materiales a base de arcilla arenosa son combinaciones que tienen una gran resistencia a la descomposición cuando se presionan con la humedad óptima para alcanzar su máxima densidad, si están debidamente proporcionados. Bajo esas condiciones, tienen un valor de soporte alto por encima del 80% CBR. Para conservar esas propiedades, deben ser cebadas inmediatamente después de su elaboración, incluso si se instala una carpeta de compensación. Son muy buenas bases siempre que conserven la máxima densidad y óptimas propiedades de humedad, pero son muy malas cuando la humedad se pierde más allá de los límites prudentes, ya que se descompone velozmente y disipa su valor de soporte de forma razonable. Sin la protección adecuada por buenos desagües, y bandas de rotadura, proporcionan excelentes efectos y su construcción es barata.

La porción que atraviesa el tamiz No. 200 será menos del 50% de la fracción que atraviesa el tamiz No. 40. Además de los anteriores requisitos, la base final debe tener un valor de soporte superior al 80%, el fluido máximo no es mayor a 25 y el índice plástico es igual o menos de 9.

En síntesis, el sustrato debe proporcionar una superficie adecuada, con fricción y color adecuado y, así como resistir los efectos abrasivos del tráfico. Es muy importante señalar que esta capa debe evitar, en la medida de lo posible, la fuga de agua hacia el interior del asfalto.

#### **2.3.4.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE BASES Y SUB-BASES**

El paso inicial es encontrar la cantera, desde donde se tomará el material, para poder usar grava, ribera, depósitos de roca (aglomerados) o algunos materiales cementados duros (conglomerados) en estas capas, Se sugiere no utilizar tezontler debido a que estos materiales son propensos a descomponerse y podrían provocar variaciones de volumen, si su uso es necesario, deben mezclarse con algunas formas de microelementos como tepetates (60% tepetate y 40% tezontel); En ciertos casos hay que aplicar procedimientos previos que pueden ser: cernido, fraccionado, y en ocasiones, se instalan en la planta con cal o hormigón para proporcionar mayor durabilidad (MEF, Lineamientos Metodológicos para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentación en el Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras, 2015).

Estos materiales se llevan al sitio de construcción, donde se recolectan para hacer la estimación volumétrica y percibir si falta algo.

Cuando el material de desde donde proviene contiene determinada humedad, se analiza para ver si estamos por encima o por debajo de la saturación de compresión óptima, y con ello podemos saber cuánta agua debemos añadir o sacar de los materiales para que se pierda por evaporación.

El corrugado material se abre y se moja parcialmente con un volumen de humedad casi óptima, las carreteras tienen una humedad más baja que la obtenida en el laboratorio.

El agua no se riega, más bien se reparte en varios canales, se realiza el riego inicial y el motor apertura una cantidad nueva de material que pone humedad para que la tubería pueda volver a pasar; Eso generalmente se hace en 3 pasos y luego se homogeneiza con las mismas máquinas. Cuando esto se logra, el material se distribuye por toda la corona para formar una

lámina del grosor necesario, de modo que el material delgado no se separe del material grueso. Cuando se extiende, se compacta con un rodillo liso o neumático, o con una combinación de ambos, hasta que alcanza el grado de compresión establecido por el proyecto.

Cuando se logra la compresión del proyecto en las bases, se deja secar superficialmente, barrer para eliminar escombros y partículas sueltas.

Después de esto, se aplica un ajuste lento o un reinicio súper del riego por emulsión de asfalto, llamado riego por impregnación. Este elemento sirve para impermeabilizar y estabilizar la base y ayudará a protegerla de los elementos cuando una carpeta no se instalará en poco tiempo, y también favorece la conexión entre la base y la carpeta futura.

#### 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Capas granulares**, capas que consisten en material de cantera que cumple ciertas propiedades físicas, químicas y mecánicas requeridas por el estándar CE.010, que formarán la base y el subsuelo de la estructura del pavimento (Gutiérrez, 2007).
- **Aglutinante de asfalto**: capa externa de pavimento que consiste en material de piedra con un bituminoso material y una específica granulometría (Moll, 2016).
- **Desviación**: Cambio de grosor que ocurre desde la etapa inicial al final a consecuencia de aplicar una carga (Rivas, 1998).
- **Deformación**: Cambio en el grosor aparece debido a la carga de un vehículo que retorna a su condición inicial luego que dicha carga se retira (Rodríguez, 2009).
- **Rendimiento estructural**: Comportamiento mostrado por la estructura del pavimento al recibir carga de vehicular (Vasquéz, 2014).
- **Esfuerzo vertical**: Carga del vehículo transferida dentro de la estructura del eje Y (Landeau, 2007).
- **Condiciones de tensión**, efectos que ocurren dentro del pavimento debido a cargas de tráfico, es decir, deflexiones, deformaciones radiales deformaciones verticales, y tensiones verticales (Carrasco, 2016).
- **Materiales para base y subbase**, materiales extraídos de canteras que cumplen con propiedades determinadas para su uso. Esas propiedades son 90,

propuestas en el estándar NE. 010 Pavimentos Urbanos del estatuto peruano de Construcción (Gutiérrez, 2007).

- **Método AASHTO 93**, procedimiento de diseño práctico utilizado para establecer el espesor flexible del pavimento, este método se determina observando las pistas de prueba
- **Modelo de pavimento**, Es la estructura de pavimentación que está planteada para variedades de tráfico específico y una subcapa específica, estos grosores se determinan utilizando el método AASHTO 1993, que fue propuesto en el Manual PT-62 para el ICG (Contreras, y otros, 2015).
- **Pavimentos**, un diseño cuya función es reducir los diversos estados de tensión producidos por la carga del vehículo, que deben tener un rendimiento estructural suficiente a lo largo de su vida útil, lo que proporciona una adaptabilidad suficiente (Vasquéz, 2014).
- **Los requisitos de calidad**, propiedades que debe cumplir el material que formará la base y la subbase, se detallan en el estándar CE.010 (Calle, y otros, 2018).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Esta encuesta es cuantitativa, ya que según (Landeau, 2007): “buscan verificación o verificación deductiva de proposiciones causales desarrolladas fuera del lugar donde se lleva a cabo la investigación; por eso se construyen hipótesis específicas entre las variables y luego se verifica el alcance de estos efectos”.

##### **3.1.2. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN**

La indagación es de tipo descriptiva debido a que Landeau (2007), afirma que "busca evaluar diferentes aspectos de un universo, para identificar características o establecer propiedades importantes que permitan dar cuenta del fenómeno estudiado".

El trabajo también es aplicable ya que engloba la mejora técnica en términos de procesos, resultado e impactos.

### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es no experimental porque utiliza condiciones básicas para un problema en la realidad como es el análisis de las propiedades de los materiales de las canteras base y subbase de Sabandia y Uchumayo.

### **3.3. POBLACION Y MUESTRA**

#### **a) Población**

Canteras que explotan material para base y sub base de los distritos de Uchumayo y Sabandia del departamento de Arequipa.

#### **b) Muestra**

La muestra de la investigación es intencionada, se toma los resultados de las muestras de material representativo para base y sub base de canteras la Uchumayo y Sabandia.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

Las herramientas manipuladas para recoger la información son: observación (directa-personal), la herramienta es una ficha de revisión bibliográfica.

### **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANALISIS DE DATOS**

El procesamiento de la información se basa en el estudio de modelos de análisis y evaluación en el campo de pavimentos., con el empleo del programa de Microsoft Excel se elaboraron hojas de cálculo a fin de obtener las propiedades y realización del análisis del material para base y sub base de las canteras evaluadas. Además, se empleó los programas de Microsoft Word para la redacción de la investigación de los materiales analizados, de los cuales se tomará criterio de validez de los resultados.

## **CAPITULO IV**

### **4.1. DIAGNOSTICO Y PRESENTACION DE RESULTADOS**

#### **4.1.1. CARACTERISTICAS Y DESCRIPCIÓN DE LAS CANTERAS**

Para determinar las canteras de material necesarios para la ejecución del proyecto, se ha determinado la ubicación de potenciales canteras para diversas acciones, y que, conforme a las descripciones y estándares, deben verificarse con los criterios de aceptación en el diseño del muelle., se ha mencionado lo siguiente:

##### **4.1.1.1 CANTERA DE SABANDIA**

**Ubicación:** La cantera está ubicada entre el distrito de Sabandia y Paucarpata, a lo largo y abajo del Puente de Sabandia.



**FIGURA N° 5:** Ubicación cantera Sabandia  
**Fuente:** Google Maps

**Descripción:** Es un material gris que consta de agregados semiangulares con un tamaño máximo de 1 pulgada. La cantera se puede utilizar los doce meses.

**Tipo de material:** Aluvial

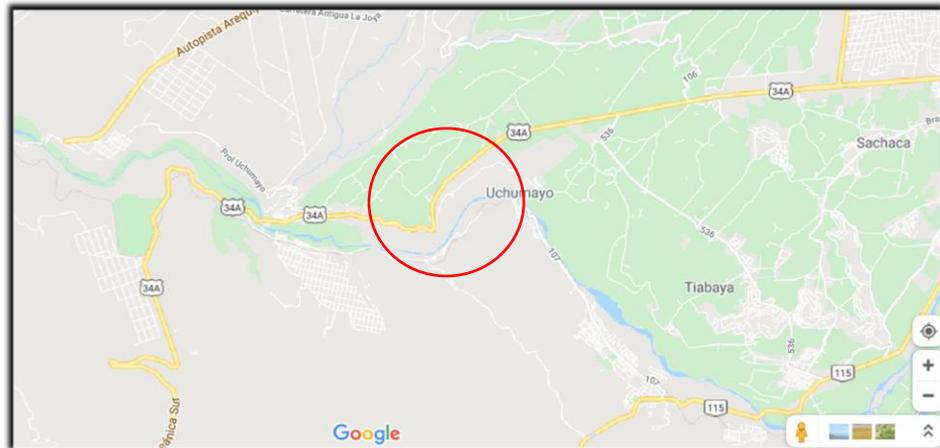
**Espesor:** 100000 m<sup>3</sup>

**Rendimiento:** Ochenta por ciento

**Usos y tratamiento:** Base (80%), sub base (80%), Relleno (85%) deben agitarse y tratarse para cumplir con las especificaciones técnicas según la norma requerida.

