

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

“Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Pomanta para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Orbezo Andamayo, Joseph Atilio

ASESOR: Tuanama Lavi, Jose Wicley

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión en la construcción

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería de transporte

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72115888

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 05860064

Grado/Título: Maestro en gerencia pública

Código ORCID: 0000-0002-5148-6384

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Huaman Cuespan, Carlos Esteban	Doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible	42289817	0000-0002-9668-6670
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433

D

H



PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A)
CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 9:30 horas del día **lunes 09 de setiembre de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:


- ❖ DR. CARLOS ESTEBAN HUAMÁN CUESPAN - PRESIDENTE
- ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA - SECRETARIO
- ❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1912-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Joseph Atilio ORBEZO ANDAMAYO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.


Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *..Aprobado..* por *..Unanimidad..* con el calificativo cuantitativo de *..12..* y cualitativo de *..Suficiente..* (Art. 47).


Siendo las *10:40* horas del día **09 del mes de setiembre** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. CARLOS ESTEBAN HUAMÁN CUESPAN
DNI: 42289817
ORCID: 0000-0002-9668-6670

PRESIDENTE


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745

SECRETARIO (A)


MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JOSEPH ATILIO ORBEZO ANDAMAYO, de la investigación titulada “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la Cantera Pomanta para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023”, con asesor JOSE WICLEY TUANAMA LAVI, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0276-2024-D-FI-UDH, del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 22 de julio de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

17. ORBEZO ANDAMAYO JOSEPH ATILIO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

14%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421

FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A Dios por forjar mi camino, por levantarme de mis continuos tropiezos y acompañarme en mis momentos más difíciles.

A mis padres, por el constante sustento que me ofrecieron en cada momento, siendo para mí un gran soporte para cumplir mis metas. Me brindaron mucha fe y confianza en cada desafío que me encontraba, sin dudar nunca de mis habilidades. Mis sueños y aspiraciones siempre fueron guiados por su presencia y más durante los momentos más desafiantes de mi camino académico. Siempre han sido las personas más solidarias y alentadoras en mi vida. Al terminar hoy mis estudios, quisiera dedicarles este logro a ustedes, queridos padres, como otra meta cumplida. Me siento honrado de haberlos de tener unos padres como ustedes y de que siempre estén aquí conmigo durante este momento importante.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi tutor por su dedicación y paciencia, sin su guía y edición minuciosa no habría podido obtener lo que he estado esperando durante tanto tiempo. Gracias por los tipos y todos los consejos, siempre los tendré en cuenta en mi futura carrera.

Quisiera agradecer también a los docentes de la Universidad de Huánuco, sus palabras fueron sabias, sus conocimientos fueron precisos y correctos. Gracias por el profesionalismo que tienen, por compartir sus experiencias en el ámbito de la ingeniería, por la paciencia, perseverancia, tolerancia y dedicación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE FOTOS.....	XII
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.5. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20

MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	25
2.2. BASES TEÓRICAS	27
2.2.1 INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	27
2.2.2 MATERIALES PARA PAVIMENTACIÓN.....	29
2.2.3 MEZCLAS ASFÁLTICAS	30
2.2.4 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	32
2.2.5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	33
2.2.6 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DE LA CANTERA DE POMANTA	35
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	37
2.3.1 CANTERA.....	37
2.3.2 CANTERA DE AGREGADOS.....	37
2.3.3 AGREGADOS	37
2.3.4 AGREGADO FINO	37
2.3.5 AGREGADO GRUESO	37
2.3.6 MEZCLA ASFÁLTICA	38
2.3.7 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.....	38
2.3.8 CEMENTO ASFÁLTICO	38

2.3.9 FILLER	38
2.3.10 MÉTODO MARSHALL	39
2.4. HIPÓTESIS	39
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	39
2.5. VARIABLES.....	40
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE	40
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	40
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE	41
CAPÍTULO III.....	42
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.1.1 ENFOQUE	42
3.1.2 ALCANCE O NIVEL	42
3.1.3 DISEÑO	43
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.2.1 POBLACIÓN	44
3.2.2 MUESTRA.....	45
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	45
CAPÍTULO IV.....	48
RESULTADOS.....	48
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	48
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	92

CAPÍTULO V.....	94
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.	41
Tabla 2 Coordenadas geográficas del material.	45
Tabla 3 Técnica para la recopilación de información.	46
Tabla 4 Distribución de tamaños del agregado grueso.	50
Tabla 5 Cálculo del porcentaje de humedad del agregado grueso.	52
Tabla 6 Absorción del material y densidad relativa.	53
Tabla 7 Capacidad del recipiente de medida.	55
Tabla 8 Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso.	56
Tabla 9 Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso.	57
Tabla 10 Distribución de tamaños del agregado fino.	58
Tabla 11 Hallando el porcentaje de humedad del agregado fino.	60
Tabla 12 Hallazgos sobre la densidad y capacidad de absorción del material fino.	61
Tabla 13 Conclusiones del examen del peso específico suelto del agregado fino.	63
Tabla 14 Hallazgos del examen de la densidad compactada del agregado fino.	64
Tabla 15 Necesidad de agregado grueso en la prueba de partículas planas y alargadas.	65
Tabla 16 Conclusión de la evaluación de partículas planas y alargadas.	66
Tabla 17 Establecimiento del porcentaje de partículas con caras fracturadas.	67
Tabla 18 Determinando el porcentaje de partículas que han sufrido fracturas.	67
Tabla 19 Necesidad de realizar el ensayo de los Ángeles.	68

Tabla 20 Distribución de tamaños del agregado grueso.....	69
Tabla 21 La disposición de las dimensiones de la muestra que será examinada.	70
Tabla 22 Resultado obtenido del ensayo de desgaste de los Ángeles.	70
Tabla 23 Clasificación del cemento asfáltico según la temperatura.....	71
Tabla 24 Elementos necesarios para la elaboración de la mezcla de asfalto caliente.	72
Tabla 25 Condiciones para la combinación de asfalto en estado cálido.....	74
Tabla 26 Densidad específica y capacidad de absorción del agregado grueso.	75
Tabla 27 Densidad específica y capacidad de absorción del material fino natural.....	76
Tabla 28 Descubrimientos de la densidad máxima teórica (Gmm) con una proporción de asfalto del 4,5%.....	78
Tabla 29 Resultados de la densidad máxima teórica (Gmm) con una mezcla de asfalto del 5,0%.	79
Tabla 30 Resultados obtenidos de la densidad máxima teórica (Gmm) con una proporción de asfalto del 5,5%.....	80
Tabla 31 Implicaciones de la densidad máxima teórica (Gmm) con un nivel de asfalto del 6,0%.	81
Tabla 32 Descubrimientos de la densidad máxima teórica (Gmm) con una mezcla de asfalto del 6,5%.	82
Tabla 33 Gradación para la mezcla asfáltica.	84
Tabla 34 La gradación de las mezclas asfálticas tipo 2.	84
Tabla 35 Resultado del peso unitario suelto del agregado grueso.	85
Tabla 36 Hallazgos obtenidos del análisis del peso unitario compactado del agregado grueso.....	85
Tabla 37 Conclusión derivada del ensayo de densidad suelta del material fino.	

.....	86
Tabla 38 Resultado obtenido del ensayo de densidad compactada del agregado fino.....	86
Tabla 39 Requerimiento de llevar a cabo la prueba de absorción.....	87
Tabla 40 Conclusiones obtenidas de la densidad relativa y capacidad de absorción del material.....	87
Tabla 41 Necesidad de llevar a cabo la prueba de absorción.....	88
Tabla 42 Conclusiones acerca de la densidad del material fino natural.....	88
Tabla 43 Necesidad de realizar el ensayo de partículas fracturadas.....	89
Tabla 44 Cálculos de porcentajes de las partículas fracturadas.....	89
Tabla 45 Necesidad del agregado en la prueba de partículas planas y alargadas.....	90
Tabla 46 Resultado del ensayo de partículas planas y alargadas.....	90
Tabla 47 Necesidad de realizar el ensayo de desgaste de los Ángeles.....	91
Tabla 48 Distribución de tamaños del espécimen.....	91
Tabla 49 Cálculos derivados del ensayo de desgaste de los Ángeles.....	92
Tabla 50 El gasto global del proyecto.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 División de la investigación.....	44
Figura 2 Procedimiento para el ensayo Marshall.	46
Figura 3 Ubicación Política.	49
Figura 4 Colindantes del lugar.	49
Figura 5 Contenido de humedad del agregado grueso.....	52

ÍNDICE DE FOTOS

Fotografía 1 Camino hacia la cantera POMANTA.	138
Fotografía 2 En la cantera Pomanta (con sus atuendos de	139
Fotografía 3 Separar el agregado con el tamiz N°4.	141
Fotografía 4 Selección de la muestra a ensayar.	142
Fotografía 5 Equipos a usar (tamices, hornos, balanzas, etc).	142
Fotografía 6 Pesaje del material grueso (según lo que indica la tesis) ...	144
Fotografía 7 Material grueso - cantera Pomanta (Nombre escrito en una pizarra.	144
Fotografía 8 Especímenes para determinar el peso específico y absorción (incluye colocación de la muestra, pesaje de la muestra y secado).	145
Fotografía 9 Equipos que se usó para la prueba del peso unitario (Balanza, recipiente de medida y la varilla compactadora).	146
Fotografía 10 Peso del recipiente para calcular el peso unitario.	146
Fotografía 11 Cuarteo de las muestras.	147
Fotografía 12 Pesaje de la muestra.	147
Fotografía 13 Pesaje del material fino.	148
Fotografía 14 Agregado fino - cantera Pomanta.	148
Fotografía 15 Prueba de abrasión Los Ángeles.	151
Fotografía 16 Medida con Vernier.	152
Fotografía 17 Peso específico del material.	153

RESUMEN

Esta investigación realizó con el objetivo de conocer las características mecánicas y físicas de la cantera Pomanta para proyectar una combinación de asfalto en estado cálido basada en la Guía de Prueba de Materiales (2016) para la producción de asfalto en estado cálido. Las propiedades físicas y mecánicas, proporcionan una importante información sobre el rendimiento a largo plazo y la capacidad de mantenimiento del diseño. El tipo de investigación que se muestra, es tipo no aplicable.

Para desarrollar este estudio, los agregados fueron extraídos de la cantera de Pomanta ubicado a 32.57 km de la provincia de Huánuco, cuando se tuvo el material se procedió a llevar dicho material a los laboratorios donde se elaboró los siguientes estudios o ensayos: Porcentaje de humedad, análisis granulométrico, abrasión de ángel, gravedad, absorción del material, el peso unitario granulométrico. Los resultados que se obtuvieron, se utilizaron para el proyecto de la combinación de asfalto en estado cálido y para lograr un resultado estable y un flujo adecuado, se utilizó un sistema llamado el Método Marshall donde se preparó 50 briquetas.

Las respuestas conclusas de la presente tesis se comprobaron según a los parámetros de la Guía de Ensayos de Materiales (2016), la Guía de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013) y la Norma Técnica Peruana, se concluyó que, en cuanto al parámetro de estabilidad, los agregados de la Cantera Pomanta, sí cumple y en cuanto a los flujos, los agregados no cumplen con lo que dice en la norma, para el diseño de una mezcla asfáltica en caliente

Este estudio ayudará a comprender la importancia de controlar las características físicas y mecánicas de los agregados provenientes de canteras. Se puede mejorar la producción de agregados en nuestra zona y su uso en próximos proyectos vigilando el comportamiento físico en otras canteras de agregados.

PALABRAS CLAVES: Cantera, mezcla, asfalto, agregados, Marshall.

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of knowing the mechanical and physical characteristics of the Pomanta quarry to project a combination of asphalt in a warm state based on the Materials Testing Guide (2016) for the production of asphalt in a warm state. The physical and mechanical properties provide important information about the long-term performance and maintainability of the design. The type of research shown is not applicable.

To develop this study, the aggregates were extracted from the Pomanta quarry located 32.57 km from the province of Huánuco. When the material was obtained, the material was taken to the laboratories where the following studies or tests were carried out: Percentage of humidity , granulometric analysis, angel abrasion, gravity, material absorption, granulometric unit weight. The results obtained were used for the project of combining asphalt in a warm state and to achieve a stable result and an adequate flow, a system called the Marshall Method was used where 50 briquettes were prepared.

The conclusive answers of this thesis were verified according to the parameters of the Materials Testing Guide (2016), the General Technical Specifications Guide for Construction (2013) and the Peruvian Technical Standard, it was concluded that, regarding the parameter of stability, the aggregates from the Pomanta Quarry do comply and in terms of flows, the aggregates do not comply with what it says in the standard, for the design of a hot mix asphalt

This study will help understand the importance of controlling the physical and mechanical characteristics of aggregates from quarries. Aggregate production in our area and its use in upcoming projects can be improved by monitoring the physical behavior in other aggregate quarries.

KEYWORDS: Quarry, mixture, asphalt, aggregates, Marshall.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se pudo realizar varias pruebas de laboratorio con el propósito de estudiar las propiedades mecánicas y físicas de la Cantera Pomanta. Los resultados encontrados a finales del estudio se verificaron de acuerdo con las siguientes normas: Norma Técnica Peruana, Manual de Ensayo de Materiales (2016) y el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013) en relación a la estabilidad, establece que al utilizar la prueba de Marshall para el parámetro de estabilidad, es evidente que las propiedades de los agregados han sido evaluadas para determinar si son adecuados en la preparación de mezclas asfálticas y minerales calientes.

Las características físicas y las capacidades mecánicas de la cantera de Pomanta serán cruciales para este estudio, ya que también ayudarán a determinar si la cantera es económicamente viable. Esto significa que el material base debe someterse a pruebas para garantizar que cumpla con los requisitos para su uso en concreto o como agregado para carreteras antes de su implementación.

A partir de a la información anterior, el estudio se divide únicamente en V capítulos y se clasifican según el reglamento de grados y títulos de la Universidad de Huánuco (UDH).

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La mezcla asfáltica es una combinación de agregados ya sea finos o gruesos, incorporado con un aditivo asfáltico y mezclados de tal manera que el agregado pedregoso quede cubierto por una capa uniforme de asfalto. Huamán-Guerrero y Albitres (2012) nos dice que “Cada mezcla asfáltica tiene una propiedad reológica diferente de acuerdo con las propiedades del asfalto, la relación entre los diversos elementos, la forma angular de los agregados y la distribución de las partículas según su tamaño. y la densidad.” (p.5)

Existen diferentes clasificaciones de mezclas asfálticas según los parámetros que se tienen en cuenta para hacer las diferencias. Si se tiene en cuenta la temperatura, se divide en mezcla fría y mezcla caliente.