### 4.1.1.2. CANTERA DE UCHUMAYO

**Ubicación:** Está ubicada a la izquierda de la variante de Uchumayo



**FIGURA N° 6:** Ubicación cantera Sabandia

**Fuente:** Google Maps

**Descripción:** Es material de color gris constituido por agregados de forma sub angular cuyo tamaño máximo es de 3/4" , la cantera puede ser explotada todo el año.

**Tipo de material:** Aluvial

**Potencia:** 36,000 m<sup>3</sup>

**Rendimiento:** 80%

**Usos y tratamiento** Relleno (90%)

## 4.2. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.2.1. ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO DE CANTERA

Para obtener la denominada calidad de los agregados de manera real, se han realizado ensayos de laboratorio con agregados, que dependen del uso que se le dé en el diseño de los pavimentos, que determinarán si las canteras están de acuerdo a las medidas. de acuerdo a los estándares MTC vigentes, tanto para los materiales básicos como para el diseño de la capa asfáltica, los cuales deben cumplir con los requisitos de los estándares MTC.

**TABLA N° 2: Frecuencia de Ensayos y control de material**

ENSAYO	NORMAS	SUB BASE Y BASE GRANULAR	
ABRASION LOS ANGELES	NTP 40.019-2002	1cada1000m <sup>3</sup>	Cantera
CBR	NTP 339.145-1999	1cada1000m <sup>3</sup>	Cantera
DENSIDAD EN EL SITIO (METODO DEL CONO)	NT 339.141-1999	1cada250m <sup>2</sup> con un mínimo de 3 controles	Pista
EQUIVALENTE DE ARENA	NTP 339.146-2000	1cada1000m <sup>3</sup>	Cantera
GRANULOMETRIA	NTP 400.012-2001	1cada400m <sup>3</sup>	Cantera
LIMITES DE CONSISTENCIA	NTP 339.129-1998	1cada400m <sup>3</sup>	Cantera
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	NTP 400.040-1990	1cada1000m <sup>3</sup>	Cantera
PARTICULAS FRACTURADAS	MTC E-210-2000	1cada1000m <sup>3</sup>	Cantera
PERDIDA EN SULFATO DE SODIO/MAGNESIO	NTP 400.016-1999	1cada1000m <sup>3</sup>	Cantera
RELACIONES DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)	NTP 339.141-1999	1cada400m <sup>3</sup>	Pista
SALES SOLUBLES	NTP 339.152-2002	1cada1000m <sup>3</sup>	Cantera

**Fuente:** Norma Técnica CE. 010 MV.

Los más importantes ensayos compilados se exponen en seguida:

#### **4.2.2. PRUEBAS EN LA CANTERA PARA MATERIALES DE LA BASE**

##### **4.2.2.1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-421)**

La medida de la granulometría es la distribución de tamaño de la grava o partículas en el suelo. Este se determina cerniendo los agregados a través de mallas de diferentes diámetros hasta el tamiz No. 200 (diámetro 0.074 milímetros), teniendo en cuenta los materiales que atraviesan dicha malla de manera global. El análisis granular da como resultado una curva granulométrica, en la que se intersecta el diámetro del tamiz frente al porcentaje acumulado que pasa o es retenido, según el uso que se necesite.

**CANTERA SABANDIA:** Para establecer el uso de los agregados que se destinaran para la base éste debe de cumplir con una de las gradaciones de acuerdo a las exigencias que se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA N° 3: Requerimiento Granulométrico para Base Granular**

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 milímetros (2pulgada)	100	100		
25 milímetros (1pulgada)		75 a 95	100	100
9.5 milímetros (1/2pulgada)	30 a 65	40 a 75	50 a 5	60 a 100
4.75 milímetros (N° 4)	25 a 55	30 a 60	35 a 65	50 a 85
2.0 milímetros (N° 10)	15 a 40	20 a 45	25 a 50	40 a 70
425 um (N° 40)	8 a 20	15 a 30	15 a 30	25 a 45
75 um (N° 200)	2 a 8	5 a 15	5 a 15	8 a 15

**Fuente:** ASTM D 1241

El agregado de la cantera de Sabandía se cataloga en gradiente "C", tamaño nominal máximo 1 pulgada, Arequipa se encuentra por debajo de los 3000 metros por encima del nivel del mar, y se puede utilizar la gradación B, C o D por lo que la base esta en cumplimiento con los requisitos de pavimentación.

#### 4.2.2.2. AGREGADO GRUESO

Este debe ser de piedra triturada o grava de óptima calidad (retenido en una malla de 4,75 milímetros) y combinada de modo que el producto obtenido cumpla con uno de las tipologías de granulometría especificados y además cumpla con las siguientes exigencias generales:

Debiendo cumplir ciertos parámetros según normas vigentes:

**TABLA N° 4: Requerimiento de Agregado Grueso**

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		<3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	Ministerio de Transporte y Comunicación E210-2000	80.0% mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	Ministerio de Transporte y Comunicación E210-2000	40.0% mínimo	50.0% mínimo
Abrasión Los Ángeles	Norma Técnica Peruana 400.019:2002	40.0% mínimo	
Sales Solubles	Norma Técnica Peruana 339.152:2002	0.50% mínimo	
Perdida de sulfato de Sodio	Norma Técnica Peruana 400.016:1999	-	12.0% máximo
Perdida de sulfato de magnesio	Norma Técnica Peruana 400.016:1999	-	18.0% máximo

**Fuente:** Norma Técnica CE. 010 MV.

#### **4.2.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Este valor se refiere al contenido de agua que contiene una muestra, expresado como un porcentaje del peso del agua dividido por el peso de la materia seca. Este valor es relativo de alguna manera, ya que depende de la variación de condiciones climáticas. Por tanto, es conveniente realizar la prueba y trabajar casi de inmediato con este resultado para evitar desviaciones en el instante de realizar el cálculo.

La cantidad registrada de humedad en la cantera de grava de Sabandia es del 0,23%.

#### **4.2.2.4 CARAS FRACTURADAS**

Se distingue de una superficie angular, rugosa o fracturada de unas partículas de agregados, que se forma triturando por medios por naturaleza o artificiales. Los datos obtenidos en la cantera ubicada en Sabandía fueron del 85%, por lo que cumplen con los requisitos de la base granular.

#### **4.2.2.5. ABRASIÓN POR LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

Mediante un ensayo de abrasión con una máquina de Los Ángeles se puede saber cuánto resiste el suelo a la erosión mecánica o física mediante el contacto directo de bolas de acero que giran con el material a una velocidad de 33 vueltas por segundo, por un período de 15 o 30 minutos, dependiendo del tamaño de la grava, provocando el colapso del material.

Como resultado, el material base nos da un 34,12%, y este resultado cumple con los requisitos porque se permite un desgaste hasta un máximo del 40%.

#### **4.2.2.6. PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS**

La definición es el % en peso de agregados gruesos cuya cociente entre los valores mínima y máxima es superior a cinco.

Los pasos están en base a la norma ASTM D 4791 aplicada a gruesos agregados de más de 4,75 milímetros. Los requisitos exigen un máximo del 15%, la muestra nos da un 5%, y así cumple con los requisitos de la base granular, ya que no hay exceso de partículas alargadas, lo que puede ser

contraproducente porque este tipo de partículas tiende a romperse más rápido.

#### 4.2.2.7. SALES SOLUBLES TOTALES

Esta prueba permite determinar la cantidad de sulfatos y cloruros solubles en agua de los agregados pétreos utilizados en las bases de mezclas bituminosas. Este método se utiliza para realizar controles in situ, debido a la velocidad de visualización y cuantificación de las sales. Una porción de agregados se expone a un lavado continuo con agua destilada hirviendo. La existencia de sales se detecta a través de reactivos químicos que, al menor signo de sales, forman depósitos de fácil visibilidad. Del agua de lavado total, se saca una parte y se procede a cristalizar para calcular las cantidades de sales que están presentes.

Los resultados de las pruebas realizadas en la cantera de Sabandia contiene un 0,16% del total de sales, y estos datos están dentro de los requisitos de la base granular, lo que nos asegura que los agregados a utilizar no presentarán sales suficientemente solubles capaces de afectar la estructura del pavimento.

#### 4.3.3. AGREGADOS FINO

Los agregados finos deberán cumplir con los siguientes requerimientos basados en las normas ASTM publicadas en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de carreteras EG-2014.

**TABLA N° 5: Requerimiento de Agregado Fino**

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3000 msnmm	> 3000 msnmm
Equivalente de arena	Norma Técnica Peruana 339.146.2000	35.0% máx	45.0% mín
Índice plástico	Norma Técnica Peruana 339.129.1999	4.0% máx	2.0% máx
Índice de durabilidad	Ministerio de Transportes y comunicacion E214-2000	35.0% mín	
Sales solubles	Norma Técnica Peruana 339.152.2002	0.5% máx	

**Fuente:** Norma Técnica CE. 010 MV.

#### **4.3.3.1. HUMEDAD NATURAL**

Se mide teniendo considerando la cantidad de H<sub>2</sub>O necesaria que debe recibir el suelo o sustancia para alcanzar las óptimas condiciones mecánicas del suelo.

Según los datos, la humedad normal de la arena es del 2,55%.

#### **4.3.3.2. LIMITE DE CONSISTENCIA**

Hay tres límites importantes de Consistencia: límite de contracción (SL), límite plástico (PL) y límite líquido (LL). El límite de contracción es el contenido de agua en el que el volumen del suelo comienza a aumentar. También está en el punto donde el suelo está 100% saturado. El límite plástico es cuando un hilo de tierra que se extiende sobre una superficie no porosa comienza a desmoronarse cuando alcanza 1/8 de pulgada de diámetro. El límite de líquido es cuando una ranura de ancho específico en una muestra contenida en una bandeja estándar se cierra bajo la caída repetida de esa bandeja sobre una superficie de goma dura. Un número específico de estas gotas establece el límite de líquido. Las fotos del dispositivo y las pruebas realizadas se pueden encontrar en Internet bajo una búsqueda de "Límites de Atterberg". Los detalles de estas pruebas están definidos por ASTM D4943 para el límite de contracción y por ASTM D4318 para los límites de plástico y líquido; en la clasificación de suelos para uso en diseño de carreteras, el límite líquido y el índice de plasticidad (PI) son los más importantes. (ASTMD-424).

Como resultado de nuestro material, en este no hay límite líquido ni límite plástico, por no tener arcilla el grado de drenaje será mejor.

#### **4.3.3.3. INDICE DE PLASTICIDAD**

El distintivo entre el límite plástico y el límite líquido:  $IP = LL - LP$ , en el caso nuestro no existe.

#### **4.3.3.4. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D – 2419**

La prueba de equivalente de arena nos da una indicación del % de arena en la muestra y, por lo tanto, la cantidad de material arcilloso que

contiene. Esto está algo relacionado con probar el porcentaje de material que pasa por el tamiz número 200.

Los datos obtenidos cumplen con los requisitos de base granular ofreciendo un 38% y el valor mínimo es del 35%.

#### **4.4. ENSAYOS EXCLUSIVOS PARA PAVIMENTACION**

El material utilizado para pavimentar, a diferencia de las pruebas encontradas anteriormente, requiere de otras pruebas innecesarias para utilizar agregados en un proyecto diferente al pavimento, ya que este agregado debe presionarse contra el suelo para reducir los vacíos máximos y alcanzar su capacidad portante.

El pavimento consta de tres capas: una subcapa, bases y una capa de asfalto. La subcapa es el relieve natural, pero la base es la capa en la que se colocan los agregados de la cantera que se analiza, la cual debe ser lo adecuadamente compacta para aguantar la requerida carga, de lo contrario habrá que mejorarla. Luego se deben analizar las condiciones agregadas según su óptima composición. Esto es para alcanzar el mejor rendimiento que puede proporcionar el material. Estas pruebas de esfuerzo de laboratorio son: Prueba Proctor modificada y Razón de tolerancia de California (C.B.R.).

##### **4.4.1. PROCTOR MODIFICADO**

El ensayo de proctor se efectúa para determinar el contenido de humedad, denominado "**óptimo contenido de humedad**", para el cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber la cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación para un óptimo diseño.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua de suelo, encontrado que este valor es de alta importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que, a contenidos de humedad creciente, a partir de los valores

bajos, se obtiene más altos pesos específicos secos y, por lo tanto, mejores compactaciones del suelo.

Luego de recopilar los datos de los ensayos realizados el resultado para la cantera de Sabandia es de 2.18gr/cm<sup>3</sup> con una humedad optima de 8.5%.

#### **4.4.2. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

El índice de california (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el proyecto de pavimentos flexibles auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentajes como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón, dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en la muestra de tipo piedra partida.

Dado que el requerimiento del CBR para el material de la base para un tráfico ligero deberá ser como mínimo de 80% podemos concluir que nuestro material de la cantera de Sabandía cumple con un 81% de CBR por lo que cumple con los requerimientos.

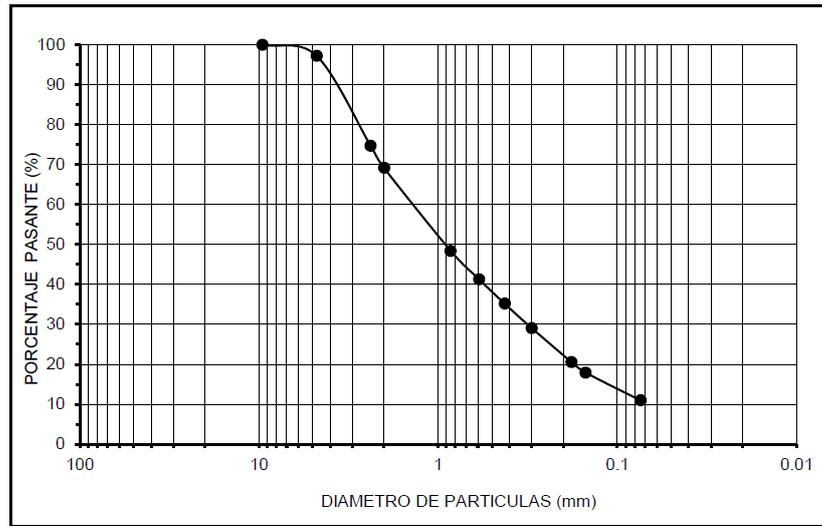
#### **4.5. ENSAYOS DE LA CANTERA PARA SUB BASE**

La subbase descansa sobre la subrasante y los requerimientos de calidad del material que la compone son menos estrictos, debido a que los esfuerzos verticales transmitidos a través de los estratos de pavimento son mayores en la superficie ya que disminuyen conforme se profundiza.

La subbase es un estrato del material escogido, es más honda en la distribución del asfalto, por lo que los materiales que la componen cumplen con requisitos minimos (Minaya y Ordoñez, 2016,02).



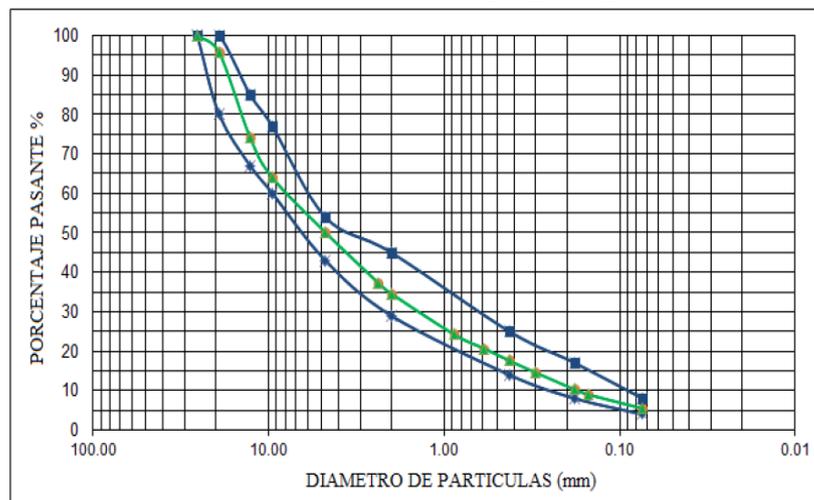
**GRÁFICO N° 2:** Granulometría del agregado fino



**Fuente:** Tesis -2015

Para poder encontrar la dosis de agregados finos y gruesos, se hizo por ensayo y error, encontrándose una dosis del 50% para cada uno, el cual está dentro del rango especificado por EG-2013.

**GRÁFICO N° 3:** Granulometría del agregado grueso



#### 4.5.2. AGREGADO GRUESO

Basados en la norma vigente:

**TABLA N° 7: Normas de Agregado Grueso**

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	Ministerio de Transportes y Comunicación E210-2000	80.0% mín	
Partículas con dos caras fracturadas	Ministerio de Transportes y Comunicación E210-2000	40.0% mín	50.0% mín
Sales solubles	Norma Técnica Peruana 339.152-2002	0.50% máximo	
Abrasión Los Ángeles	Norma Técnica Peruana 400.O19-2002	40.0% máximo	
Perdida con sulfato de magnesio	Norma Técnica Peruana 400.O16-1999	-	18.0% máx
Perdida con sulfato de sodio	Norma Técnica Peruana 400.O16-1999	-	12.0% máx

**Fuente:** Norma Técnica CE. 010 MV.

##### 4.5.2.1. ENSAYO DE DURABILIDAD (al Sulfato de Magnesio)

La proporción de merma de material en una combinación de agregados durante la prueba de durabilidad de agregados sujetos a corrosión con sulfato de magnesio o sulfato de sodio. El estándar es AASHTO T 104 "Prueba de sanidad para agregados por sulfato de sodio". La prueba evalúa la resistencia del agregado al desgaste climático durante la útil vida del pavimento. Los máximos valores de pérdida están alrededor del 10-20% durante cinco ciclos.

El resultado de la prueba obtenido a partir de los datos nos da un muy buen 2,1%, y el máximo es hasta el 18%.

##### 4.5.2.2. ABRASIÓN POR LA MAQUINA DE LOS ANGELES

La tasa de deterioro del agregado es de 16.18% y el requerimiento máximo es de 40%, lo que indica que el agregado es resistente a la corrosión en el proceso de construcción del pavimento y nos dará mayor confiabilidad de que el agregado tenga buena resistencia en su vida útil.

#### 4.5.2.3. PARTICULAS CHATAS ALARGADAS

Los datos obtenidos como datos durante la realización de la prueba dan como resultado un índice de aplanamiento del 6%, por lo que el agregado cumple con los requisitos estándar para mezclas asfálticas del 10% como máximo.

#### 4.5.2.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO ASTM C – 127

Con esta prueba se calcula el porcentaje de absorción o contenido de agua que requiere el agregado para saturar todas sus cavidades. Los materiales a experimentar son los que se guardan en la Tamiz No. 4 para ello, se seleccionan por trituración unos 5 kg de agregados a ensayar y se desecha la parte que pasa por la Tamiz No 4, y la prueba se realiza utilizando el peso de agregado, según su tamaño nominal máximo:

Después de ejecutar el ensayo se registra como dato para el presente trabajo el siguiente resultado:

**TABLA N° 8:** Resultados Gravedad Especifica

<b>Cantera</b>	<b>Uchumayo</b>
Gravedad-especifica-seca-aparente	2.79
Gravedad-especifica-seca-Bulk	2.73
Gravedad-especifica-Saturada-Bulk	2.75
Absorción	0.76

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.5.3. AGREGADO FINO

Los agregados finos deberán cumplir con los siguientes requerimientos basados en las normas ASTM publicadas en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de carreteras EG-2014.

**TABLA N° 9: Requerimiento de Agregado Fino**

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		<3000 msnm	>3000 msnm
Índice-plástico	Norma Técnica Peruana 0339.129-1999	4.0% máximo	2.0% máximo
Equivalente-de-arena	Norma Técnica Peruana 0339.146-2000	35.0% mínimo	45.0% mínimo
Soles-solubles	Norma Técnica Peruana 0339.152-2002	0.50% máximo	
Índice-de-durabilidad	Ministerio de Transportes y Comunicación E0214-2000	35.0% máximo	

**Fuente:** Norma Técnica CE. 010 MV.

#### **4.5.3.1. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D – 2419**

El resultado conseguido es superior al mínimo porcentaje requerido, siendo 47% equivalente de arena para la composición de agregados de la mezcla asfáltica, no excede el mínimo valor.