En todo el mundo, la tecnología en asfalto modificado se usa ampliamente, ya que perfecciona las características de la combinación de asfalto convencional en situaciones de tránsito intenso y temperaturas fluctuantes.

La combinación de asfalto en estado cálido (MAC) es la más utilizada en países como Estados Unidos, España y Canadá. Las carreteras asfaltadas ocupan el 20% de la superficie total del terreno y debido a sus propiedades (dinámicas y mecánicas) como flexibilidad, duración, uniformidad, resistencia a la fatiga, se pueden realizar investigaciones para mejorar su desempeño (mecánico y dinámico).

En ese sentido, no basta con implementar solo asfalto en frío en el país, sino también implementar el asfalto en caliente para tener mayores resultados, ya que este tiene mayor duración y resistencia según referentes. Según un informe del Ministerio de Transporte, durante los 10 años últimos nuestro país, Perú, tuvo una buena gestión en elaboración de carreteras en todo el territorio, con más de 15.000 km de vías pavimentadas.

En el Perú hay muchas construcciones de carreteras en las tres regiones del país (costa, sierra y selva). A lo largo de toda la costa, se utiliza asfalto

caliente especialmente en las carreteras de la Sierra. Con el avance de la tecnología, el rápido desarrollo de la fabricación de vehículos y la variación de productos y servicios, han incrementado desviadores y rieles de soporte multieje más equivalentes, utilizando materiales fabricados continuamente mejorados y un riguroso control de calidad interno.

Actualmente se está trabajando en la elaboración de pavimentos de hormigón asfáltico en la ciudad de Huánuco, donde se usan diferentes canteras para elaborar las mezclas asfálticas, las empresas constructoras que adquieren este elemento, realizan sin conocer sus características del material que utilizan y por lo tanto crean mucha desconfianza. En cuanto al rendimiento de fabricación de la combinación de asfalto en estado cálido es muy cuestionable y las características de sus componentes también se desconocen. Es imposible comprobar si el agregado ha alcanzado la dureza esperada. Por lo tanto, es necesario examinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados provenientes de la cantera de Pomanta y obtener un desarrollo perfecto del asfalto en estado cálido.

Con el objetivo de desarrollar este estudio se utilizó un método llamado Marshall, se fabricaron 50 probetas y los cilindros se prensaron en una máquina Marshall para medir su fluidez y estabilidad.

Para determinar y desarrollar la factibilidad de las mezclas preparadas considerando mezclas y combinaciones de ingredientes, se deben considerar muestras de los laboratorios donde se realizaron los estudios.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo determinar las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo determinar las propiedades mecánicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023?

- ¿Cómo determinar las propiedades físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023?
- ¿Cómo determinar el parámetro de estabilidad y de flujo para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, de la cantera de Pomanta, Huánuco 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades mecánicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.
- Determinar las propiedades físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.
- Determinar el parámetro de estabilidad y de flujo para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, de la cantera de Pomanta, Huánuco 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

Esta investigación se justifica tecnológicamente ya que, mediante el uso de la tecnología se pueda hallar las cualidades mecánicas y físicas de los materiales proporcionados de la cantera Pomanta, así ayudar y determinar si el material de dicha cantera, está dentro de los requisitos para el diseño de la combinación de asfalto en estado cálido.

La información encontrada de los estudios de los materiales de la cantera Pomanta, se usarán con el fin de evaluar la capacidad de los agregados que se utilizaron en esta investigación.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Esta investigación se justifica económicamente ya que, se estudia

el precio del material por metro cúbico (m³) de cada excavación que se hace en la cantera Pomanta. Además, este estudio será de gran utilidad para las organizaciones del sector privado y público, porque van a saber exactamente si el material de la cantera Pomanta es de calidad óptima y se puede utilizar como material de pavimentación.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Los agregados que se encontraron en la cantera Pomanta, serán de gran beneficio para mejorar las carreteras en Huánuco y en ciudades aledañas, facilitando el tránsito de vehículos.

1.5. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La limitante en el crecimiento de la investigación, es la falta de equipo para determinar los parámetros mecánicos y físicos de las muestras como partículas chatas y alargadas, arena equivalente y tasa de fisuración, lo cual es ocasionado por la falta de equipo en los laboratorios de suelos de la Universidad de Huánuco (UDH).

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es factible ya que el investigador, al momento de desarrollar la investigación, cuenta con todos los recursos económicos, los recursos teóricos, es decir; antecedentes de citas bibliográficas, libros, internet, artículos de revistas científicas y todo lo necesario para realizar la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Este diseño de investigación ha sido considerado muy interesante por muchos autores y expertos debido a que el problema se presenta en diferentes partes del mundo. De esta manera, se presenta una colección de estudios realizados, discutidos brevemente en los siguientes párrafos.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Chamba y Benavides (2019) en su tesis “Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado.” Cuyo objetivo principal fue desarrollar una mezcla asfáltica que contiene caucho de llantas recicladas como agregado, estudiando cómo actúa sus características físicas y mecánicas de dicha combinación. El autor elaboró ensayos comparativos de mezclas convencionales y con mezcla transformada, hallando un correcto porcentaje para su diseño, concluyendo así lo siguiente:

1) De acuerdo a la investigación que hizo el autor, concluyó que los elementos de la Cantera Cerro Sata Rosa en Sabanilla Los Lojas – Daule, están en buen estado ya que, en base a los resultados de las pruebas que realizó, demostró que son materiales adecuados para la elaboración de la combinación de asfalto. 2) De la introducción de Gránulos de Caucho Reciclado (GCR) en la combinación asfáltica, el autor concluyó que tiene un gran impacto ambiental porque, al darle uso a estos neumáticos se causa menos daño al ecosistema y así se reduce la contaminación ambiental que crean debido al largo tiempo de degradación y otros métodos de tratamiento o eliminación. 3) De los resultados obtenidos de los experimentos ejecutados con la combinación modificada, el autor concluyó que utilizando un 0.5% y un 1% de GCR, se obtuvo los resultados más óptimos en términos de consistencia, fluidez y otros indicadores Marshall tomados en cuenta cuando se dispone de tráfico pesado, donde la dosificación de los dos porcentajes

es:

- Los porcentajes de composición son los siguientes: en el primer caso, se compone de un 39% de agregado grueso de 3/4", un 38.5% de agregado grueso de 3/8" (Cisco), un 22% de agregado fino, un 6.2% de asfalto y un 0.5% de GCR.
- En el segundo caso, se distribuye en un 39% de agregado grueso de 3/4", un 38% de agregado grueso de 3/8" (Cisco), un 22% de agregado fino, un 6.2% de asfalto y un 1% de GCR.

Higuera y Morales (2021) en su tesis "Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente fabricadas con rap y escorias de horno de arco eléctrico". Cuyo objetivo principal fue identificar la conducta mecánica de asfalto en estado cálido a partir de pavimento asfáltico reutilizado (RAP) y escoria de horno eléctrico según su dosificación óptima y requerimientos legales, y extraer las siguientes conclusiones. 1) A partir de los resultados obtenidos, los autores concluyeron que: Las pruebas muestran que el uso de elementos recientes mejora las características mecánicas y físicas del asfalto en términos de equilibrio y fluidez. 2) A partir del análisis del desempeño automático de la mezcla de asfalto óptimo, los autores encontraron que la mezcla convencional con 4.5 % de asfalto y 30 % de reemplazo de materiales gruesos y finos da mejor desempeño. 3) De los resultados de consistencia y fluidez de la combinación con el 100% de reemplazo del elemento granular, los autores dijeron que las propiedades físicas y químicas mostraron un comportamiento subóptimo y no se pudo lograr el mejor comportamiento mecánico, hemos llegado a una conclusión. Investigación y desarrollo de RAP (pavimento asfáltico reciclado) y escorias de horno eléctrico.

Cornejo y Lamiña (2018) en su tesis "Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (PET), utilizando los agregados de la mina del río pita en la ciudad de quito, mediante la determinación del módulo de rigidez". El propósito principal fue potenciar las características físicas y mecánicas del asfalto través de la inclusión

de elementos plásticos provenientes del reciclaje de envases PET, triturados para su incorporación, concluyendo así lo siguiente: 1) De los resultados obtenidos en las pruebas para caracterizar los agregados, el autor concluyó que estos satisfacen los estándares de las normativas INEM y ASTAM en términos de consistencia al deterioró en máquina, arena y la consistencia a los sulfatos y densidad. 2) El autor comparó los resultados obtenidos durante el ensayo de briquetas fabricadas con mezclas asfálticas convencionales y mezclas asfálticas modificadas, concluyó que la adición de 5% de resina PET mejora la estabilidad, pero también aumenta el flujo alejándose de las restricciones impuestas al tráfico pesado. 3) De acuerdo a la prueba Marshall se busca identificar el porcentaje ideal del asfalto, el autor concluyó que el valor fue de 7.2%, mismo valor obtenido cuando se realizó la misma prueba en muestras con 5.5%, 6%, 6.5%, 7% y 7.5%. 4) El autor concluyó que la comparación entre los costos y los beneficios de incorporar PET al asfalto en estado cálido es desfavorable. Esto se debe a que la dureza del asfalto disminuye durante el proceso de modificación, y además, el costo asociado a esta modificación es más elevado en comparación con el del asfalto tradicional.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Iberico (2019) en su tesis “Diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo de Marshall adicionando fibra de acero en la ciudad de Yurimaguas - 2019”. Cuyo propósito principal fue crear un diseño de una mezcla asfáltica en caliente incluyendo la fibra de acero, logrando así mejorar la resistencia a las deformaciones, concluyendo así lo siguiente: 1) En cuanto a las propiedades físicas y químicas de los agregados y la fibra de acero, según varias pruebas en los laboratorios, el autor llegó a la conclusión que los agregados seleccionados satisfacen bien los criterios establecidos por la normativa técnica y las fibras de acero también tienen propiedades físicas que añaden fuerza estructural a la mezcla. 2) En cuanto al diseño MAC-2, el autor concluyó que, según el proyecto tradicional, la consistencia de Marshall fue 1192 kgf, luego al incluir la fibra de acero al 5% en el diseño de la mezcla, la estabilidad fue

de 1999 kgf, cuando agregó al 10% la estabilidad fue de 1259 kgf y cuando agregó al 12% la estabilidad Marshall fue de 1257 kgf. 3) En cuanto a los resultados de la prueba de Marshall en el diseño MAC-2, el autor concluyó que la elaboración óptima de la mezcla asfáltica es añadiendo un 5% de fibra de acero. La fibra que utilizó el autor es sika fibra cho 65/36 NB, con 5.5% de cemento de asfalto y una proporción de $E/F=3528\text{kgf/cm}$, esto aumentó de 121kgf/cm en diseño convencional, es decir un 3,43% inferior. 4) En cuanto al costo de la fabricación del asfalto con fibra de acero, el autor concluyó que la variación para la mezcla es de S/ 15.80 por cada m^3 , mejorando el costo en un 6.28%.

Díaz y Soto (2023) según su trabajo de investigación intitulado “Análisis y características de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados de las canteras Diablo, Caracmaca y La Calzada para el mejoramiento de transitabilidad y calidad de la pavimentación en el tramo la arena - Sanagorán”. Cuyo objetivo principal fue analizar cada propiedad de las diferentes canteras que tomó y así mejorar la pavimentación y la transitabilidad, concluyendo así lo siguiente: 1) En cuanto a su ubicación geográfica, el autor concluyó que la zona se caracteriza por un terreno pronunciado y accidentado, donde el camino establecido es utilizado con frecuencia por las empresas de transporte rural que prestan servicios en el camino que conecta Sanagorán - Arena. 2) En cuanto a los elementos probados para calcular su productividad granular, el autor determinó que tanto las canteras Caracmaca como La Calzada cumplieron con todos los criterios pertinentes para demostrar su productividad. El autor se basó en el manual Especificaciones Técnicas Generales para construcción de carreteras. 3) En cuanto a los elementos probados para calcular su productividad para cimientos granulares, el autor encontró que los complejos de las canteras La Calzada (60%) y Caracmaca (40%), cumplen con los indicadores adecuados para demostrar su cumplimiento; un segundo las combinaciones de 70% y 30% que se enumeraron en el mismo orden no coinciden. El autor tomó los parámetros del manual de Especificaciones Técnicas Generales para

construcción de carreteras.

Lozada (2018) en su tesis “Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba”. Cuyo propósito principal fue llevar a cabo una investigación de cada característica de las canteras para usarlo como un material de afirmado en carreteras, concluyendo así lo siguiente: 1) En cuanto a las canteras de La Loma, el autor concluyó que son de arcilla- grava mezclada con arena (GC) de acuerdo al sistema de clasificación de suelos SUCS, reconocido por el sistema AASHTO como suelo A-2-4, granulometría diversa, alto contenido de grano fino con $PI=8.27\%$ y se encuentra dentro de los parámetros proporcionado por las directrices MTS para la carretera, IP (4% a 9%), el % por abrasión es de 68,6% y también tiene un bajo contenido en sal de 0,10%, además de C.B.R. al 100% da 0,1 pulgada = 46,0%. En consecuencia, el material constitutivo de la cantera no tiene las propiedades de un material apto para uso vial. 2) En cuanto a la cantera Las Paguillas, el autor concluyó que es un suelo arenoso- gravoso (GC), sin partículas intermedias y con un alto contenido de SUCS finos, determinado por el método AASHTO como suelo grado A-2- 4, $SI=7.82\%$ y se encuentra en los indicadores previstos en el Manual de Carreteras del MTS, IP Road (4% a 9%). El índice abrasivo es del 54,3%, así como el bajo contenido en sal del 0,20%. Más CBR al 100 % da 0,1 pulgadas = 47,4 %. En consecuencia, el material constitutivo de la cantera no tiene las propiedades de un material apto para uso vial. 3) En cuanto a la cantera Limones, el autor concluyó que tiene mayor presencia de agregado grueso según análisis de grano, no representa IP = NP, según clasificación SUCS es suelo GW (gravilla bien graduada) y según clasificación AASHTO representa suelo A -1-a, y la tasa de desgaste es del 17,20%. 4) El autor mezcló la cantera La Loma (45%) y la cantera Limones (55%) y concluyó que son de grava arcillosa clasificada SUCS (GW-GC) y grava de grado fino AASHTO (A-1-a), con IP = 6,11%, prueba Proctor, MDS = 2237 g/cm³, con humedad óptima = 5,91% y mejor resistencia a CBR al 100% para 0,1 pulgada = 78,7%. Lo que señala que es parte del parámetro de consistencia del

suelo del pavimento, debe usarse como pavimento. 5) El autor también mezcló la cantera Las Paguillas (55%) con la cantera Limones (45%) y concluyó que clasifican como SUCS, es una grava arcillosa bien graduada (GW-GC) y según AASHTO es jerárquica (A-2-4), con $IP=6,93\%$ según prueba M.D.S de Proctor = 2.210 g/cm^3 , con óptima humedad de $7,91\%$ y mejor durabilidad gracias a C.B.R. al 100% para $0.1'' = 73,5\%$ debe ser utilizado como pavimento.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Melendez (2019) en su tesis, "Verificación de propiedades físicas del agregado de la cantera de Molinos - San Rafael - Alcas - Pozuzo según diseño de Marshall - 2019". Cuyo propósito principal fue comprobar que las propiedades físicas sean correctas frente a la preparación de la mezcla de asfalto conforme al método de Marshall, concluyendo así lo siguiente: 1) Basándose en los resultados del análisis de la distribución de tamaños de partículas, el autor concluyó que el material que utilizó es apto para el uso en emulsiones de grava, ya que cumple con los límites granulométricos especificados. 2) De acuerdo con los resultados obtenidos por el autor, este concluyó que el índice de arena de su muestra alcanzó el 87% , lo que significa que es óptimo para el uso de la mezcla asfáltica Marshall porque las definiciones requieren un mínimo del 45% y un máximo del 100% . 3) Según la norma establecida, el autor concluyó que la proporción máxima de grano largo y plano es del 15% , por lo que nuestro rango de resultados es de $4,86\%$ para grano plano, $4,03\%$ para grano largo y $10,1\%$ para semillas planas y partículas alargadas. 4) Según los resultados del método Marshall, el autor concluyó que el valor máximo ingresado es 40% y los resultados de la tabla nos dan un porcentaje de 19.82% , que dice que nuestro material de minería está dentro del rango especificado y, por lo tanto, es adecuado para su uso con asfalto. 5) En cuanto a las propiedades físicas y el análisis posterior de los resultados descritos anteriormente, el autor concluyó que las muestras de la prueba se encuentran dentro de los parámetros requeridos por la especificación.