#### **4.5.3.2. INDICE DE PLASTICIDAD**

Los resultados del índice de plasticidad del material que atraviesa la red N ° 40 para la cantera Uchumayo, no Presenta, por lo que cumple con los requisitos de la mezcla asfáltica.

#### **4.5.3.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-128**

Se utiliza El material que atraviesa el tamiz No. 4, y se rompen los bloques si los contienen para que pasen por el tamiz No. 4 y la muestra sea representativa. Después de realizar las pruebas, se registran los siguientes datos como resultado obtenido:

**TABLA N° 10: Resultados de gravedad específica y absorcion**

Cantera	Uchumayo
Gravedad-especifica-seca-aparente	2.69
Gravedad-especifica-seca-Bulk	2.63
Gravedad-especifica-Saturada-Bulk	2.66
Absorción	0.73

**Fuente:** Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. Las características de los materiales de las canteras de Sabandía y Uchumayo según los ensayos realizados de acuerdo a los estándares mínimos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC son buenas y están de acuerdo a dichos parámetros esto debido a que mostraron un índice de plasticidad indica que su estructura granular contiene una proporción adecuada de materiales finos, por lo que tiene propiedades de fricción interna dentro de los parámetros, así como buena cohesión, además, el agregado relativo a Sabandía se clasifica en gradiente "C y debido a que Arequipa está por debajo de los 3000 msnm se puede utilizar la gradación B, C o D con lo que el material está en cumplimiento con los requisitos de pavimentación, finalmente en vista que de los materiales de las canteras en mención tienen poca arcilla poseen características de drenaje muy buenas.
2. Al evaluar el material de la cantera Sabandía se verificó que este cumple con los requisitos del MTC para ser utilizadas como base y subbase debido a que:  
Los datos para las caras fracturadas fueron del 85% cuando el mínimo según el MTC es 40% por lo que cumple con ese requisito, el resultado de abrasión por la máquina de los ángeles permite un desgaste de 34,12% cuando el máximo según el MTC es 15% por lo que cumple con ese parámetro, el resultado de partículas chatas y alargadas es del 5%, contiene un 0,16% del total de sales, el material no tiene límite líquido ni límite plástico con lo que su grado de drenaje es bueno, el equivalente de arena es del 38%, además el material fino no posee límite líquido ni límite plástico, los datos obtenidos cumplen en la prueba de arena ofrecieron un valor del 38%, el CBR es de un 81%, y debido a que el material de la subbase se ubica siempre en la parte más profunda cumple con los requisitos mínimos.
3. Al evaluar el material de la cantera Uchumayo a través de varios ensayos se verificó que este también cumple con los requisitos del MTC para ser utilizadas como base y subbase por que se obtuvieron los siguientes resultados:  
La cantera de Uchumayo encaja en una de las gradaciones según las descripciones técnicas del MAC-1, el ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio tuvo un resultado del 2,1%, en la prueba de abrasión por la máquina de los ángeles se obtuvo un 16.18%, para partículas chatas y alargadas el resultado fue del 6%, el equivalente de arena fue del 47%; el material fino posee un equivalente de arena del 47%, no presenta índice de plasticidad.

## RECOMENDACIONES

1. El modelo de pavimentación elaborado debe ser evaluado y analizado utilizando el método peruano con la aplicación del software Bisar 3.0 para poder optimizar el diseño teniendo en cuenta cualquier potencial aumento de espesor en el modelo de pavimentación.
2. Respetando el espesor y compresión de las láminas que forman la sub-base y base, con el fin de certificar el correcto funcionamiento de estos estratos de la estructura del pavimento.

## BIBLIOGRAFIA

**Calle, Solanchs Estéfany y Arce, Moisés Gonzalo. 2018.** *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un Pavimento Convencional.* Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa : 2018.

**Carrasco, Roy Adolfo. 2016.** *Pavimentos.* Lima : Ambar, 2016.

**Contreras, K'arlita Beatriz y Herrera, Víctor Alfonso. 2015.** *Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote-Santa-Ancash.* Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote : 2015.

**Edificar. 2018.** *Pavimientos.* Santiago de Chile : s.n., 2018.

**Gutiérrez, José Wilfredo. 2007.** *Modelación geotécnica de pavimentos flexibles con fines de análisis y diseño en el Perú.* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima : 2007.

**Landeau, R. 2007.** *Elaboración de trabajos de investigación. Características . s.l. :* Editorial Alfa., 2007.

**MEF. 2015.** *Lineamientos Metodológicos para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentación en el Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras.* Perú : Servicios Gráficos JMD s.r.l., 2015.

**Moll, Reynier. 2016.** *Procedimiento para el diseño estructural de pavimentos flexibles rehabilitados en Cuba con el empleo de bases recicladas utilizando ligantes asfálticos.* Universidad Tecnológica de la Habana, Cuba : 2016.

**MTC. 2013.** *Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.* Lima : s.n., 2013.

**Quispe, Jessica Vanessa y Portugal, Alvaro Renato. 2015.** *Diseño de pavimento asfáltico de la vía Paucarpata – Puente de Sabandia.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa : 2015.

**Rivas, Manuel. 1998.** *Estudio de los Materiales Granulares Utilizados en Capas de Base y Subbase en Carreteras.* Universidad Politecnica de Madrid, Madrid : 1998.

**Rodríguez, Edgar. 2009.** *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla.* Universidad de Piura, Piura : 2009.

**Vasquéz, Bruno Milton Burgos. 2014.** *Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta S/R: Santa Elvira – El Arenal, en la comuna de Valdivia.* Universidad Austral de Chile, Chile : 2014.

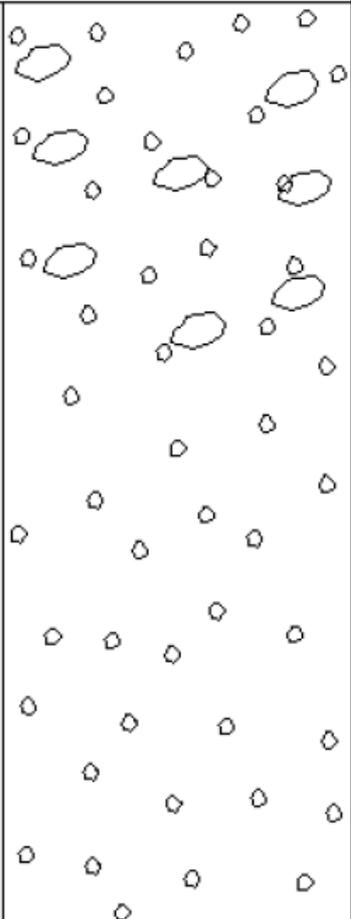
# **ANEXOS**

## ANEXO N° 1

### INFORME TECNICO Y PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA SUBRASANTE DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA – PUENTE DE SABANDIA

#### Columna estratigráfica Calicata N°1

<b>TEMA :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
<b>MUESTRA :</b>	Calicata N° 1
<b>PROGRESIVA:</b>	1 + 580 (PP2)

	SIMBOLO DE CLASIFICACION	PROF.	DESCRIPCION
SP-SM A-1-b		1.50	<p>Suelo granular de color gris, seco, con fragmentos rocosos aislados de 2 1/2" ,grava en estado compacto el estrato es uniforme no se encontro nivel freatico</p>

**Fuente:** Quispe, y otros (2015)

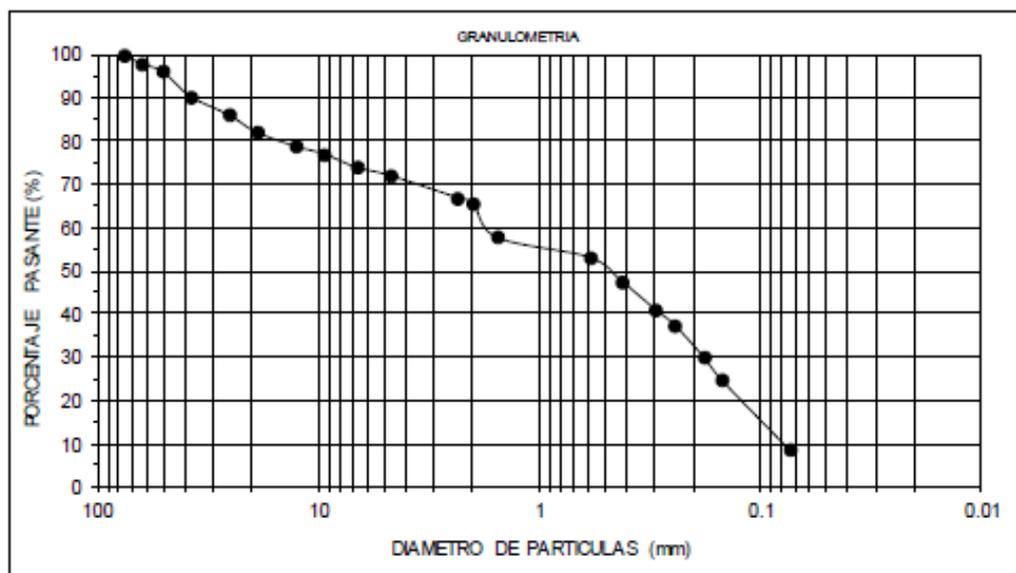
## Análisis Granulométrico Calicata N°1

TEMA	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
MUESTRA	Calicata N° 1
PROF.	1,20 mts
DESIGNACION	ASTM-D 422 AASHTO T-88