Berrospi y Campos (2021) en su tesis “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras de Chullqui y Andabamba, con fines de diseño de mezcla para un concreto de $f'c=210$ kg/cm² - Huánuco 2019”. Cuyo objetivo principal fue examinar las características físicas y mecánicas de los materiales de las canteras de Chullqui y Andabamba, las cuales son las principales fuentes de suministro en la ciudad de Huánuco. Esta investigación dará como resultado producir un concreto que supere una resistencia $f'c$ de 210 kg/cm², concluyendo así lo siguiente: 1) En cuanto a la cantera Chullqui, el autor concluyó que el agregado está húmedo durante el muestreo, lo que significa que no habrá un incremento en el contenido de agua de la mezcla de concreto o ranura que contiene agregado con un tamaño máximo nominal de 3/4 de pulgada que no cumple con los requisitos de tamaño de grano de ASTM C 33, tiene un tamaño de grano que es discontinuo y no está dentro del rango de módulo especificado. El material en la mezcla no funcionará bien y causará segregación en el concreto. Los agregados tienen resistencias óptimas al desgaste de menos del 50%, aunque el material no satisface con los estándares de propiedades físicas y mecánicas, puede alcanzar la resistencia requerida $f'c=210$ kg/cm². 2) En cuanto a la cantera de Andabamba, el autor concluyó que el agregado está húmedo durante el muestreo, lo que significa que no habrá un aumento en la cantidad de agua en la mezcla de concreto. Canteras con áridos de tamaño nominal máximo 3/4”, donde se realizaron los análisis tamaños de partícula que no cumple con la especificación de grado ASTM C 33, tiene un tamaño de grano discontinuo, aparte del hecho de que el módulo de grano no está dentro del rango recomendado por la normativa, teniendo en cuenta estas consideraciones En este caso, el agregado en la mezcla no será capaz de trabajar bien y causar segregación en el hormigón. El árido se caracteriza por una buena resistencia a la descomposición inferior al 50%, aunque el árido en cuanto a las características no cumple con la norma, puede lograr la resistencia necesaria $f'c = 210$ g/cm². 3) En cuanto al cálculo de la mezcla de concreto, el autor utilizó como relleno

concreto de la cantera Chullqui y se preparó un factor de carga de 1:4.73:22.69 l/saco, del cual se prepararon 9 probetas, el tiempo de congelación es de 3 semanas, el día 7, 3 tubos el día 14 y 3 tubos el día 28. El autor concluyó que la resistencia media a los 7 días 149,80 kg/cm² con CV 0,90 %, a los 14 días 195,75 kg/cm² con CV 0,61 % y a los 28 días 255,25 kg/cm² con CV 1,85%. 4) De los materiales de la cantera Chullqui, el autor concluyó que lo ayudaron a lograr resultados de resistencia a la compresión del concreto que exceden la resistencia necesaria, en términos de factor de cambio, las pruebas están bien controladas y son más uniformes que las de la cantera Andabamba. 5) Para el cálculo de la mezcla de concreto, el autor utilizó como relleno concreto de la cantera de Andabamba y calculó el factor de carga 1:4.68:22.22l/saco, del cual se prepararon 9 tubos con un tiempo de curado duro de 3 semanas. y el día 7, 3 ampollas el día 14 y 3 ampollas el día 28. Intensidad media en 7 días.

2.2. BASES TEÓRICAS

Cuando encontramos algunos puntos de vista sobre la base teórica de las variables en estudio, tanto teórica como metódicamente, es porque hay muchos autores que comparten los mismos puntos de vista y argumentan o defienden los métodos. Los métodos de medición son diferentes para las variables, por lo que en este estudio Cada una de estas teorías ha sido citada en muchos artículos científicos.

2.2.1 INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

a) Introducción a los principios básicos de diseño de pavimentos

El diseño de pavimentos es un proceso fundamental en la ingeniería civil que busca proporcionar una superficie segura y durable para el tráfico vehicular. Este proceso implica la selección adecuada de materiales y la determinación de espesores que garanticen la resistencia estructural y la comodidad del usuario. Los principios básicos de diseño de pavimentos se basan en consideraciones de carga vehicular, condiciones climáticas, características del suelo y disponibilidad de

materiales locales. Se utilizan modelos teóricos y métodos empíricos para calcular el espesor óptimo del pavimento, teniendo en cuenta factores como la capacidad de carga del suelo, el tránsito esperado y la vida útil deseada del pavimento. Es crucial realizar un análisis exhaustivo de las condiciones del sitio y utilizar prácticas de diseño actualizadas para asegurar la eficiencia y la economía en la construcción y mantenimiento de pavimentos. (Yoder, 1975)

b) Tipos de pavimentos y sus aplicaciones.

Los pavimentos se diseñan para adaptarse a diferentes condiciones y usos, y en el contexto peruano, se emplean varios tipos según sus características y aplicaciones específicas. Entre ellos se encuentran los pavimentos flexibles, como el asfalto, que se utilizan principalmente en carreteras de alto tráfico debido a su capacidad de absorber cargas y resistir deformaciones. Estos pavimentos son adecuados para regiones con variaciones climáticas y suelen ser más económicos en términos de construcción y mantenimiento a corto plazo. Por otro lado, los pavimentos rígidos, como el concreto, son más adecuados para áreas con cargas extremas y proporcionan una superficie duradera y de alta resistencia. Se utilizan comúnmente en autopistas y aeropuertos debido a su capacidad para soportar cargas pesadas y su resistencia al desgaste. Además, existen pavimentos especiales, como los pavimentos permeables, que permiten la infiltración de agua y son beneficiosos para el control de inundaciones y la recarga de acuíferos en zonas urbanas (Ponce, 2018).

c) Importancia del análisis de materiales para la construcción de pavimentos duraderos y seguros

El análisis de materiales para la construcción de pavimentos duraderos y seguros es crucial para garantizar la calidad y la longevidad de las infraestructuras viales en el Perú. Este análisis implica evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos, así como la calidad del ligante asfáltico utilizado en las mezclas asfálticas. La correcta selección y caracterización de estos materiales es fundamental

para asegurar la resistencia a la carga, la adherencia, la resistencia al deslizamiento y la durabilidad del pavimento. Además, el análisis de materiales permite identificar posibles problemas de calidad que podrían comprometer la seguridad vial y aumentar los costos de mantenimiento a largo plazo. En un país con una amplia diversidad geológica como el Perú, es esencial adaptar los métodos de análisis a las características específicas de los materiales disponibles en cada región, garantizando así la adecuación de los pavimentos a las condiciones locales y la optimización de los recursos disponibles (INAIGEM, 2018).

2.2.2 MATERIALES PARA PAVIMENTACIÓN

a) Propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos utilizados en mezclas asfálticas

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos empleados en las mezclas asfálticas son de vital importancia para garantizar la calidad y durabilidad de las carreteras. Estos materiales pétreos, como los agregados pétreos, deben cumplir con ciertos requisitos para asegurar un buen desempeño en la mezcla asfáltica. Entre estas propiedades se incluyen la densidad, la resistencia a la compresión, la resistencia a la abrasión, la porosidad, entre otras. La densidad influye en la resistencia estructural del pavimento, mientras que la resistencia a la compresión y la abrasión son indicadores de la capacidad del material para soportar cargas y resistir el desgaste por el tráfico vehicular. La porosidad es importante para evaluar la resistencia al agua y la durabilidad del pavimento frente a condiciones climáticas adversas (Zegarra, 2010).

b) Características de la cantera Pomanta

Ubicación, composición geológica, calidad del material, etc.

c) Normativas locales e internacionales que regulan la calidad de los materiales para pavimentación

Las normativas tanto locales como internacionales juegan un papel crucial en la regulación de la calidad de los materiales utilizados en pavimentación en el contexto peruano. A nivel nacional, instituciones como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) establecen

normas técnicas que abarcan desde la clasificación de materiales hasta los requisitos de diseño y construcción de pavimentos. Estas normativas se basan en estándares internacionales reconocidos para garantizar la seguridad y durabilidad de las infraestructuras viales (Perú, 2020).

En el ámbito internacional, la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) son referentes importantes. Sus normativas abordan aspectos específicos de los materiales para pavimentación, como la granulometría de los agregados, las propiedades del ligante asfáltico y los métodos de ensayo para la evaluación de la calidad (Perú, 2020).

En Perú, la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.010 establece los requisitos para los agregados pétreos destinados a la construcción de pavimentos, mientras que la NTP 341.031 regula el uso de ligantes asfálticos. Estas normativas se actualizan periódicamente para incorporar avances tecnológicos y adaptarse a las condiciones específicas del país (Perú, 2020).

2.2.3 MEZCLAS ASFÁLTICAS

a) Tipos de mezclas asfálticas y sus aplicaciones

Mezcla asfáltica en caliente

- Mezcla

Cuando dos o más sustancias se combinan conservando las características únicas de cada una, el resultado es una mezcla. A veces a simple vista se puede ver una mezcla y es fácil de reconocerlo como cuando mezclamos agua con arena o aceite (Llamo et al., 2021).

- Asfáltica

Es el resultado de un proceso de mezcla y reacción, tanto químico como físico, aplicado a una superficie (preparado) para crear canales de comunicación (Peña et al., 2022).

- Caliente

Se dice que el material es caliente cuando tiene una radiactividad muy alta, también se trata de un equipo de laboratorio o de experimentación que manipula o sujeta un material caliente (ASALE y RAE, 2022).

- Mezcla asfáltica

La combinación de asfalto se compone de una capa de asfalto que se distribuye uniformemente sobre una capa de material rocoso y se mezcla en una proporción específica. Las propiedades del asfalto están determinadas por las proporciones relativas de estos componentes (Wilson et al., 2020).

- Mezcla asfáltica en caliente

La mezcla de agregados, incluido el polvo mineral, con una aglutinante crea una combinación de asfalto en caliente. Esta mezcla puede incluir ligantes bituminosos, ligantes de piedra y, en ocasiones, aditivos y agua. Las características físicas de la mezcla están determinadas por la cantidad de ligante y agregado (Higuera y Morales, 2021).

b) Composición y función de los diferentes componentes de una mezcla asfáltica en caliente (agregados pétreos, ligante asfáltico, aditivos, etc.)

La composición de una mezcla asfáltica en caliente comprende varios componentes esenciales, cada uno con funciones específicas para garantizar la resistencia, durabilidad y comportamiento adecuado del pavimento. Estos componentes incluyen agregados pétreos, ligante asfáltico y aditivos (IASPERU, 2018).

Los agregados pétreos constituyen la mayor parte de la mezcla y proporcionan la estructura y la resistencia mecánica necesaria. Estos agregados pueden ser de distintos tamaños, desde piedras grandes hasta arena fina, y su combinación adecuada influye en las propiedades de la mezcla, como la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

(IASPERU 2018).

El ligante asfáltico actúa como el aglutinante que une los agregados, formando una matriz cohesiva que proporciona la resistencia a la deformación y protege los agregados de la humedad y la oxidación. La selección del tipo y grado de ligante asfáltico depende de factores como el clima, el tráfico y las características del agregado (IASPERU, 2018).

Los aditivos se utilizan para mejorar ciertas propiedades de la mezcla, como la resistencia al deslizamiento, la adherencia y la resistencia a la fatiga. Estos aditivos pueden incluir polímeros, fibras y modificadores de ligante que se incorporan en la mezcla durante la producción para cumplir con requisitos específicos de rendimiento (IASPERU, 2018).

2.2.4 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

a) Agregados

Son materiales rocosos granulares naturales de forma y volumen indefinidos y generalmente son inertes. Los agregados se pueden dividir en granos finos y gruesos en función de su tamaño, y los tamices se utilizan como criterios como límites para determinar el beneficio máximo. (Belito y Paucar 2018).

- Agregado fino

El agregado fino está formado por arena o grava natural con dimensiones inferiores a 5mm y reducido de tamaño, pasado por un tamiz de 9,5 mm (3/8"). La función que tiene en la mezcla del concreto, es trabajar como un lubricante cuando el agregado grueso esté rodando, haciendo que el concreto sea trabajable. Entonces la ausencia de arena afecta la tosquedad de la mezcla. El exceso de arena, por otro lado, requiere más agua para producir un cierto nivel de asentamiento. Por lo tanto, al incrementar la cantidad de material fino aumenta la cohesión de la mezcla, lo que resulta en la necesidad de más agua y, por lo tanto, más cemento para lograr la relación agua-cemento deseada. (Villanueva

Quispe, 2020).

- Agregado grueso

Según Portland Cement Association (como se citó en Villanueva, 2020) dice que el agregado grueso es un agregado de piedra triturada con un grano mayor a 5 mm. Es decir, el grano varía de 9,5 mm a 37,5 mm (3/8" y 1 1/2").