TAMIZ	DIAMETRO	W RET+TARA	W RET.	% RET	% PAS. ACUM
3"	76.20				100.00
2 1/2"	63.50	479.34	397.3	2.23	97.77
2"	50.80	399.26	317.3	1.78	95.99
1 1/2"	38.10	1098.20	1016.2	5.70	90.28
1"	25.40	859.64	777.6	4.36	85.92
3/4"	19.10	786.82	704.8	3.96	81.96
1/2"	12.70	666.18	584.2	3.28	78.68
3/8"	9.52	381.70	299.7	1.68	77.00
1/4"	6.750	640.900	558.9	3.14	73.87
4	4.760	417.240	335.2	1.88	71.98
8	2.380	899.8	899.8	5.05	66.93
10	2.000	230.7	230.7	1.29	65.64
20	1.563	1418.0	1418.0	7.96	57.68
30	0.590	831.9	831.9	4.67	53.01
40	0.425	971.9	971.9	5.46	47.55
50	0.300	1160.6	1160.6	6.51	41.04
60	0.245	644.8	644.8	3.62	37.42
80	0.180	1341.4	1341.4	7.53	29.89
100	0.150	924.5	924.5	5.19	24.70
200	0.074	2878.2	2878.2	16.16	8.55
FONDO		1523.0	1523.0	8.55	0.00

CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	NP
L PLASTICO	NP
I PLASTICIDAD	NP

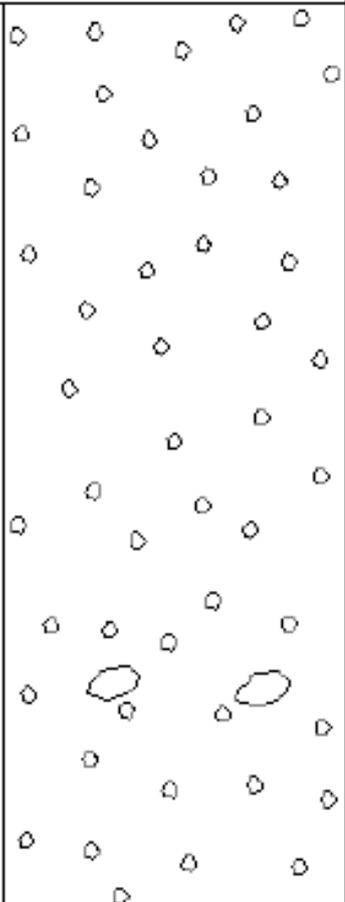
CLASIFICACION	
SUC5	SP - SM
AASHTO	A - 1 - b



Fuente: Quispe, y otros (2015)

### Columna estratigráfica Calicata N°2

TEMA :	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
MUESTRA :	Calicata N° 2
PROGRESIVA:	1 + 280 (PP2)

SIMBOLO DE CLASIFICACION		PROF.	DESCRIPCION
SP-SM A-1-b		1.50	Suelo granular de color marron con fragmentos rocosos aislados de 2 1/2" ,grava en estado compacto el estrato es uniforme no se encontro niv el freatico

**Fuente:** Quispe, y otros (2015)

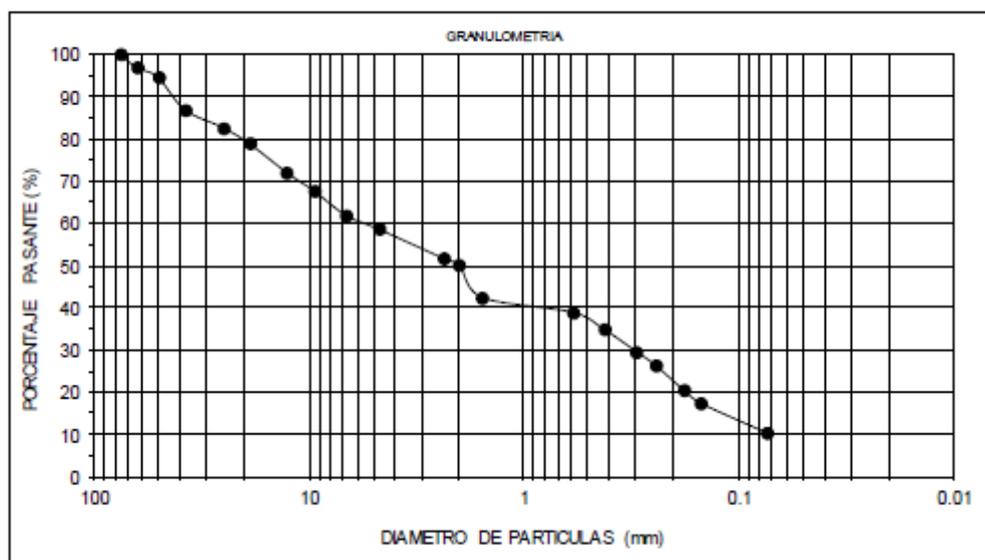
## Análisis Granulométrico Calicata N°2

TEMA	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
MUESTRA	Calicata N° 2
PROF.	1,20 mts
DESIGNACION	ASTM-D 422 AASHTO T-88

TAMIZ	DIAMETRO	W RET+TARA	W RET.	% RET	% PAS. ACUM
3"	76.20				100.00
2 1/2"	63.50	480.96	388.1	3.17	96.83
2"	50.80	364.69	271.8	2.22	94.60
1 1/2"	38.10	1030.60	937.8	7.67	86.93
1"	25.40	609.54	516.7	4.23	82.71
3/4"	19.10	555.49	462.6	3.78	78.93
1/2"	12.70	944.43	851.6	6.96	71.96
3/8"	9.52	614.44	521.6	4.27	67.70
1/4"	6.750	803.500	710.7	5.81	61.88
4	4.760	490.140	397.3	3.25	58.63
8	2.380	843.6	843.6	6.90	51.74
10	2.000	191.1	191.1	1.56	50.17
20	1.563	943.7	943.7	7.72	42.46
30	0.590	433.2	433.2	3.54	38.91
40	0.425	485.0	485.0	3.97	34.95
50	0.300	647.6	647.6	5.30	29.65
60	0.245	391.0	391.0	3.20	26.45
80	0.180	728.9	728.9	5.96	20.49
100	0.150	378.4	378.4	3.09	17.40
200	0.074	858.8	858.8	7.02	10.37
FONDO		1268.5	1268.5	10.37	0.00

CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	NP
L PLASTICO	NP
I PLASTICIDAD	NP

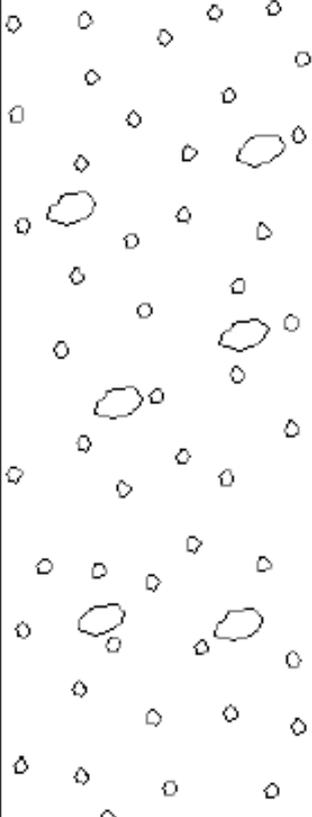
CLASIFICACION	
SUCS	SP - SM
AASHTO	A - 1 - b



Fuente: Quispe, y otros (2015)

### Columna estratigráfica Calicata N°3

TEMA :	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
MUESTRA :	Calicata N° 3
PROGRESIVA:	1 + 010 (PP2)

	SIMBOLO DE CLASIFICACION	PROF.	DESCRIPCION
		1.50	Suelo granular de color marron oscuro combinado con caliche ,humedo, con fragmentos rocosos aislados de 2 1/2" ,grava en estado compacto el estrato es uniforme no se encontro nivel freatico
SP-SM A-1-b			

Fuente: Quispe, y otros (2015)

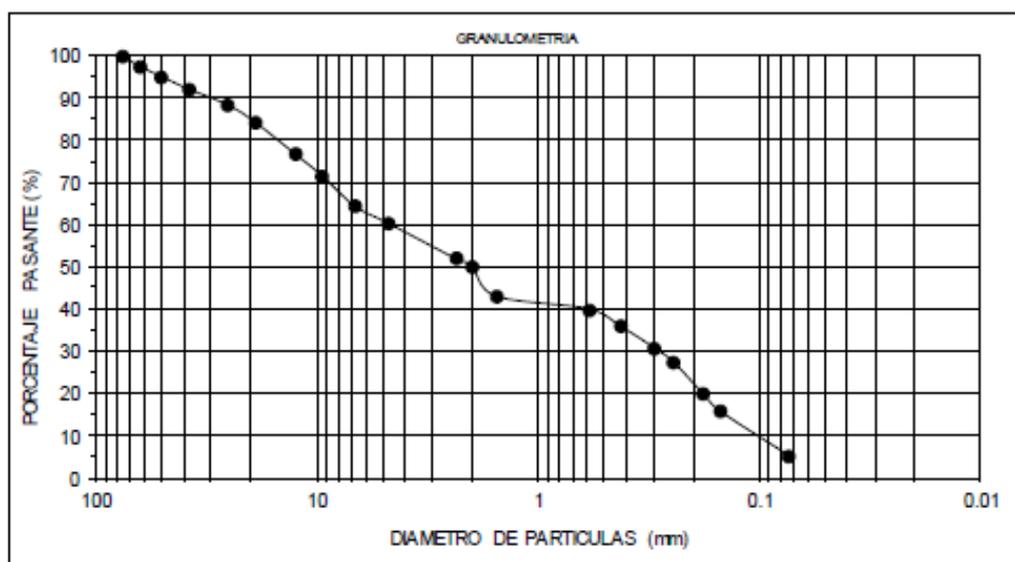
### Análisis Granulométrico Calicata N°3

TEMA	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
MUESTRA	Calicata N° 3
PROF.	1,20 mts
DESIGNACION	ASTM-D 422 AASHTO T-88

TAMIZ	DIAMETRO	W RET+TARA	W RET.	% RET	% PAS. ACUM
3"	76.20				100.00
2 1/2"	63.50	428.27	336.7	2.47	97.53
2"	50.80	422.94	331.4	2.43	95.10
1 1/2"	38.10	500.86	409.3	3.00	92.10
1"	25.40	602.12	510.5	3.74	88.36
3/4"	19.10	647.95	556.4	4.08	84.29
1/2"	12.70	1098.32	1006.7	7.38	76.91
3/8"	9.52	813.87	722.3	5.29	71.61
1/4"	6.750	1081.480	989.9	7.25	64.36
4	4.760	646.370	554.8	4.07	60.29
8	2.380	1130.0	1130.0	8.28	52.01
10	2.000	237.7	237.7	1.74	50.27
20	1.563	980.2	980.2	7.18	43.09
30	0.590	420.3	420.3	3.08	40.01
40	0.425	554.8	554.8	4.07	35.94
50	0.300	696.0	696.0	5.10	30.84
60	0.245	460.0	460.0	3.37	27.47
80	0.180	1025.4	1025.4	7.51	19.95
100	0.150	573.8	573.8	4.21	15.75
200	0.074	1417.2	1417.2	10.39	5.36
FONDO		731.5	731.5	5.36	0.00

CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	NP
L PLASTICO	NP
I PLASTICIDAD	NP

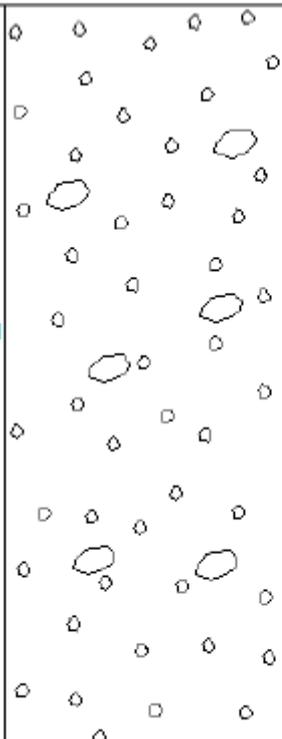
CLASIFICACION	
SUCS	SP - SM
AASHTO	A - 1 - b



Fuente: Quispe, y otros (2015)

### Columna estratigráfica Calicata N°4

TEMA :	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
MUESTRA :	Calicata N° 4
PROGRESIVA:	0 + 840 (PP2)

SIMBOLO DE CLASIFICACION		PROF.	DESCRIPCION
SP-SM A-1-b		1.50	Suelo granular de color marron con fragmentos rocosos aislados de 2 1/2" , humedo, grava en estado compacto el estrato es uniforme no se encontro nivel freatico

**Fuente:** Quispe, y otros (2015)

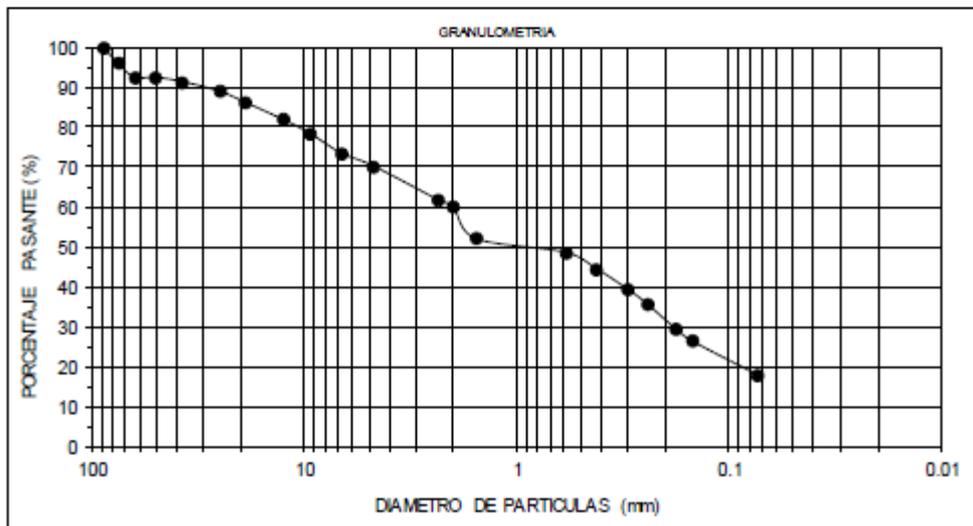
## Análisis Granulométrico Calicata N°4

TEMA	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
MUESTRA	Calicata N° 4
PROF.	1,20 mts
DESIGNACION	ASTM-D 422 AASHTO T-88

TAMIZ	DIAMETRO	W RET+TARA	W RET.	% RET	% PAS. ACUM
3 1/2"	88.9				100.00
3"	76.20	666.26	583.06	3.887	96.11
2 1/2"	63.50	623.86	540.66	3.604	92.51
2"	50.80	83.20	0.00	0.000	92.51
1 1/2"	38.10	242.14	158.94	1.060	91.45
1"	25.40	440.26	357.06	2.380	89.07
3/4"	19.10	503.16	419.96	2.800	86.27
1/2"	12.70	725.93	642.73	4.285	81.98
3/8"	9.52	591.03	507.83	3.386	78.60
1/4"	6.750	837.280	754.08	5.027	73.57
4	4.760	565.330	482.13	3.214	70.36
8	2.380	1250.60	1250.60	8.337	62.02
10	2.000	272.91	272.91	1.819	60.20
20	1.563	1198.88	1198.88	7.993	52.21
30	0.590	517.97	517.97	3.453	48.75
40	0.425	600.71	600.71	4.005	44.75
50	0.300	790.04	790.04	5.267	39.48
60	0.245	525.57	525.57	3.504	35.98
80	0.180	932.30	932.30	6.215	29.76
100	0.150	471.32	471.32	3.142	26.62
200	0.074	1266.85	1266.85	8.446	18.18
FONDO		2726.40	2726.40	18.176	0.00

CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	NP
L PLASTICO	NP
I PLASTICIDAD	NP

CLASIFICACION	
SUC5	SP - SM
AASHTO	A - 1 - b



Fuente: Quispe, y otros (2015)

## ANEXO N° 2

### DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559

PROYECTO :	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
UBICACIÓN :	PAUCARPATA
MUESTRA :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
CANtera :	LA PODEROSA
FECHA :	30/03/1015

CARACTERISITICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA	UNIDAD	CANTIDAD
Contenido Optimo de Asfalto PEN 120-150	%	5.6
Agregado Grueso	%	47.2
Agregado Fino (Arena)	%	47.2
Peso Especifico de la Mezcla Asfáltica Compactada	gf/cm <sup>3</sup>	2.399
% de Vacios del total de la mezcla VTM	%	3.40
% de Vacios llenos con Asfalto VFA	%	77.50
Vacios del Agregado Mineral VMA	%	15.50
Flujo	x 0.01"	13.65
Estabilidad	Lb	2925
Temperatura de Mezcla	°C	150

COMBINACION DE AGREGADOS PARA LA MEZCLA	UNIDAD	CANTIDAD
AGREGADO GRUESO	%	50.00
AGREGADO FINO (ARENA)	%	50.00

**Fuente:** Quispe, y otros (2015)

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL -  
NORMA ASTM D 1559-A**

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
<b>UBICACIÓN :</b>	PAUCARPATA
<b>MUESTRA :</b>	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
<b>CANTERA :</b>	LA PODEROSA
<b>FECHA :</b>	30/03/1015

Nº	DESCRIPCION	UND	ENSAYO					
			I			II		
Especimen			1	2	3	1	2	3
1	% Cemento Asfáltico en peso de la mezcla (Pb)	%	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5
2	% Agregado grueso 1/2" en peso de la mezcla (Ps)	%	48.0	48.0	48.0	47.8	47.8	47.8
3	% Agregado fino - Arena en peso de la mezcla (Ps)	%	48.0	48.0	48.0	47.8	47.8	47.8
4	Gravedad Especifica Aparente (Gb) Cemento Asfáltico		1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030
5	Gravedad Especifica Seca Bulk (Gsb) agregado grueso		2.730	2.730	2.730	2.730	2.730	2.730
6	Gravedad Especifica Seca Bulk (Gsb) agregado fino - Arena		2.630	2.630	2.630	2.630	2.630	2.630
7	Gravedad Especifica Seca Aparente (Gsa) agregado grueso		2.790	2.790	2.790	2.790	2.790	2.790
8	Gravedad Especifica Seca Aparente (Gsa) agregado fino - Arena		2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690
9	Promedio A=(Gsa+Gsb)/2 del agregado grueso		2.760	2.760	2.760	2.760	2.760	2.760
10	Promedio C=(Gsa+Gsb)/2 del agregado fino - Arena		2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
11	Altura Promedio del especimen	cm	6.75	6.71	6.73	6.19	6.42	6.13
12	Gravedad especifica Seca Bulk de la combinación de agregados		2.679	2.679	2.679	2.679	2.679	2.679
13	Gravedad especifica Seca Aparente de la combinación de agregados		2.739	2.739	2.739	2.739	2.739	2.739
14	Peso del especimen al aire (Wa)	gr	1230.3	1231.1	1233.3	1168.8	1156.9	1174.6
15	Peso del especimen parafinado en el aire (Wp)	gr	1254.2	1259.7	1256.7	1195.5	1175.7	1186.7
16	Peso del especimen parafinado en el agua (Ww)	gr	696.8	700.0	699.2	670.3	665.5	683.4
17	Volumen del especimen por desizamiento	cm <sup>3</sup>	529.28	526.05	529.97	493.79	488.08	489.06
18	Gravedad especifica seca bulk del especimen Gmb		2.324	2.340	2.327	2.367	2.370	2.402
19	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.543	2.543	2.543	2.524	2.524	2.524
20	Porcentaje de vacios del total de la mezcla VTM	%	8.60	7.98	8.50	6.22	6.09	4.84
21	Densidad del especimen Marshall	g/cm <sup>3</sup>	2.324	2.340	2.327	2.367	2.370	2.402
22	% de vacios del agregado mineral VMA	%	16.7	16.1	16.6	15.6	15.5	14.4
23	% de vacios llenos con asfalto, VFA	%	48.5	50.6	48.8	60.2	60.7	66.3
24	Gravedad especifica efectiva Gse		2.709	2.709	2.709	2.709	2.709	2.709
25	Gravedad especifica aparente de la combinación de agregados Gsa		2.739	2.739	2.739	2.739	2.739	2.739
26	Gravedad especifica bulk de la combinación de agregados Gsb		2.679	2.679	2.679	2.679	2.679	2.679
27	Si Gsa>Gse>Gsb, continuar con la verificación		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
28	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.543	2.543	2.543	2.524	2.524	2.524
29	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.543	2.543	2.543	2.524	2.524	2.524
30	Verificación		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
31	% de vacios del agregado mineral VMA	%	16.71	16.14	16.61	15.62	15.51	14.39
32	% de vacios del agregado mineral VMA	%	16.71	16.14	16.61	15.62	15.51	14.39
33	Verificación en % de vacios del agregado mineral VMA		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
34	Estabilidad sin corregir	Lb	2278.00	2453.00	2226.00	2184.00	1890.00	2840.00
35	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	1.09	1.09	1.09
36	Estabilidad corregida	Lb	2186.88	2354.88	2136.96	2380.56	2060.10	3095.60
37	Estabilidad corregida promedio	Lb		2226.24			2512.09	
38	Flujo	x0.01"	9.70	10.20	8.50	11.80	11.10	11.70
39	Flujo promedio	x0.01"		9.47			11.53	
40	Densidad de cada especimen Marshall promedio	g/cm <sup>3</sup>		2.331			2.384	
41	Porcentaje de vacios del total de la mezcla, VTM	%		8.36			5.72	
42	Porcentaje de vacios del agregado mineral, VMA	%		16.49			15.17	
43	Porcentaje de vacios llenos con asfalto, VFA	%		49.30			62.43	

Fuente: Quispe, y otros (2015)

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL -  
NORMA ASTM D 1559-B**

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
<b>UBICACIÓN :</b>	PAUCARPATA
<b>MUESTRA :</b>	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
<b>CANTERA :</b>	LA PODEROSA
<b>FECHA :</b>	30/03/1015

Nº	DESCRIPCION	UND	ENSAYO					
			III			IV		
Especimen			1	2	3	1	2	3
1	% Cemento Asfáltico en peso de la mezcla (Pb)	%	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5
2	% Agregado grueso 1/2" en peso de la mezcla (Ps)	%	47.5	47.5	47.5	47.3	47.3	47.3
3	% Agregado fino - Arena en peso de la mezcla (Pfs)	%	47.5	47.5	47.5	47.3	47.3	47.3
4	Gravedad Especifica Aparente (Gb) Cemento Asfáltico		1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030
5	Gravedad Especifica Seca Bulk (Gsb) agregado grueso		2.730	2.730	2.730	2.730	2.730	2.730
6	Gravedad Especifica Seca Bulk (Gsb) agregado fino - Arena		2.630	2.630	2.630	2.630	2.630	2.630
7	Gravedad Especifica Seca Aparente (Gsa) agregado grueso		2.790	2.790	2.790	2.790	2.790	2.790
8	Gravedad Especifica Seca Aparente (Gsa) agregado fino - Arena		2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690
9	Promedio A=(Gsa+Gsb)/2 del agregado grueso		2.760	2.760	2.760	2.760	2.760	2.760
10	Promedio C=(Gsa+Gsb)/2 del agregado fino - Arena		2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
11	Altura Promedio del especimen	cm	6.20	6.25	6.17	6.19	6.23	6.13
12	Gravedad especifica Seca Bulk de la combinación de agregados		2.679	2.679	2.679	2.679	2.679	2.679
13	Gravedad especifica Seca Aparente de la combinación de agregados		2.739	2.739	2.739	2.739	2.739	2.739
14	Peso del especimen al aire (Wa)	gf	1178.6	1179.9	1165.3	1180.3	1182.5	1178.1
15	Peso del especimen parafinado en el aire (Wp)	gf	1198.3	1209.0	1187.3	1192.4	1199.0	1194.8
16	Peso del especimen parafinado en el agua (Ww)	gf	680.8	676.4	680.2	683.6	684.5	685.0
17	Volumen del especimen por desluzamiento	cm³	494.32	498.36	481.22	494.56	495.09	490.15
18	Gravedad especifica seca bulk del especimen Gmb		2.384	2.368	2.422	2.387	2.388	2.404
19	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.505	2.505	2.505	2.486	2.486	2.486
20	Porcentaje de vacios del total de la mezcla VTM	%	4.82	5.48	3.33	4.01	3.93	3.32
21	Densidad del especimen Marshall	g/cm³	2.384	2.368	2.422	2.387	2.388	2.404
22	% de vacios del agregado mineral, VMA	%	15.5	16.0	14.1	15.8	15.8	15.2
23	% de vacios llenos con asfalto, VFA	%	68.8	65.8	76.5	74.7	75.0	78.2
24	Gravedad especifica efectiva Gse		2.709	2.709	2.709	2.709	2.709	2.709
25	Gravedad especifica aparente de la combinación de agregados Gsa		2.739	2.739	2.739	2.739	2.739	2.739
26	Gravedad especifica bulk de la combinación de agregados Gsb		2.679	2.679	2.679	2.679	2.679	2.679
27	Si Gsa>Gse>Gsb, continuar con la verificación		Ok!	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!
28	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.505	2.505	2.505	2.486	2.486	2.486
29	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.505	2.505	2.505	2.486	2.486	2.486
30	Verificación		Ok!	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!
31	% de vacios del agregado mineral VMA	%	15.45	16.05	14.13	15.82	15.75	15.22
32	% de vacios del agregado mineral VMA	%	15.45	16.05	14.13	15.82	15.75	15.22
33	Verificación en % de vacios del agregado mineral VMA		Ok!	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!
34	Estabilidad sin corregir	Lb	2242.00	2122.00	2226.00	2546.00	2584.00	2576.00
35	Factor de Estabilidad		1.09	1.04	1.14	1.09	1.09	1.09
36	Estabilidad corregida	Lb	2443.76	2206.88	2537.64	2775.14	2616.56	2807.84
37	Estabilidad corregida promedio	Lb		2396.10			2799.85	
38	Flujo	x0.01"	12.20	12.10	12.70	13.30	13.60	13.00
39	Flujo promedio	x0.01"		12.33			13.30	
40	Densidad de cada especimen Marshall promedio	g/cm³		2.391			2.393	
41	Porcentaje de vacios del total de la mezcla, VTM	%		4.54			3.75	
42	Porcentaje de vacios del agregado mineral, VMA	%		15.21			15.60	
43	Porcentaje de vacios llenos con asfalto, VFA	%		70.37			75.96	

Fuente: Quispe, y otros (2015)

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL -  
NORMA ASTM D 1559-C**

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
<b>UBICACIÓN :</b>	PAUCARPATA
<b>MUESTRA :</b>	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
<b>CANTERA :</b>	LA PODEROSA
<b>FECHA :</b>	30/03/1015

Nº	DESCRIPCION	UND	ENSAYO					
			V			VI		
Especimen			1	2	3	1	2	3
1	% Cemento Asfáltico en peso de la mezcla (Pb)	%	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5
2	% Agregado grueso 1/2" en peso de la mezcla (Ps)	%	47.0	47.0	47.0	46.8	46.8	46.8
3	% Agregado fino - Arena en peso de la mezcla (P <sub>s</sub> )	%	47.0	47.0	47.0	46.8	46.8	46.8
4	Gravedad Especifica Aparente (G <sub>b</sub> ) Cemento Asfáltico		1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030
5	Gravedad Especifica Seca Bulk (G <sub>sb</sub> ) agregado grueso		2.730	2.730	2.730	2.730	2.730	2.730
6	Gravedad Especifica Seca Bulk (G <sub>sb</sub> ) agregado fino - Arena		2.630	2.630	2.630	2.630	2.630	2.630
7	Gravedad Especifica Seca Aparente (G <sub>sa</sub> ) agregado grueso		2.790	2.790	2.790	2.790	2.790	2.790
8	Gravedad Especifica Seca Aparente (G <sub>sa</sub> ) agregado fino - Arena		2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690
9	Promedio A=(G <sub>sa</sub> +G <sub>sb</sub> )/2 del agregado grueso		2.760	2.760	2.760	2.760	2.760	2.760
10	Promedio C=(G <sub>sa</sub> +G <sub>sb</sub> )/2 del agregado fino - Arena		2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
11	Altura Promedio del especimen	cm	6.17	6.21	6.17	6.23	6.18	6.31
12	Gravedad específica Seca Bulk de la combinación de agregados		2.679	2.679	2.679	2.679	2.679	2.679
13	Gravedad específica Seca Aparente de la combinación de agregados		2.739	2.739	2.739	2.739	2.739	2.739
14	Peso del especimen al aire (W <sub>a</sub> )	gr	1180.9	1179.7	1178.3	1186.5	1162.2	1188.8
15	Peso del especimen parafinado en el aire (W <sub>p</sub> )	gr	1195.5	1194.4	1193.2	1200.8	1178.7	1205.2
16	Peso del especimen parafinado en el agua (W <sub>w</sub> )	gr	686.2	684.6	684.2	687.2	672.7	687.5
17	Volumen del especimen por desluzamiento	cm <sup>3</sup>	492.12	492.51	491.47	496.78	486.59	498.41
18	Gravedad específica seca bulk del especimen G <sub>mb</sub>		2.400	2.395	2.397	2.388	2.388	2.385
19	Gravedad específica teórica máxima, Rice G <sub>mm</sub>		2.468	2.468	2.468	2.450	2.450	2.450
20	Porcentaje de vacíos del total de la mezcla VTM	%	2.76	2.93	2.85	2.50	2.49	2.63
21	Densidad del especimen Marshall	g/cm <sup>3</sup>	2.400	2.395	2.397	2.388	2.388	2.385
22	% de vacíos del agregado mineral, VMA	%	15.8	16.0	15.9	16.6	16.6	16.8
23	% de vacíos llenos con asfalto, VFA	%	82.5	81.6	82.1	85.0	85.0	84.3
24	Gravedad específica efectiva G <sub>se</sub>		2.709	2.709	2.709	2.709	2.709	2.709
25	Gravedad específica aparente de la combinación de agregados G <sub>sa</sub>		2.739	2.739	2.739	2.739	2.739	2.739
26	Gravedad específica bulk de la combinación de agregados G <sub>sb</sub>		2.679	2.679	2.679	2.679	2.679	2.679
27	Si G <sub>sa</sub> >G <sub>se</sub> >G <sub>sb</sub> , continuar con la verificación		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
28	Gravedad específica teórica máxima, Rice G <sub>mm</sub>		2.468	2.468	2.468	2.450	2.450	2.450
29	Gravedad específica teórica máxima, Rice G <sub>mm</sub>		2.468	2.468	2.468	2.450	2.450	2.450
30	Verificación		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
31	% de vacíos del agregado mineral VMA	%	15.81	15.96	15.88	16.64	16.64	16.76
32	% de vacíos del agregado mineral VMA	%	15.81	15.96	15.88	16.64	16.64	16.76
33	Verificación en % de vacíos del agregado mineral VMA		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
34	Estabilidad sin corregir	Lb	3008.00	3107.00	2968.00	2126.00	2137.00	1949.00
35	Factor de Estabilidad		1.09	1.09	1.09	1.04	1.09	1.04
36	Estabilidad corregida	Lb	3278.72	3386.63	3235.12	2211.04	2329.33	2026.96
37	Estabilidad corregida promedio	Lb	3300.16			2189.11		
38	Flujo	x0.01"	13.40	14.60	14.40	15.50	15.50	15.00
39	Flujo promedio	x0.01"	14.13			15.33		
40	Densidad de cada especimen Marshall promedio	g/cm <sup>3</sup>	2.397			2.387		
41	Porcentaje de vacíos del total de la mezcla, VTM	%	2.85			2.54		
42	Porcentaje de vacíos del agregado mineral, VMA	%	15.88			16.68		
43	Porcentaje de vacíos llenos con asfalto, VFA	%	82.08			84.79		