El agregado grueso es material que permanece en un tamiz de 4,75 mm (N° 4) debido a imperfecciones naturales o mecánicas en la roca, donde predominan las partículas de más de 5 mm, cuyo tamaño suele oscilar entre 9,5 mm y 38 mm. Además, para asegurar una aplicación óptima en el campo de la ingeniería, se deben seguir las definiciones especificadas en la normativa ASTM 33.

b) Propiedades físicas del agregado

Las propiedades físicas de los materiales incluyen la figura y textura del grano, la porosidad, la absorbencia, la densidad, la adhesión y la resistencia. El ensayo granulométrico y la medida máxima de la partícula del material (grava) también son importantes en términos del comportamiento del concreto en plásticos y sólidos. situación (Yam et al., 2003).

c) Propiedades mecánicas del agregado

Entre las propiedades mecánicas de los materiales se encuentran la carga volumétrica, la solidez, grado, la absorción de agua, el módulo elástico, la mineralogía, el tamaño máximo, la resistencia, la dureza, la resistencia a los sulfatos y la densidad relativa. Se pueden hacer cálculos de mezcla más económicas si se puede identificar el impacto de cada una de estas características en el comportamiento del concreto (León y Ramírez, 2010).

2.2.5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

a) Procedimientos de recolección y análisis de muestras de material para pavimentación

Los procedimientos de recolección y análisis de muestras de material para pavimentación son etapas críticas en el proceso de diseño y construcción de pavimentos. En Perú, se siguen estándares y normativas específicas para garantizar la calidad y representatividad de las muestras. La recolección de muestras suele realizarse en diferentes puntos de la cantera o fuente de material, asegurando una distribución homogénea. Se utilizan técnicas de muestreo aleatorio para obtener muestras representativas de la calidad del material disponible (INDECI, 2016)

Una vez recolectadas las muestras, se llevan al laboratorio para su análisis. Los métodos de análisis incluyen pruebas de granulometría, determinación de densidades y absorción, evaluación de la resistencia a la compresión y a la tracción, entre otras. Estos análisis permiten conocer las propiedades físicas y mecánicas del material, lo que es crucial para el diseño adecuado de la mezcla asfáltica y la evaluación de su desempeño en condiciones de servicio (INDECI, 2016).

b) Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales

Los métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en pavimentación son fundamentales para garantizar la calidad y el rendimiento de las estructuras viales. Estos ensayos abarcan una variedad de técnicas diseñadas para evaluar características como la densidad, la resistencia, la durabilidad y la deformabilidad de los materiales (Norma Técnica de Pavimentación para Carreteras 400.010, 2016).

Entre los métodos de ensayo más comunes se encuentran aquellos destinados a medir la densidad aparente y la absorción de agua de los agregados pétreos, así como la resistencia a la compresión y la tracción de los ligantes asfálticos. Estos ensayos suelen realizarse en laboratorio siguiendo procedimientos normalizados que permiten obtener resultados precisos y comparables (Norma Técnica de Pavimentación para Carreteras NTP 400.010, 2016).

Para la determinación de propiedades mecánicas, se llevan a cabo pruebas como el ensayo de Marshall, que evalúa la resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la aplicación de cargas repetidas. Además, se utilizan técnicas de análisis de imagen y microscopía para estudiar la microestructura de los materiales y entender su comportamiento mecánico a nivel microscópico (Norma Técnica de Pavimentación para Carreteras NTP 400.010, 2016).

Es importante destacar que la selección de los métodos de ensayo adecuados depende del tipo de material y de las características específicas que se deseen evaluar. Asimismo, es fundamental seguir las normativas técnicas vigentes para asegurar la validez y la confiabilidad de los resultados obtenidos (Norma Técnica de Pavimentación para Carreteras NTP 400.010, 2016).

c) Propiedades de la mezcla asfáltica

Estos compuestos calientes y densos se utilizan a menudo como superficies de carreteras. Esto se logra combinando agregados gruesos triturados, agregados finos y rellenos minerales en una planta especializada, mezclándolos en caliente con un aglomerante asfáltico, usando técnicas para controlar y asegurar el control de las cantidades precisas de los componentes, y luego realizando el paso final en un entorno de laboratorio. Para determinar sus propiedades existen varios tipos de mezclas sólidas, semisólidas, densas, de alto módulo, particulares a utilizar, divididas en MDS-25, MDS-19 y MDS-10 (Higuera y Morales, 2021).

2.2.6 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DE LA CANTERA DE POMANTA

a) Cantera de agregados

Una cantera de agregados es como una explosión de piedras ornamentales e industriales, que se realiza al aire libre. Está llena de rocas altamente graduadas y cuantificadas, utilizando la más amplia gama de tecnologías, desde picos y palas hasta la pólvora y máquinas según diversos pedidos. También es la obtención al aire libre de

elementos de construcción que incluyen piedra técnica y decorativa, arena, piedra triturada, grava y arcilla. Romero citado en (Santiago, 2022).

b) Canteras de formación de fluviales

También se le conoce como cantera aluvial, donde los ríos, los agentes naturales de la erosión, utilizan su energía cinética para transportar rocas a largas distancias, depositándolas en zonas de bajo potencial, creando depósitos a gran escala de estos materiales, a partir de rocas y gravas hasta arena, arcilla y limo. La dinámica de fluidos da la impresión de que la cantera tiene una circulación autosuficiente que requiere explotación económica, pero tiene una gran influencia en el cuerpo de agua y la dinámica natural (Tenorio y Acosta, 2020).

c) Cantera de roca

También se conoce como cantera de rocas y se deriva de las formaciones de rocas metamórficas, ígneas o sedimentarias de una región específica. Debido a que estas canteras son estacionarias, son un recurso limitado porque no son autosuficientes (Tenorio y Acosta, 2020).

d) Modo de empleo

En el proceso de su empleo, el agregado de piedras y el ligante deben calentarse a una temperatura elevada, mayor que la temperatura ambiente, y finalmente la mezcla se vierte en el sitio donde se realiza el reciclaje, picado o mezcla de hormigón asfáltico usar. Esto se puede usar como una capa base o superior; la última capa es la encargada de dotar al usuario de mayor resistencia, comodidad, seguridad, y es la que soporta íntegramente las cargas verticales y horizontales aplicadas (Higuera y Morales, 2021).

e) Función

Puesto que su versatilidad, tenacidad, consistencia, capacidad para resistir el desgaste a lo largo del tiempo y ventajas económicas, la combinación de asfalto en estado cálido se utiliza en todo el mundo. Esto ha provocado investigaciones en curso para mejorar las propiedades mecánicas y dinámicas del material. Se utilizan equipos costosos para

mantener una temperatura constante durante la pavimentación y la compactación porque muchos procesos sofisticados se han centrado en la construcción de los componentes del pavimento (Higuera y Morales, 2021).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1 CANTERA

Una cantera no es más que un lugar donde se extrae piedra para la construcción y se elabora a partir de ella, desde las piedras más finas, como el mármol, hasta la piedra para cocción y la producción de yeso y cal a partir de la piedra (Soubervielle, 2021).

2.3.2 CANTERA DE AGREGADOS

Cuando se habla de “Cantera de agregados”, no significa solo dónde se extrae, sino que generalmente se refiere al material rocoso en sí, que varía en color de blanco a púrpura, aunque en apariencia, dureza y otras características también tienen sus diferencias (Soubervielle, 2021).

2.3.3 AGREGADOS

El agregado es un periodo discontinuo del concreto y es el material incrustado en el mortero y constituye alrededor del 75 % del espacio dentro de una unidad de bloque de concreto. Los agregados que incluyen materiales geológicos como roca, arena y grava, se utilizan en la mayoría de las formas en construcciones de edificios. Se pueden utilizar en su forma natural o moler en trozos más pequeños.

2.3.4 AGREGADO FINO

Los agregados finos, se utiliza ampliamente en la producción de agregados finos, que se utilizan para fabricar productos a base de cemento como hormigón y mortero. La arena, sin embargo, es escasa en algunas naciones (Fernandez et al., 2022).

2.3.5 AGREGADO GRUESO

Los agregados gruesos fluyen por un tamiz de número 4 (N°4). Es

necesario limpiar, lavar y secar la muestra de agregado grueso para la prueba en el laboratorio, incluidos los residuos que aún se encuentren en la muestra N°4 (Chamba y Benavides, 2019).

2.3.6 MEZCLA ASFÁLTICA

Una proporción precisa y predeterminada de ligante asfáltico y agregado de roca constituye la combinación de asfalto. Las características del asfalto están determinadas por las proporciones relativas de estos componentes. Es posible la preparación en caliente o en temperatura baja del asfalto, siendo más común la preparación en caliente (Higuera y Morales, 2021).

2.3.7 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Los tipos de mezclas de densidad en caliente son definidos por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), quien también estipula la incorporación de una variedad de aditivos de áridos de roca. Las propiedades del clima de la zona en la que se encuentra y las circunstancias de funcionamiento de la carretera, también juegan un papel en la decisión del ligante asfáltico a utilizar en el hormigón asfáltico en caliente (Higuera y Morales, 2021).

2.3.8 CEMENTO ASFÁLTICO

Es una sustancia negra y viscosa con propiedades reológicas viscoelásticas, lo que significa que actúa tanto elástica como plásticamente. Su viscosidad depende de la temperatura. Esta mezcla asfáltica consiste principalmente en una combinación de ligante asfáltico, agregado y relleno, que es el ligante del asfalto, junto con el relleno que forma la mezcla asfáltica (Adrianzen et al., 2022).

2.3.9 FILLER

Material utilizado en el hormigón asfáltico en caliente para complementar la distribución del tamaño de grano de un material de grano fino. Las siguientes sustancias se utilizan como rellenos: Cal apagada, cemento Portland, polvo de roca, etc; según las normas (Lozada , 2018).

2.3.10 MÉTODO MARSHALL

Bruce Marshall, un ingeniero de asfalto del Departamento de Carreteras de Mississippi, desarrolló el sistema Marshall para preparar mezclas para pavimentar caminos. El procedimiento de prueba de Marshall se mejoró y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. agregó varios elementos nuevos mediante la creación de criterios para determinar la composición de la mezcla. La técnica original solo es apropiada para pavimentos de asfalto caliente con agregados que no superen los 25 mm (1 pulgada) de tamaño. Para tamaños máximos superiores a 1 punto 5 pulgadas (38 mm), se creó el método Marshall modificado. Se utiliza tanto para el proyecto de laboratorio como para las pruebas de campo de asfalto en estado cálido con una distribución de tamaño de partícula densa (Higuera y Morales, 2021).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H0: Las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta no cumplen con los requisitos admisibles para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco – 2023.

H1: Las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos admisibles para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco – 2023.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las propiedades mecánicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos admisibles, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.
- Las propiedades físicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos admisibles, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.
- El parámetro de estabilidad y de flujo cumplen con los requisitos admisibles para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, de la cantera de Pomanta, Huánuco 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Las propiedades mecánicas y físicas del agregado, como la abrasión, la absorción de agua, la forma y la estructura del grano, afectan la resistencia de la mezcla de asfalto y minerales.

La variable dependiente es: Propiedades físicas y mecánicas de la cantera Pomanta.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

La combinación de asfalto en estado cálido es una mezcla de agregado y aglutinante conocida como asfalto. El desarrollo del desarrollo consiste en calentar el aglomerante asfáltico y el material a alta temperatura.

La variable independiente es: Mezcla asfáltica en caliente.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

Tabla 1

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	
Propiedades mecánicas y físicas de la cantera Pomanta	Las características físicas y mecánicas del agregado, tales como la abrasión, la capacidad de absorción de agua, la forma y la estructura de los granos, influyen en la resistencia de la combinación de asfalto y minerales.	Variable dependiente	Granulometría	Distribución de agregados	
			Peso específico	Seco Saturado Aparente	
			Peso unitario	Suelto y compactado	
			Absorción Abrasión de los Ángeles	Absorción del agua Desgaste del agregado	
Mezcla asfáltica en caliente	La combinación de asfalto en estado cálido es una mezcla de agregado y aglutinante conocida como asfalto. El desarrollo del desarrollo consiste en calentar el aglomerante asfáltico y el material a alta temperatura.	Variable Independiente	Ensayo Marshall	Propiedades mecánicas	Vacíos Estabilidad Flujo

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

Huamán et al. (2022) “Un enfoque es un examen amplio desde una perspectiva particular de un hecho o fenómeno que tiene una existencia objetiva; este examen se compone de una o más teorías y los principios rectores en los que se basan” (p.29).

La investigación se realizó como una investigación básica, porque se focaliza en buscar una solución respecto a los problemas cognitivos y dependiendo de los datos analizados, la investigación pertenece al nivel cuantitativo, ya que permite que los datos sean examinados científicamente, o más precisamente numéricamente, en general utilizando herramientas del campo de la ingeniería. La investigación cuantitativa “Se fundamenta en una epistemología positivista y neopositivista, lo que significa que busca brindar explicaciones objetivas, cuantificables y medibles de la realidad, a diferencia de la epistemología fenomenológico-hermenéutica, que busca brindar explicaciones, comprensiones e interpretaciones subjetivas o intersubjetivas de la realidad. realidad” (Huamán et al., 2022, p.30).

Es necesario tomar en cuenta los ensayos de laboratorio utilizados para desarrollar y determinar el desempeño de estas mezclas, tanto para los componentes como para sus combinaciones, debido a que el propósito general del estudio es identificar las características mecánicas y físicas de la cantera Pomanta para realizar una combinación de asfalto en estado cálido.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

La investigación pertenece a un alcance descriptivo, ya que tiene un enlace con los objetivos generales y objetivos, además se determina si los agregados de la cantera de Pomanta son de alta o baja calidad, también si cumplen con los estándares de las mezclas asfálticas en

estado cálido conforme con las pruebas y el reglamento de ensayo y material.

El nivel descriptivo, tal como sugiere su denominación, hace referencia a la aplicación de procedimientos estadísticos que son de naturaleza descriptiva. Se utilizan definiciones como el ordenamiento de información, los tipos de variables, gradación de medidas, creación de figuras y tablas, y la determinación de indicadores de tendencia. El cálculo del intervalo de confianza del 95 por ciento se incluye como paso final. El análisis estadístico unidimensional incluido es una característica definitoria de este nivel (Trujillo et al., 2022, p.3)

3.1.3 DISEÑO

Para desarrollar esta investigación, se utilizó un diseño no experimental - transversal descriptivo, porque según Sousa et al. (2007), dicen que no hay aleatorización, manipulación de variables o grupo de comparación en los diseños no experimentales. Sin interferir de ninguna manera, el investigador simplemente observa lo que ocurre naturalmente.