**Fuente:** Quispe, y otros (2015)

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL -  
NORMA ASTM D 1559-D**

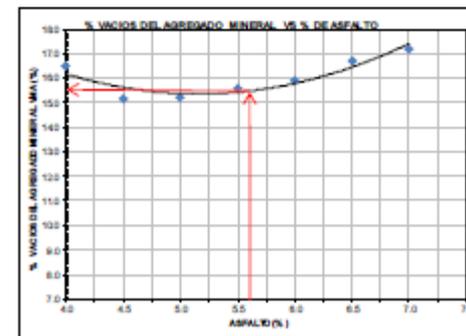
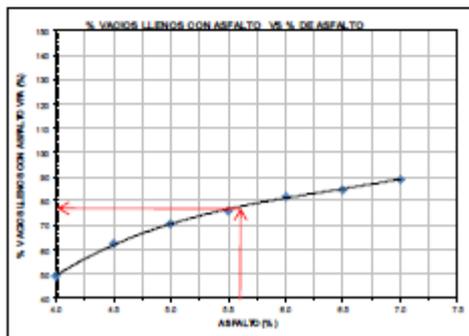
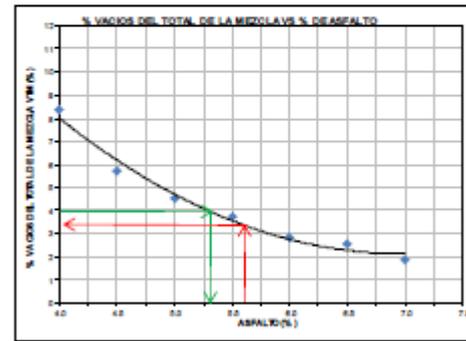
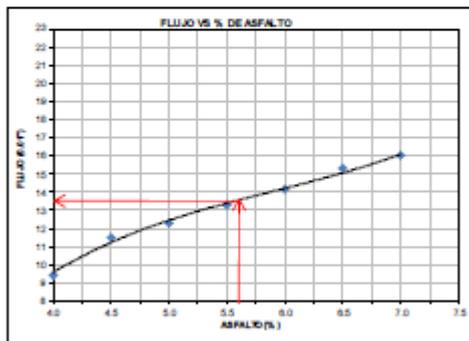
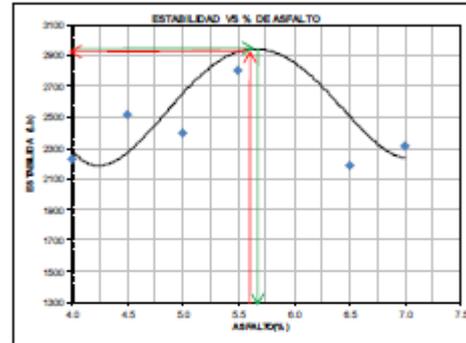
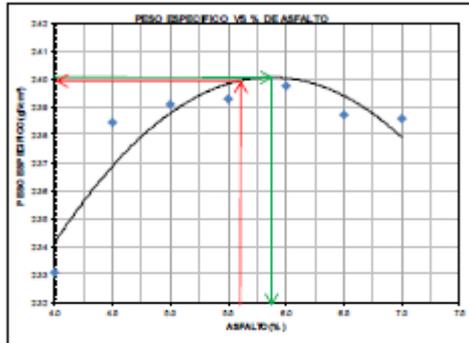
<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
<b>UBICACIÓN :</b>	PAUCARPATA
<b>MUESTRA :</b>	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
<b>CANTERA :</b>	LA PODEROSA
<b>FECHA :</b>	30/03/1015

Nº	DESCRIPCION	UND	ENSAYO					
			VII	1	2	3		
	Especimen		1	2	3			
1	% Cemento Asfáltico en peso de la mezcla (Pb)	%	7	7	7			
2	% Agregado grueso 1/2" en peso de la mezcla (Ps)	%	46.5	46.5	46.5			
3	% Agregado fino - Arena en peso de la mezcla (Pz)	%	46.5	46.5	46.5			
4	Gravedad Especifica Aparente (Gb) Cemento Asfáltico		1.03	1.03	1.03			
5	Gravedad Especifica Seca Bulk (Gsb) agregado grueso		2.73	2.73	2.73			
6	Gravedad Especifica Seca Bulk (Gsb) agregado fino - Arena		2.63	2.63	2.63			
7	Gravedad Especifica Seca Aparente (Gsa) agregado grueso		2.79	2.79	2.79			
8	Gravedad Especifica Seca Aparente (Gsa) agregado fino - Arena		2.69	2.69	2.69			
9	Promedio $A=(Gsa+Gsb)/2$ del agregado grueso		2.76	2.76	2.76			
10	Promedio $C=(Gsa+Gsb)/2$ del agregado fino - Arena		2.66	2.66	2.66			
11	Altura Promedio del especimen	cm	6.26	6.32	6.25			
12	Gravedad especifica Seca Bulk de la combinación de agregados		2.67907	2.67907	2.67907			
13	Gravedad especifica Seca Aparente de la combinación de agregados		2.73909	2.73909	2.73909			
14	Peso del especimen al aire (Wa)	gf	1182.3	1194.6	1187			
15	Peso del especimen parafinado en el aire (Wp)	gf	1201.9	1211.3	1202.4			
16	Peso del especimen parafinado en el agua (Ww)	gf	682	692	686.9			
17	Volumen del especimen por deslizamiento	cm <sup>3</sup>	496.841	499.653	497.382			
18	Gravedad especifica seca bulk del especimen Gmb		2.37963	2.39086	2.38649			
19	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.4316	2.4316	2.4316			
20	Porcentaje de vacios del total de la mezcla VTM	%	2.13722	1.67555	1.85509			
21	Densidad del especimen Marshall	g/cm <sup>3</sup>	2.37963	2.39086	2.38649			
22	% de vacios del agregado mineral, VMA	%	17.3944	17.0047	17.1563			
23	% de vacios llenos con asfalto, VFA	%	87.7132	90.1465	89.1871			
24	Gravedad especifica efectiva Gse		2.70908	2.70908	2.70908			
25	Gravedad especifica aparente de la combinación de agregados Gsa		2.73909	2.73909	2.73909			
26	Gravedad especifica bulk de la combinación de agregados Gsb		2.67907	2.67907	2.67907			
27	Si $Gsa > Gse > Gsb$ , continuar con la verificación		Ok!	Ok!	Ok!			
28	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.4316	2.4316	2.4316			
29	Gravedad especifica teorica máxima, Rice Gmm		2.4316	2.4316	2.4316			
30	Verificación		Ok!	Ok!	Ok!			
31	% de vacios del agregado mineral VMA	%	17.3944	17.0047	17.1563			
32	% de vacios del agregado mineral VMA	%	17.3944	17.0047	17.1563			
33	Verificación en % de vacios del agregado mineral VMA		Ok!	Ok!	Ok!			
34	Estabilidad sin corregir	Lb	2018	2372	2276			
35	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04			
36	Estabilidad corregida	Lb	2098.72	2466.88	2367.04			
37	Estabilidad corregida promedio	Lb	2310.88					
38	Flujo	x0.01"	15	16.6	16.4			
39	Flujo promedio	x0.01"	16.00					
40	Densidad de cada especimen Marshall promedio	g/cm <sup>3</sup>	2.39					
41	Porcentaje de vacios del total de la mezcla, VTM	%	1.89					
42	Porcentaje de vacios del agregado mineral, VMA	%	17.19					
43	Porcentaje de vacios llenos con asfalto, VFA	%	89.02					

Fuente: Quispe, y otros (2015)

## DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559-E

PROYECTO :	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
UBICACIÓN :	PAUCARPATA
MUESTRA :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
CANTERA :	LA PODEROSA
FECHA :	30/03/1015



Fuente: Quispe, y otros (2015)

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL -  
NORMA ASTM D 1559-F**

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA VIA PAUCARPATA-PUENTE SABANDIA
<b>UBICACIÓN :</b>	PAUCARPATA
<b>MUESTRA :</b>	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
<b>CANTERA :</b>	LA PODEROSA
<b>FECHA :</b>	30/03/1015

Contenido de Asfalto (%)	Peso Especif. g/cm <sup>3</sup>	Estabilidad (Lb)	Flujo (x0.01")	VTM (%)	VFA (%)	VMA (%)
4.00	2.331	2226	9.47	8.35	49.32	16.48
4.50	2.384	2512	11.53	5.71	62.46	15.17
5.00	2.391	2396	12.33	4.54	70.40	15.20
5.50	2.393	2800	13.30	3.75	75.99	15.59
<b>5.62</b>	<b>2.399</b>	<b>2925</b>	<b>13.65</b>	<b>3.40</b>	<b>77.50</b>	<b>15.50</b>
6.00	2.397	3300	14.13	2.84	82.11	15.87
6.50	2.387	2189	15.33	2.53	84.82	16.67
7.00	2.386	2311	16.00	1.88	89.05	17.18

**Fuente:** Quispe, y otros (2015)