Este tipo de investigación se lleva a cabo por una variedad de razones. Primero, algunas variables o rasgos pueden o no cambiarse arbitraria o experimentalmente. Además, algunas variables no se pueden cambiar por razones morales. A veces también surgen variables independientes que no se pueden controlar.

Diagrama:

M: Es la muestra en donde se elabora el diseño
T: Instante donde se realiza la observación.
O: Información pertinente o de importancia recogida.

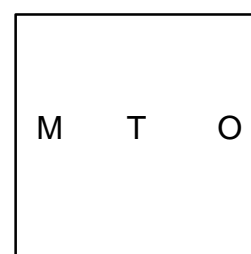
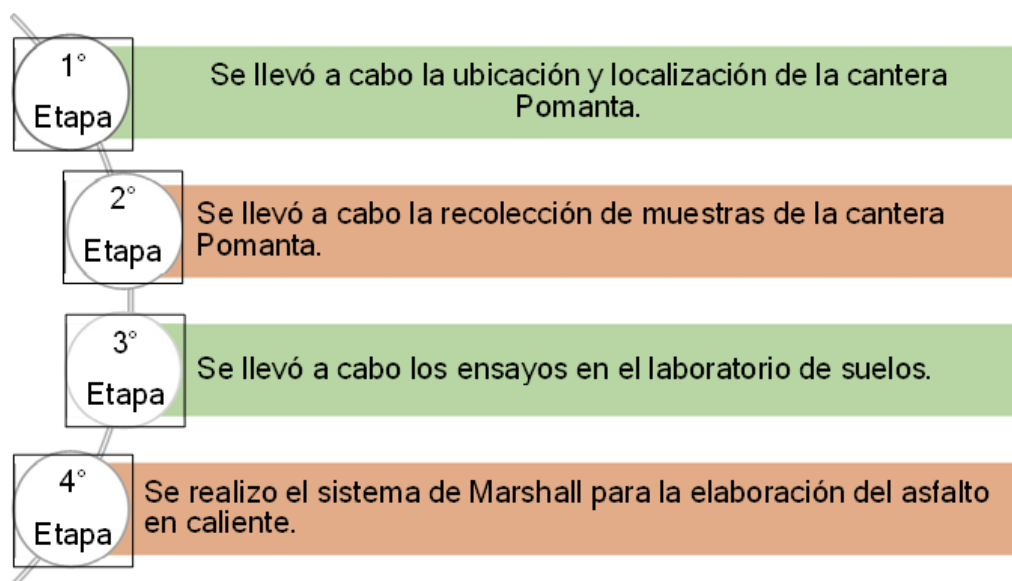


Figura 1
División de la investigación.



Nota. Adaptado de Sousa et al. (2007)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Arias et al. (2016) afirman que la población de investigación constituye un grupo claramente identificado, restringido y disponible de casos que forma la base para el muestreo y cumple con un conjunto determinado de criterios. Determinar la población de estudio es muy importante porque, al final del estudio, los resultados de la investigación de una población en particular pueden generalizarse o extrapolarse al resto de la población o universo.

En el estudio se tomará como población a la Cantera Pomanta, que está localizado en el distrito de Huácar, provincia de Ambo en la región Huánuco. Los agregados encontrados en esta cantera se utilizaron para fabricar asfalto en caliente.

Los agregados finos y gruesos que se encontró y se utilizó de la cantera de Pomanta, cumplen con todos los requerimientos de acuerdo al Manual de Ensayo de materiales (2016, p.351).

Tabla 2
Coordenadas geográficas del material.

PUNTO	COORDENADAS UTM Sistema WGS84		
<i>Cantera</i>	Zona	18 L	Altitud
<i>de</i>	Latitud	10° 11' 42.4" S	
<i>Pomanta</i>	Longitud	76° 14' 21.1" W	2215 m.s.n.m

Nota. Realizado por el tesista de acuerdo a los datos requeridos.

3.2.2 MUESTRA

Rendón y Villasís (2017) plantean que la selección de la muestra, reducirá la heterogeneidad de la población. El tamaño de la muestra está relacionado con la respuesta a la pregunta de investigación, por lo que se debe determinar antes de iniciar el estudio para evaluar la disponibilidad de recursos económicos, humanos y el tiempo.

En este estudio, el modelo de muestra que se utilizó es intencional y no probabilístico. Para lograr el propósito de este estudio se prepararon 10 muestras por cada porcentaje (%) de contenido excelente de mezcla asfáltica y se hizo un global de 50 tabiques o muestras.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La recopilación de información en este estudio es descriptiva, ya que las descripciones de los estudios de laboratorio utilizados para los resultados son informativos.

Se utilizó la técnica de la observación, ya que de acuerdo Useche et al. (2019) “la observación es el método que el investigador utiliza para interactuar con la realidad y obtener una comprensión lo más minuciosa aceptable del problema en cuestión. que se está estudiando.” (p.44). Entonces, en la presente investigación, es un método en donde se va a recolectar todos los datos, además básicamente, consiste en observar al sujeto de estudio en una situación específica. Todo esto se hace sin necesidad de incluir o modificar el entorno en el que se crean los objetos.

El instrumento que se empleó para la recopilación de información en el siguiente estudio es la recopilación documental, ya que, de acuerdo

a las variables de la investigación, la información fue recolectada de fuentes confiables como estudios de diferentes universidades y lineamientos del Manual del MTC.

Tabla 3
Técnica para la recopilación de información.

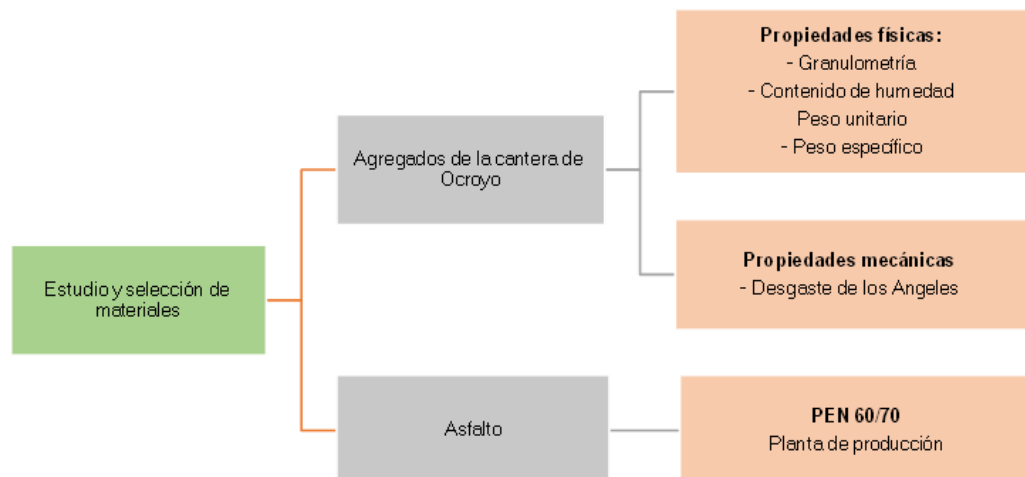
MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Descriptivo	Análisis de campo y observación de las pruebas de laboratorio.	Análisis de granulometría. Ensayo de porcentaje total de humedad del material. Ensayo de peso específico en los agregados. Prueba de abrasión Los Ángeles. Ensayo MARSHALL.
	Análisis de documentos	Tesis de pregrado, libros de investigación, Manual del MTC.

Nota. Adaptado según las pautas de Useche et al. (2019).

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos de los ensayos realizados se mostrarán a través de tablas y gráficos, que presenten los valores conseguidos. El modelo de ensayo que se utilizó para este estudio fue el ensayo Marshall, ya que el sistema es utilizado para diseñar asfalto en estado cálido. Estas fueron realizadas en el laboratorio de suelos teniendo en cuenta el Manual de Ensayos de Materiales (2016), el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013) y la Norma Técnica Peruana.

Figura 2
Procedimiento para el ensayo Marshall.





Nota. Adaptado del Manual de Ensayos de Materiales (2016).

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

En el laboratorio se desarrollaron los ensayos y para analizar e interpretar los datos se tienen en cuenta lo siguiente:

- La composición granulométrica de los agregados gruesos y finos (MTC E 204).
- Absorción y peso específico de agregados gruesos (MTC E 206)
- Absorción de agregados finos y densidad relativa (MTC E 205), partículas alargadas y chatas en agregados (MTC E 223).
- Peso unitario de agregados (MTC E 203), contenido de humedad (MTC E 215).
- Porcentaje de partículas partidas en el agregado grueso (MTC E 210), ensayo de abrasión los ángeles (MTC E 207).
- Los resultados que se obtuvieron después, sirvieron para preparar la combinación de asfalto en estado cálido, además se utilizó el sistema Marshall en el cual se realizaron 50 briquetas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 ANÁLISIS DEL AGREGADO EN ESTUDIO

4.1.1.1. CANTERA DE POMANTA

Los agregados gruesos y finos que se extrajeron, fueron de la Cantera Pomanta, que está ubicado a 52 minutos de la provincia de Ambo, al borde del río Chaupihuaranga.

Ubicación

Ubicación política

Lugar : Cantera Pomanta

Distrito : Huácar

Provincia: Ambo

Región : Huánuco

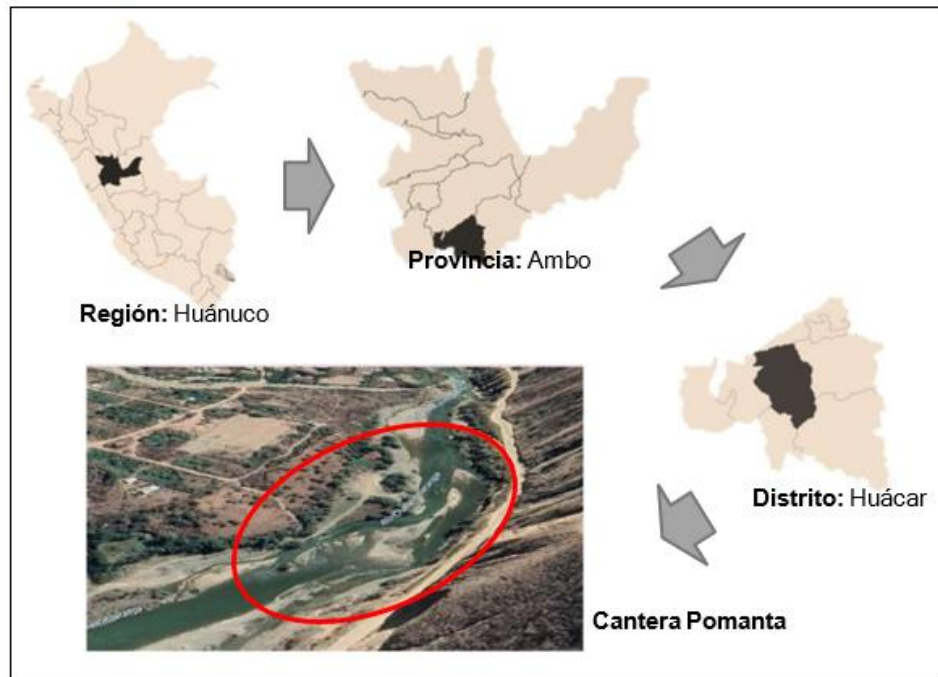
Ubicación Geográfica (UTM Sistema WGS84, Referencial)

Latitud : 10° 11' 42.4" S

Longitud : 76° 14' 21.1" W

Altitud : 2215 m.s.n.m

Figura 3
Ubicación Política.



A) Linderos

Figura 4
Colindantes del lugar.



Por el Norte: Comunidad de Atahuayon

Por el Sur: Comunidad de Cochachinche

Por el Este. Centro poblado de Maraypata

Por el oeste: Complejo Arqueológico de Atash

4.1.1.2. ENSAYOS REALIZADOS EN LA MUESTRA DE ESTUDIO

Como parte de este estudio, se realizaron varias pruebas de laboratorio para determinar las características mecánicas y físicas de la cantera Pomanta. Luego de recibir las respuestas de las pruebas, se preparó el asfalto en caliente teniendo en cuenta el Manual de Ensayo de Materiales (2016), Manual de Especificaciones Técnicas Generales de Construcción (2013) y Normas Técnicas Peruanas. Los procedimientos desarrollados se detallan a continuación.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO

4.1.2.1. DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DEL AGREGADO GRUESO

Se hace un estudio granulométrico del agregado grueso para determinar la dimensión de partícula de la muestra, cuya conducta se describe en la “Parte E 204 – análisis granulométrico de agregado finos y gruesos” (Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2016, p. 303)

Tabla 4

Distribución de tamaños del agregado grueso.

Tamiz	Peso retenido	% retenido	% pasa	% Acumulado
2 ½"			100.00	0.00
2			100.00	0.00
1 ½"	0.00	0.00	100.00	0.00
1"	0.00	0.00	100.00	0.00
¾"	0.00	0.00	100.00	0.00
½"	548.00	18.27	81.73	18.27
3/8"	827.00	27.57	54.17	45.83
¼"	982.00	32.73	21.43	78.57
Nº 4	643.00	21.43	0.000	100.00

Para hallar la Distribución de tamaños del agregado grueso, se tuvo en consideración el MTC E 204, sobre la granulometría de agregados finos y grueso, y la NTP 400.012. Todos fueron basados

en la normativa ASTM 136. Se tomó una muestra a una porción de al menos 2kg. El agregado se secó a 110 ± 5 °C de acuerdo con la “Mínima cantidad de muestra sin procesar de la Tabla 1” (Manual de ensayo de materiales, 2016, p.304), similar al estudio de tamizado de agregados fino y grueso, durante la preparación de la muestra, la masa se dividió por una sucesión de tamices de malla gradualmente más pequeños, calculando así la distribución del tamaño de las partículas.

4.1.2.2. MEDICIÓN DEL GRADO DE HUMEDAD EN EL AGREGADO GRUESO

Según La Madrid Shimokawa (2020) nos dice que, debido a la porosidad del agregado, el agua se sumerge en él. El agua también puede depositarse sobre la superficie del agregado como una capa delgada o una capa de humedad. Por lo tanto, es importante conocer el contenido de humedad del agregado utilizado en el concreto. Cuando el agregado puede absorber, la relación agua – cemento disminuirá.

Ecuación de grado de humedad en el agregado grueso:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Por lo tanto, con humedad positiva, el agregado tiene humedad superficial y con humedad negativa, el agregado se seca al aire, por lo que se mide la absorbancia del agregado (La Madrid Shimokawa, 2020).

Donde:

w = contenido total de humedad de la muestra expresado en porcentaje.

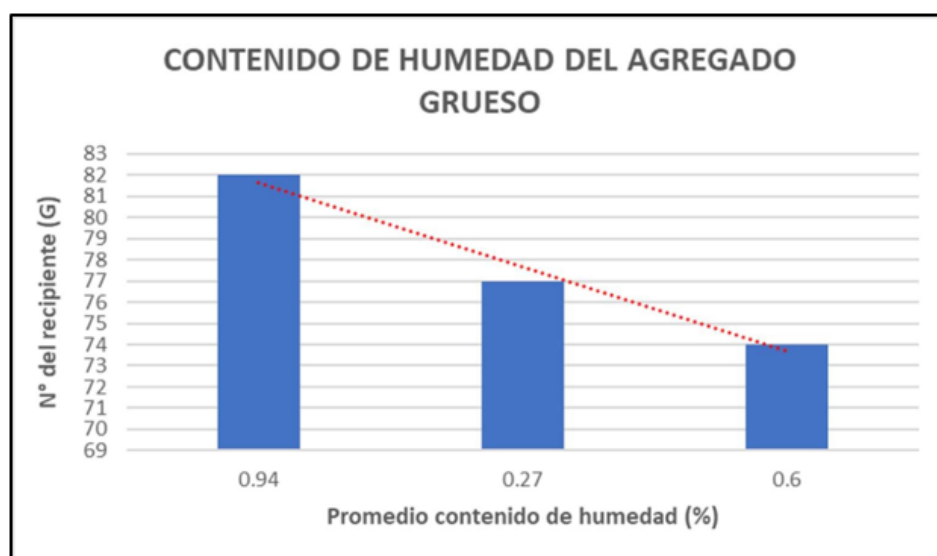
w_w = Peso de la muestra húmeda original en gramos.

w_s = Peso de la muestra seca en gramos

Tabla 5*Cálculo del porcentaje de humedad del agregado grueso.*

CONTENIDO DE HUMEDAD		N° del recipiente	82	77	74
1	Peso del recipiente	g	509.00	491.00	479.00
2	Peso del recipiente + muestra húmeda	g	3509.00	3491.00	3479.00
3	Peso de la tara + muestra seca	g	3481.00	3483.00	3461.00
4	Peso del agua contenido	g	28.00	8.00	18.00
5	Peso de la muestra seca	g	2972.00	2992.00	2982.00
6	Porcentaje de humedad	%	0.94	0.27	0.60
Promedio contenido de humedad		%	0.60		

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio

Figura 5*Contenido de humedad del agregado grueso.*

Nota. Se aprecia el gráfico de barras sobre el contenido de humedad del agregado grueso. Para el N° de recipiente 82 tiene un contenido de humedad de 0.94%, Para el N° de recipiente 77 tiene un contenido de humedad de 0.27% y Para el N° de recipiente 74 tiene un contenido de humedad de 0.6%.

El ensayo se hizo a base de los procedimientos que se indica en la Norma Técnica Peruana NTP. 339. 185 y en el Manual de Ensayo MTC E 215, donde de acuerdo a la fórmula para hallar el contenido total de humedad, se obtuvo que el porcentaje de humedad del agregado grueso es de 0.60 %.

Para hallar ese resultado, se mezcló con mucho cuidado la muestra y se evaluó la cantidad suficiente para producir un cierto porcentaje de humedad o diluyente que se encuentre dentro del

límite del recipiente. Se colocó la muestra restante en un recipiente hermético. La muestra pesada para mezclas normales no debe ser inferior a 500 g y para evitar grumos, se separó con cuidado esta muestra y se colocó en un alambique.

4.1.2.3. Absorción y peso específico del agregado grueso

Según el manual de ensayo de materiales brindado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) se puede obtener el objetivo del estudio, que es calcular el peso unitario seco, el peso unitario saturado superficialmente seco, el peso unitario supuesto y la absorción (dentro de las 24 horas) del agregado grueso usando un método. La absorción y el peso unitario saturado seco superficial de los agregados se determinan sumergiéndolos en agua durante 24 horas. Este modo no admite agregados ligeros.

Tabla 6
Absorción del material y densidad relativa.

		Recipiente N° 82	Recipiente N° 77	Recipiente N° 74		
1	Peso del material con saturación y superficie seca (B).	g	3000	3000	3000	
2	La suma del peso del material saturado y el peso de la cesta	g	0	0	0	
3	inmersa en el agua.	g	3030	3031	3030	
4	Peso del material saturado sumergido (c)	g	1896	1895	1896	
5	Peso de recipiente	g	509	491	479	
6	El peso del recipiente más el material seco	g	3519	3498	3488	
7	El peso del material sin humedad (6-5) (A).	g	3010	3007	3009	
RESULTADOS			M1	M2	M3	Prom.
8	Densidad específica en condiciones secas ((A/(B-C)).	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	2.65

9	Gravedad específica saturada (S.S.S)(B/(B-C))	g/cm ³	2.67	2.67	2.67	2.67
10	Peso específico aparente (A/(A-C))	g/cm ³	2.7	2.7	2.7	2.7
11	Porcentaje de absorción ((B-A) /A) *100)	%	0.66	0.8	0.7	0.72

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

Este ensayo se determina según la Normativa Técnica Peruana 400.021, la densidad relativa se determina dividiendo el peso de una esencia por el volumen del elemento a una temperatura específica. La absorbancia es la cuantía de agua que un agregado grueso logra absorber en 24 horas. (NTP 400.021, 2018).

A partir de los resultados de la Tabla 6, se encontró que la densidad relativa seca promedio y la densidad relativa saturada son 2,65 y 2,67 g/cm³, y la tasa de absorción es 0,72%. Para determinar este resultado, se tomaron muestras a granel con un peso mínimo de 3 kg y se lavaron para descartar las partículas finas adheridas a la superficie del agregado.

El Manual de Ensayo de Materiales (2016), requiere que las muestras agregadas se sumerjan en agua durante 24 horas para llenar los poros con agua, la muestra es retirada, y se procede a limpiar la superficie de las partículas del material con un paño absorbente de manera inmediata. se vuelve a colocar en agua, y finalmente se seca en un horno a 110 ± 5 °C y se pesa por tercera vez.

Después de pesar la muestra y que esté superficialmente seca, se situó el agregado grueso en una canasta consiguiendo así el peso de dicho agregado zambullido en el agua a 23° C. Se retiró la muestra de la canasta y se secó en un horno a 110°C+/-5°C por 24 horas.

4.1.2.4. DENSIDAD DEL AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DE LA CANTERA.

Pomanta

a) Peso unitario suelto

Este ensayo se hizo según los procedimientos que dice en la Normativa Técnica Peruana NTP. 400. 017 y en el Manual de Ensayo del MCT E 203.

Herramientas que se usó para la prueba de ensayo:

- Varilla compactadora
- Balanza
- Recipiente de medida

Tabla 7

Capacidad del recipiente de medida.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de recipiente de medida D		
Mm	pulgadas	L(m ³)		Pie ³
12,5	1/2	2,8 (0,0028)		1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)		1/3
37,5	1 1/2	14,0 (0,014)		1/2
75,0	3	28,0 (0,028)		1
112,0	4 1/2	70,0 (0,070)		2 1/2
150,0	6	100,0 (0,100)		3 1/2

Nota. Manual de ensayos de materiales, 2016 (p.301)

1. En la Tabla 7 se muestra que, se utilizó un contenedor de 0.0140 m³ y que tiene como espesor 5 mm, ya que de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales (2016), dicho recipiente satisface con las condiciones mínimas. Entonces la medida máxima del agregado grueso probado es 1/2".
2. Se pesó el contenedor del agregado grueso vacío, después la muestra fue dividida en partes más pequeñas y colocada en un recipiente que abarcaba aproximadamente un volumen entre el 125% y el 200% del espacio solicitado para contenerla.
3. Se evaluó los requerimientos mínimos de los contenedores de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales (2016).

Tabla 8*Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso.*

	Peso unitario suelto		M1	M2	M3
1	El peso total del agregado y el recipiente de medición	g	28102	28085	28110
2	El peso del recipiente de medida	g	5830	5830	5830
3	Peso del agregado (1-2)	g	22272	22255	22280
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S (3/4)/100	kg/m ³	1580	1578	1580
6	Promedio P.U.S seco	kg/m ³		1579	

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

Luego de hallar la capacidad de medidas del recipiente, se procedió con el siguiente procedimiento para hallar el peso unitario suelto del agregado grueso:

1. Se llenó la muestra con una espátula desde una altura que no exceda los 50 mm sobre la parte superior del recipiente.
2. Se usó una barra de palanca para nivelar el excedente de material en el sector de arriba del recipiente.
3. Se pesó el contenedor con la muestra llena, en esta ocasión se hizo 3 pruebas de ensayo.

Dando como resultado que el peso unitario suelto del agregado grueso es 1579 kg/m³.

b) Peso unitario compactado

Cuando las partículas se compactan, aumentando así el nivel de confinamiento de las partículas del agregado y incrementando así la estimación por unidad de masa, se denomina peso unitario compactado. Para hallar el peso unitario compactado del agregado grueso, se hizo el siguiente proceso:

1. Según lo indicado en el proceso del peso unitario en estado suelto, se evalúa las condiciones mínimas del contenedor, teniendo en cuenta una barra semiesférica con un diámetro de 1.6 y 60cm de largo.
2. Se procede a pesar el recipiente con una medida vacío.

3. Luego, en el recipiente, se llena la primera capa y sin tocar la parte inferior, se da 25 golpes en espiral con una varilla. Para llenar la segunda y tercera capa del recipiente, se repite el mismo procedimiento. Después de completar el procedimiento con la barra, finalmente se pesa el contenedor con la grava.

Tabla 9

Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso.

Peso unitario compacto		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	29780	29779	29691
2	El peso del recipiente de medida	g	5830	5830	5830
3	Peso del agregado (1-2)	g	23950	23949	23861
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C (3/4)/100	Kg/m ³	1699	1699	1692
6	Promedio P.U.S compacto	Kg/m ³			1696

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

Este ensayo se hizo según los procedimientos que dice en la Normativa Técnica Peruana NTP. 400. 017 y en el Manual de Ensayo del MCT E 203. Se preparó 3 muestras en donde se halló el peso del agregado + contenedor con dimensión, peso del contenedor, peso del agregado (1-2), volumen de recipiente de medida, P.U.C (3/4) /100, de cada muestra y de acuerdo a los procedimientos realizados, se tuvo como resultado que, el valor medio del peso unitario compactado del agregado grueso es de 1696 Kg/m³.

4.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO

4.1.3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Así como se calculó la Distribución de tamaños del agregado grueso, se hace lo mismo con el agregado fino, teniendo en cuenta las mismas normativas, ASTM C 136 y NTP 400 012. El agregado fino pasa por una malla de N° 4 y se estudió el tamaño de todas las partículas usando una muestra de 2,5 kg. El proceso es igual al que se aplicó con los agregados gruesos, así que nos dio los siguientes resultados:

Tabla 10*Distribución de tamaños del agregado fino.*

Peso del material		3400.00 g		
N° Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa	% Retenido acumulado
1/4"			100.00	
N°04	0.00	0.00	100.00	0.00
N°08	1560.00	45.88	54.12	40.06
N°10	280.00	8.24	45.88	54.12
N°16	640.00	18.82	27.06	72.94
N°20	221.00	6.50	20.56	79.44
N°30	273.00	8.03	12.53	87.47
N°40	153.00	4.50	8.03	91.97
N°50	102.00	3.00	5.03	94.97
N°60	44.00	1.29	3.74	96.26
N°80	50.00	1.47	2.26	97.76
N°100	19.00	0.59	1.71	98.29
N°200	43.00	1.26	0.44	99.56
Fondo	15.00	0.44	0.00	100.00

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

Para hallar la Distribución de tamaños del agregado fino, se tuvo en consideración el MTC E 204, sobre la granulometría de agregados finos y grueso, y la NTP 400.012. Todos fueron basados en la normativa ASTM 136. Se tomó una muestra a una porción de al menos 2kg. El agregado se secó a 110 ± 5 °C de acuerdo con la "Cuantía mínima de muestra sin procesar de la Tabla 1" (Manual de ensayo de materiales, 2016, p.304), similar al estudio de tamizado de agregados fino y grueso, durante la preparación de la muestra, la masa se dividió por una sucesión de tamices de malla gradualmente más pequeños, calculando así la distribución del tamaño de las partículas.

4.1.3.2. MEDICIÓN DEL GRADO DE HUMEDAD EN EL AGREGADO FINO

De acuerdo La Madrid Shimokawa (2020) nos dice que, debido a la porosidad del agregado, el agua se sumerge en él. El agua también puede depositarse sobre la superficie del agregado como una capa delgada o una capa de humedad. Por lo tanto, es importante conocer el contenido de humedad del agregado utilizado en el concreto. Cuando el agregado puede absorber, la relación agua – cemento disminuirá.

Ecuación grado de humedad en el agregado fino.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Por lo tanto, con humedad positiva, el agregado tiene humedad superficial y con humedad negativa, el agregado se seca al aire, por lo que se mide la absorbancia del agregado (La Madrid Shimokawa, 2020).

Donde:

w = contenido total de humedad de la muestra expresado en porcentaje.

w_w = Peso de la muestra húmeda original en gramos.

w_s =Peso de la muestra seca en gramos

Tabla 11*Hallando el porcentaje de humedad del agregado fino.*

CONTENIDO DE HUMEDAD	N.º DEL RECIPIENTE	1	77	11
1 Peso del recipiente	g	412.00	409.00	417.00
2 Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1412.00	1409.00	1417.00
3 Peso de la tara + muestra seca	g	1372.00	1365.00	1384.00
4 Peso del agua contenido (2-3)	g	40.00	44.00	3.00
5 Peso de la muestra seca (3-1)	g	960.00	956.00	967.00
6 Porcentaje de humedad (4/5)*100	%	4.60	4.60	3.41
Promedio contenido de humedad	%	4.06		

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

El ensayo se hizo a base de los procedimientos que se indica en la Normativa Técnica Peruana NTP. 339. 185 y en el Manual de Ensayo MTC E 215.

De acuerdo a la fórmula que nos da la norma, se halló que el contenido promedio de humedad del agregado fino es 4.06%.

4.1.3.3. DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE LAS MUESTRAS DEL AGREGADO FINO

De acuerdo a la guía de Ensayos de Materiales (2016), hay un método que indica la densidad relativa seca de la muestra de agregado fino, la gravedad particular seca del espacio saturado, el peso aparente y la absorción de las muestras del agregado fino en el agua después de 24 horas sumergido en ella.

Después, la muestra de agregado fino se introduce en el molde cónico y se golpea la superficie exactamente 25 veces con un palo y saque el molde cónico después de la compactación. Si, cuando se retira el cono, hay humedad en el material, la muestra conserva la forma especificada y se continúa secando el material,

con esto se puede concluir que cuando el agregado fino se derribe al sacar el molde cónico, está completamente seco (Manual de Ensayo de Materiales, 2016).

Según el Manual de Ensayo de Materiales (2016) se debe colocar 500 g de muestra seca en el picnómetro, tapar con agua etiquetada hasta 500 cm³, mediante aspirador o manualmente agitar durante unos 15 a 20 minutos para quitar cualquier vacío, después, se añade agua al recipiente para determinar el peso total del picnómetro, la muestra y el agua. Posteriormente, la muestra se retira del recipiente y se coloca en el horno para su secado, un proceso que suele durar entre media hora y hora y media, con el fin de determinar el peso seco.

Tabla 12

Hallazgos sobre la densidad y capacidad de absorción del material fino.

Agregado Fino		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
1	Peso del material seco después de la eliminación de las burbujas de aire (A)	g 344.24	345.01	345.16	
2	Peso del picnómetro + agua hasta la marca 500cm ³ (B)	g 689.44	686.44	688.73	
3	Peso del picnómetro + muestra saturada de agua hasta la marca (C)	g 905.91	830.86	906.31	
4	Peso de la muestra inicial saturada sss (S)	g 350.00	350.00	350.00	
RESULTADOS			M1	M2	M3
5	Gravedad específica seca ((A/(B+S-C))	g/cm ³	2.58	1.68	2.61
6	Gravedad específica saturada (S.S.S) (S/(B+S-C))	g/cm ³	2.62	1.70	2.64
7	Peso específico aparente (A/(B+A-C))	g/cm ³	2.69	1.72	2.71
8	Porcentaje de absorción ((S-A)/A)*100)	%	1.67	1.45	1.40
9	promedio %			1.51	

Nota. Datos obtenidos del ensayo que se realizó en el laboratorio.

Para preparar este ensayo se tomaron en cuenta los procedimientos que están en la Normativa Técnica Peruana 400.222 y en Norma de Transportes y Comunicaciones MTC E 205.

Según las Tabla 12 se hizo 3 muestras con agregados finos de la cantera Pomanta en donde se situó el agregado en 3 envases cubiertos con agua por 24 horas, después se secó las muestras sobre otra superficie plana, cuando estuvo seca se hizo el primer pesaje de las tres muestras para luego eliminar la presencia de burbujas mediante vibración o mediante el uso de una bomba de aire, posteriormente se procede a pesar nuevamente, teniendo en cuenta el peso del material después de haber sido desprovisto de burbujas de aire. Luego, se registra el peso del picnómetro junto con el agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³, seguido por el peso del picnómetro con la muestra saturada de agua hasta la misma marca. Finalmente, se obtiene como resultado el promedio del peso específico y la absorción del material fino, que se calculó en un 1.51%.

4.1.3.4. ENSAYO DEL PESO UNITARIO SUELTO – COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

a) Peso unitario suelto

Este ensayo se hizo según los procedimientos que dice en la Normativa Técnica Peruana NTP. 400. 017 y en el Manual de Ensayo del MCT E 203.

Herramientas que se usó para la prueba de ensayo:

- Varilla compactadora
- Balanza
- Recipiente de medida

Tabla 13

Conclusiones del examen del peso específico suelto del agregado fino.

Peso unitario suelto – Agregado fino		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de Medida	g	6643	6648	6656
2	Peso del recipiente de medida	g	1782	1782	1782
3	Peso del agregado (1-2)	g	4861	4866	4874
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S (3/4) /100	kg/m ³	1736	1738	1741
6	Promedio P.U.S Seco	kg/m ³		1738	

Nota. Datos obtenidos del ensayo que se realizó en el laboratorio.

En esta investigación, se utilizó un contenedor con un espesor de 5mm y de 0.0028m³, porque está disponible en el laboratorio.

Luego, en la Tabla 13 se puede ver que se pesó un contenedor desocupado que pesa 1782 gr. Después de ser dividida la muestra, se puso en dicho recipiente que debe estar de 125-200% lleno del volumen deseado en un recipiente. Se colocó en recipientes que no superen los 50 mm por encima del borde superior. Cuando el recipiente se desborde, se usó una regla de metal para eliminar el exceso de agregado fino. Se registró el peso del recipiente más el peso de la muestra.

Finalmente se puede ver en la Tabla 13 que el promedio de peso unitario suelto del agregado fino es 1738 kg/m³.

b) Peso unitario compactado

1. Determinar los requerimientos mínimos del recipiente de acuerdo al peso unitario compactada del agregado grueso y se utilizó una barra de 60 cm de largo y 0,6 cm de diámetro.
2. Pesar el recipiente. Después de segmentar la muestra, se introduce en un contenedor cuya capacidad oscila entre el 125 % y el 200 % del volumen necesario.
3. Con una cuchara de metal, se colocó el relleno fino en el recipiente en 03 capas, y la altura no debe exceder los 5 cm desde el punto de arriba del contenedor. Cada estrato debe compactarse 25 veces de manera uniforme y horizontal y tratar de compactar de un nivel al siguiente.

Según Manual de Ensayo de Materiales (2016) cuando se compacta el último estrato, la superficie del agregado fino, de nivelarse con una regla metálica, esto determinará el peso del recipiente y del material.

Tabla 14

Hallazgos del examen de la densidad compactada del agregado fino.

Peso unitario compactado – Agregado fino		M1	M2	M3
1	Peso del agregado + recipiente de medida	7015	7024	7009
2	Peso del recipiente de medida g	1782	1782	1782
3	Peso del agregado (1-2) g	5233	5242	5227
4	Volumen de recipiente de medida m ³	0.002800	0.00280	0.00280
5	P.U.S (3/4) /100 Kg/m ³	1869	1872	1867
6	Promedio P.U.S Seco Kg/m ³		1869	

Este ensayo se hizo según los procedimientos que dice en la Normativa Técnica Peruana NTP. 400. 017 y en el Manual de Ensayo del MCT E 203. Se preparó 3 muestras en donde se compactó el agregado fino en 3 estratos y se determinó el peso del agregado junto con el recipiente de medición, así como el peso exclusivo del recipiente de medición, peso del agregado (1-2), volumen de recipiente de medida, P.U.C (3/4) /100, de cada muestra y de acuerdo a los procedimientos realizados, se tuvo como resultado que, el promedio del peso unitario compactado del agregado fino es 1869 Kg/m³.

4.1.3.5. DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL MATERIAL FINO NATURAL

Si el molde, al levantarlo, se ve de una manera cónica que culmina en un punto sugiere que el material está completamente seco. La totalidad de la muestra fue extraída del picnómetro y trasladada a un recipiente metálico para luego ser sometida a un proceso de secado en un horno a una temperatura de 110°C, con una tolerancia de más o menos 5°C, durante un período de 24 horas.

4.1.4 PRUEBA DE PARTÍCULAS ALARGADAS Y CHATAS

El objetivo de esta prueba es hallar el porcentaje de todas las

partículas que sean elongadas y chatas en los agregados de la cantera Pomanta. Mientras más bajos sean los porcentajes, se compacta mejor la mezcla asfáltica. Este proceso se basa en la norma ASTM D 4791 y al manual de ensayo de materiales (2016).

Tabla 15
Necesidad de agregado grueso en la prueba de partículas planas y alargadas.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Partículas Chatas		≤ 3000	> 3000
y Alargadas.	MTC E-223	10% max	10% max

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560).

En la Tabla 15 se puede ver que, para el Requerimiento del agregado grueso en el ensayo de partículas chatas y alargadas, se usó el Manual de Ensayo de Materiales E-223, en donde se usó el método para calcular la proporción de partículas planas o elongadas presentes en un agregado grueso, dado que estas pueden interferir con el fortalecimiento y dificultan el empleo del material. Su utilidad radica en verificar si se cumplen las especificaciones que restringen la presencia de tales partículas o determinan la forma característica de los agregados gruesos. Entonces tenemos un porcentaje de 10% máx.

Tabla 16
Conclusión de la evaluación de partículas planas y alargadas.

Material		Peso del Partículas chatas			Partículas alargadas	
Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	(g)	Peso (g)	%	Peso (g)	%
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	24.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700	2500	32	1.28	30	1.18
3/8"	8.750	2500	52	2.08	50	1,96
1/4"	6.350	2500	34	1.36	53	2.09
					6.690	

Nota. Datos obtenidos del ensayo que se realizó en el laboratorio.

Para hallar el resultado del examen de partículas chatas y elongadas se tuvo que granular el material a ensayar, luego se hizo el pesaje de las partículas en tamices de ¼", 3/8" y de ½", tanto alargadas como chatas, donde el peso de las partículas chatas es de 32g, 52g y 34g con un porcentaje de 1.28%, 2.08%, 1.36 %, el peso de las partículas alargadas es de 30g, 50g y 53g con un porcentaje de 1.18%, 1.96% y 2.09%. Teniendo como resultado 6.690.

4.1.5 PRUEBA PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS

El Manual de Ensayo de Materiales (2016) establece que la prueba consiste en determinar el porcentaje, masa o cantidad de material grueso que contiene granos con superficies fracturadas. La evaluación se lleva a cabo siguiendo las directrices establecidas en los estándares ASTM D 5821 y en el manual de prueba MTC E 210.

Equipo de uso:

- Balanza, tamices
- Cuarteador, separador y espátula

Tabla 17*Establecimiento del porcentaje de partículas con caras fracturadas.*

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Caras Fracturadas.	MTC E-210	≤ 3000	> 3000
		87/50	90/70

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

La Tabla 17, se obtuvo del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013, para determinar el porcentaje de partículas de caras fracturadas y nos menciona que tiene que estar a una altitud entre ≤ 3000 y > 3000 en proporción de 87/50 y 90/70.

Tabla 18*Determinando el porcentaje de partículas que han sufrido fracturas.*

1. Con una cara fracturada						
Tamaño del material		A	B	C	D	E
Grueso						
Pasa	Retenido	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	%	(C*D)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2140	1817	84.91	58.15	4937.50
1/2"	3/8"	1540	1320	85.71	41.85	3586.96
Total		3680	3137	170.62	100.00	8524.46
Resultado de porcentaje con una cara fracturada (total E/ total D)						85.2%
2. Con dos caras fracturadas						
Tamaño del material		A	B	C	D	E
Grueso						
Pasa	Retenido	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	%	(C*D)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2140	1817	84.91	58.15	4937.50
1/2"	3/8"	1540	1320	85.71	41.85	3586.96
Total		3680	3137	170.62	100.00	8524.46

Resultado de porcentaje con una cara fracturada (total E/ total D)	85.2%
--	-------

Nota. Datos obtenidos del ensayo que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 18 muestran los resultados de porcentaje de las partículas con una cara y con dos o más caras fracturadas, donde se hizo el pesaje de partículas gruesas con un tamaño de 3/8" y 1/2". Al final se obtuvo que el resultado del porcentaje de partículas con una sola cara quebrada es del 85.2%, mientras que el porcentaje de aquellas con 2 o más caras quebradas es del 51.7%.

4.1.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA DE POMANTA

4.1.6.1. PRUEBA DE RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO A TRAVÉS DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

De acuerdo con el Manual de Ensayo de Materiales (2016), el procedimiento implica colocar el agregado grueso en la Máquina de los Ángeles para que este lo desgaste mediante un proceso llamado abrasión. A consecuencia de mezclar todas las acciones como abrasión o desgaste, trituración e impacto en la máquina, nos dará como resultado medir la degradación del agregado grueso.

Tabla 19
Necesidad de realizar el ensayo de los Ángeles.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Abrasión los Ángeles.	MTC E-207	≤ 3000	> 3000
		40% máx.	35% máx.

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p.560).

La Tabla 19, se obtuvo de la normativa técnica peruana NTP. 400.019 y el Manual de Ensayo del MTC E 207.

El examen se lleva a cabo conforme al método indicado dado en dicha norma para tener en cuenta el requerimiento de la prueba de los Ángeles en donde nos menciona que debe estar a una altitud

entre ≤ 3000 y > 3000 con un porcentaje máximo de 40% y 30%.

Equipo de uso:

- 12 esferas de acero con carga abrasiva.
- Máquina de los Ángeles de 20" de longitud y 28" de diámetro.
- Tamiz N°12, bandeja metálica y balanza.

Tabla 20

Distribución de tamaños del agregado grueso.

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado g			
Que pasa	Retenido sobre	Grabación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	--	--	--
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	--	--	--
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ± 10	1 250 ± 10	--	--
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	1 250 ± 10	--	--
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	--	--	1 250 ± 10	--
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N° 4)	--	--	1 250 ± 10	--
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	--	--	--	5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Nota. Del Manual de Ensayos y Materiales, 2016 (p. 316).

En la Tabla 20, se obtuvo del Manual de Ensayos y Materiales, 2016 y se exhibe la gradación del material grueso que se utilizó. Se usó unos tamices de medida 1/2" y 3/8", donde el material grueso pasa fácilmente. También se usó un tamiz de medida 1/4" donde el material es retenido; todo esto se hizo en una gradación de $1\ 250 \pm 10$ y $2\ 500 \pm 10$.

Tabla 21

La disposición de las dimensiones de la muestra que será examinada.

Tamiz que pasa	Tamiz que retiene	Grabación			
		A (12)	B (11)	C (8)	D (6)
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"		2500.00			
⅜"		2500.00			
N° 2	N° 4				
N°4	N°8				

El número de esferas a usar están dentro del paréntesis

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio

La Tabla 21, muestra la gradación de la muestra a ensayar, donde se hizo el tamizado del agregado grueso y la muestra que se ensayó pesa 2 500 g.

Tabla 22

Resultado obtenido del ensayo de desgaste de los Ángeles.

N° de muestras	M-1	M-2	M-3
Peso inicial del material	5000.00 g	5000.00 g	5000.00 g
Gradación		B	
Peso del material Retenido en el tamiz N° 12	4005.00 g	4055.00 g	4035.00 g
Peso del material que pasa en el tamiz N° 12	995.00 g	945.00 g	965.00 g
Porcentaje de desgaste	19.9	18.9	19.3
Promedio del porcentaje de desgaste		19.37	

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 22, visualiza las respuestas de la prueba de desgaste de los Ángeles, donde se hizo el siguiente procedimiento que fue de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales (2016):

1. Se tuvo que lavar los agregados gruesos y secar en un horno con temperatura 110° C.
2. Para realizar el cernido del material, se procedió a agitar el tamiz

de manera circular, depositando posteriormente el residuo de cada tamiz en un contenedor designado.

3. En el tambor de la máquina Los Ángeles, se introdujo la muestra hecha junto con las cargas abrasivas, finalmente sellarlo.
4. Se preparo la velocidad del tambor desde 30 a 35 revoluciones por minuto hasta alcanzar las 500 revoluciones por minuto requeridas. Automáticamente el tambor se detiene después de llegar a 500 revoluciones, entonces se coloca el material en un recipiente.
5. En un tamiz de corte N° 12 el material empezó a vibrar. Se procedió a lavar y secar en una estufa el agregado que quedó en el tamiz N° 12, luego es pesado en una balanza.
6. Para calcular el porcentaje de deterioro, se restó el peso detenido en el tamiz N° 12 del peso total (5000 gramos). Luego se multiplicó este resultado por 100 y se dividió entre el peso total del material grueso. Finalmente, el promedio del porcentaje de desgaste de los Ángeles, que se obtuvo es 19.37 %.

4.1.7 CEMENTO ASFALTICO

Según el Manual de especificaciones técnicas generales para la construcción (2013), los cementos asfálticos se utilizan en la producción de asfalto en caliente y se clasifican según su poder de penetración y viscosidad. Se utilizan de acuerdo a las condiciones climáticas distintivas de cada área incluyen una temperatura ambiente de 19 °C en Huánuco.

Tabla 23

Clasificación del cemento asfáltico según la temperatura.

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C 15°	15°c-5°c	Menos de 5°C
40-50		80-100	Asfalto
60-70	60-70	120-150	Modificado
Modificado			

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 471), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

En la Tabla 23, se muestra la disposición del cemento asfáltico de acuerdo a la temperatura que se obtuvo del Manual de Especificaciones

Técnicas Generales para Construcción, 2013. Entonces, para preparar el asfalto en caliente, usando los materiales de la cantera Pomanta, el cemento asfáltico que se usó es PEN 60/70.

4.1.8 RESISTENCIA DE LA COMBINACIÓN DE ASFALTO EN ESTADO CÁLIDO USANDO EL MÉTODO DE MARSHALL, MTC E 504.

Para preparar la combinación de asfalto en estado cálido, se empleó un método llamado el Método de Marshall, por lo que a continuación se va a presentar los materiales que se usó para la preparación y cuáles fueron sus dosificaciones adecuadas para la prueba.

Tabla 24

Elementos necesarios para la elaboración de la mezcla de asfalto caliente.

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
Agregados Pétreos	Grava < ½" Grava < N° 4 Arena	Canterade Pomanta – Huácar - Ambo.
Cemento asfáltico	PEN 60/70	Planta de producción Chullqui – Churubamba-Huánuco
MATERIALES PARA ENSAYAR	PORCENTAJES (%)	
Material grueso	67%	
Material fino	26%	

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 24, se muestra los materiales que se utilizó en la elaboración de la combinación asfáltica en estado cálido, se puede ver que, en caso de los agregados pétreos, fue extraída de la Cantera Pomanta – Huácar, Ambo y se utilizó agregados gruesos de ½" y de N°4 y agregados finos como la arena. En caso del cemento asfáltico se usó uno de PEN 60/70 que fue adquirida de una Planta de producción ubicado en Chullqui – Churubamba, Huánuco.

Finalmente, los porcentajes de los materiales que se ensayó es 67% del material grueso y 26% del material fino.

De acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales MTC – 2016, la elaboración de la muestra es la siguiente:

- El agregado y el asfalto se calientan a una temperatura adecuada para envolver completamente todas las partículas del agregado, emulando así los procedimientos de mezcla y calentamiento observados en la planta.
- Para hallar el porcentaje del agregado, se calculan como 5 muestras de cada fracción agregada y deben incrementarse en un 0,5% por cada fracción restante. La combinación de asfalto en estado cálido se coloca en un recipiente Marshall precalentado y se compacta con un apisonador Marshall. Los apisonadores Marshall se calientan para que la superficie de la mezcla no se enfríe cuando se golpea.
- En cada grupo se prepararon 5 briquetas con el mismo contenido de asfalto y se incrementó la masa de cemento asfáltico en un 0,5% partiendo de 4,5% de asfalto para un global de 50 briquetas. Se requieren alrededor de 1200 gramos de material mineral de la cantera de Pomanta por cada briketa requerida.

Equipo utilizado en la prueba de Marshall

- Probetas Marshall
- Equipo de estabilidad
- Compactadores automáticos - martillos compactadores
- Equipo de baño maría - extractor de probetas
- Máquina Marshall.

4.1.8.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

1. La proporción del agregado en la mezcla se calcula a base de las respuestas del análisis de la granulometría.
2. Por cada cantidad de porcentaje de asfalto, se elaboró 5 probetas circulares, logrando un total de 50 briquetas.
3. Según el Manual de especificaciones técnicas generales para la construcción (2013) las briquetas se preparan en moldes metálicos, se compactan inmediatamente, asegurando que se hagan 50 golpes por cada lado, no más de 90 segundos.

Tabla 25*Condiciones para la combinación de asfalto en estado cálido.*

Parámetro de diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8 – 14	8 – 16	8 – 20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión-Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo - Asfalto (2)	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700 – 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 min.		

Nota. Número de golpes de martillo que serán necesarios para compactar las briquetas en caliente. Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013, p. 570).

La Tabla 25, muestra las condiciones para la combinación de asfalto en estado cálido obtenido del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, (2013, p. 570), en donde menciona el número de golpes de martillo que serán necesarios para compactar las briquetas en caliente, se puede ver que se necesitó de 75, 50 y 35 golpes.

4.1.8.2. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO TOTAL (AASHTO T-166)

El peso total específico de cada muestra se evaluó después de enfriar las muestras comprimidas a temperatura ambiente. Se requiere esta medida de peso específico para realizar una evaluación precisa de la densidad de poros.

4.1.8.3. ENSAYO DE FLUENCIA Y ESTABILIDAD

La prueba de estabilidad se refiere a determinar la consistencia de una combinación de asfalto en deformidad, mientras que la fluencia cuantifica la deformación de una mezcla

bajo carga.

4.1.9 DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS USANDO EL MÉTODO MARSHALL

Se presenta el proceso de diseño del sistema Marshall con el fin de lograr una combinación asfáltica óptima que se puede ajustar en parámetros de volumen para adaptarse al volumen de tráfico necesario.

4.1.9.1. INFORMACIÓN CONSEGUIDA DEL MATERIAL DE LA CANTERA POMANTA

Tabla 26

Densidad específica y capacidad de absorción del agregado grueso.

		N° 82	N° 77	N° 74
1	W material saturado 1 con superficie secado (B) W_{sss}	g 3035	3034	3033
2	W cesta adentro del agua	g 0	0	0
3	W material 3 saturado + W cesta g adentro del agua	g 3000	3000	3000
4	W material saturado sumergido (c)	g 1890	1885	1890
5	W de bandeja	g 510	490	480
6	W bandeja + material secado	g 3520	3501	3493
7	W material secado 8A) W_s	g 3010	3011	3013
RESULTADOS		M1	M2	M3
Gravedad específica seca ((A/(B- C)) Gm		2.71	2.7	2.71
8	Gravedad Específica saturada (S.S.S) (B/(B-C))	g/cm ³ 2.7	2.69	2.67
9	G_{sss} Pe aparente (A/(A- C)) G_s	2.69	2.67	2.68
10	% de absorción % ((B-A)/A)*100)	0.83	0.76	0.7
11			0.7	0.66

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 26 se visualiza las respuestas de la densidad relativa y la absorción del material grueso, en donde se hizo una compactación de las briquetas con el martillo de compactación, luego se midió la altura de cada briketa. De manera similar, se determina la densidad real de las briquetas de la mezcla asfáltica, es decir, está determinado por el peso de las briquetas

suspendidas en el aire en un estado seco y saturado superficie seca y sumergida en agua.

Luego, cuando la briqueta estuvo seca, se hizo el pesaje de estas para después, sumergirlo en una canasta. Las briquetas se sumergen en un recipiente con agua a una temperatura ambiente de 60°C - 1°C en el periodo de 30 a 40 min y la mordaza del ensayo se acondicionó en 21°C y 38°C. Luego se colocó en el contenedor Marshall para hallar las mediciones de flujo y estabilidad. El sistema de prueba Marshall consta de tres pasos bien conocidos: Calcular el total del peso específico, medir la estabilidad, el flujo Marshall, y analizar la densidad y el contenido de los vacíos que hay en las muestras.

Finalmente, la gravedad específica seca resultó 2.71 g/cm³, la gravedad específica saturada resultó 2.69 g/cm³ y el porcentaje de absorción es 0.66%.

Tabla 27

Densidad específica y capacidad de absorción del material fino natural.

Material natural fino	M1	M2	M3	
1 W material seco una vez eliminadolas burbujas de aire (A)	495.20	496	495.90	g
2 W picnómetro + agua hasta la marca 500cm ³ (B)	644.90	644.80	644.70	g
3 W picnómetro + muestra saturada agua hasta la marca (C)	955.20	952.45	950.90	g
4 W muestra inicial saturada sss (S)	500.00	500.00	500.00	g
RESULTADOS	M1	M2	M3	Prom.
5 Gravedad específica seca ((A/(B-C)) Gm	2.6	2.57	2.5	2.57
6 Gravedad Especifica saturada (S.S.S) (B/(B-C)) Gsss	2.64	2.60	2.5	2.6
7 γ aparente (A/(B+A-C)) Gs	2.69	2.64	2.6	2.65
8 % de absorción ((S-A) / A) *100)	0.81	0.81	0.8	0.81
9 Promedio %		0.82		

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 27 se visualiza las respuestas de la densidad relativa y la absorción del material natural fino, en donde el procedimiento es lo mismo que del agregado grueso.

Al final, la gravedad específica seca resultó 2.57 g/cm³, la gravedad específica saturada resultó 2.60 g/cm³ y el porcentaje de absorción es 0.81%.

4.1.9.2. Densidad relativa del material

A. Material grueso

Ecuación 3

Densidad relativa del material grueso

$$G_m = \frac{W_s}{W_{SSS} - sum} = 2.65$$

$$G_s = \frac{W_s}{W_{SSS} - sum} = 2.67$$

$$G_{SSS} = \frac{W_s}{W_{SSS} - sum} = 2.70$$

Nota. Se aprecia las fórmulas para el cálculo de la densidad relativa del material grueso

B. Material fino

Ecuación 4

Densidad relativa del material grueso

$$G_m = \frac{W_s}{W_{SSS} - sum} = 2.59$$

$$G_s = \frac{W_s}{W_s - sum} = 2.61$$

$$G_{SSS} = \frac{W_s}{W_{SSS} - sum} = 2.65$$

Nota. Se aprecia las fórmulas para el cálculo de la densidad relativa del material fino.

4.1.9.3. Porcentaje de los agregados

P1 = 67.00% Agregado grueso

P2= 33.00 % Agregado fino natural

P3 = 7.00 % Cemento - Filler

4.1.9.4. Densidad relativa del asfalto

$$G_b = 1.0254$$

4.1.9.5. DENSIDAD RELATIVA NETA DEL AGREGADO

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2}} = \frac{67 + 33}{\frac{67}{2.61} + \frac{33}{2.5}} = 2.6$$

4.1.9.6. EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA TEÓRICA MÁXIMA (GMM) DE LA MEZCLA DE ASFALTO

Tabla 28

Descubrimientos de la densidad máxima teórica (Gmm) con una proporción de asfalto del 4,5%.

N°	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
Ensayos	W matraz	W matra z + agua	W matraz + Espécimen	W Espécime n	W matraz + agua + Espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1	374.2	1374. 2	874.2	500	1665.0	2.39
2	379.3	1379. 3	879.8	500.5	1664.3	2.32
3	379.3	1379. 3	879.6	500.3	1667.1	2.35
4	378.7	1378. 7	878.7	500	1666.1	2.37
5	379.5	1379. 5	879.5	500	1661.3	2.29
6	378.3	1378. 3	878.5	500.2	1665.8	2.35
7	376.3	1376. 3	876.3	500	1662.1	2.33
8	380.6	1380. 6	880.1	500.5	1662.3	2.30
9	376.4	1376. 4	876.4	500	1664.1	2.33
10	374.3	1374. 3	865.7	490.4	1666.1	2.46
Promedio						2.35

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 28 se visualiza las respuestas de la densidad relativa teórica máxima (Gmm) teniendo 4,5% de asfalto, en donde primero se hizo el pesaje del matraz o recipiente, teniendo los valores de la segunda columna, luego se hizo el pesaje del matraz, pero con agua, teniendo los valores de la tercera columna, después se hizo el pesaje del matraz más el espécimen o el asfalto de 4.5% teniendo los valores de la cuarta columna. También, se tuvo en cuenta el peso del espécimen y sus valores están en la quinta columna. Luego se hizo el pesaje del matraz con agua más el espécimen o la mezcla asfáltica y los datos obtenidos están en la sexta columna. Finalmente, se hizo la operación para obtener el promedio final de cada briqueta luego de ser ensayadas en la Prensa Marshall, se obtuvo que el promedio final de la máxima densidad relativa teórica (Gmm) con un contenido de asfalto del 4.5%. es 2.35.

Tabla 29

Resultados de la densidad máxima teórica (Gmm) con una mezcla de asfalto del 5,0%.

N°	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
Ensayos	W matraz	W matraz + agua	W matraz + Espécimen	W Espécimen	W matraz + agua + Espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1	38	1385. 3	855	474.7	1650.9	2.27
2	37.09	1378. 8	879.9	501	1665.8	2.34
3	378.8	1379. 4	890.1	510.7	1650.4	2.13
4	379.4	1379. 3	880.6	501.3	1668.3	2.36
5	379.3	1376. 6	878.7	502	1666.1	2.36
6	380.5	1380. 5	880.8	500.3	1660.8	2.27
7	375.3	1375. 3	880.3	504	668.4	2.39

8	376.3	1376. 3	876.3	500	1666.5	2.38
9	375.5	1375. 5	875.5	500	1662.8	2.35
10	379.3	1379. 3	879.7	500.4	1665.4	2.34

Promedio					2.32	
-----------------	--	--	--	--	------	--

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 29 se visualiza las respuestas de la densidad relativa teórica máxima (Gmm) teniendo 5,0% de asfalto, en donde primero se hizo el pesaje del matraz o recipiente, teniendo los valores de la segunda columna, luego se hizo el pesaje del matraz, pero con agua, teniendo los valores de la tercera columna, después se hizo el pesaje del matraz más el espécimen o el asfalto de 5,0% teniendo los valores de la cuarta columna. También, se tuvo en cuenta el peso del espécimen y sus valores están en la quinta columna. Luego se hizo el pesaje del matraz con agua más el espécimen o la mezcla asfáltica y los datos obtenidos están en la sexta columna. Finalmente, se hizo la operación para obtener el promedio final de cada briqueta luego de ser ensayadas en la Prensa Marshall, se obtuvo que el promedio final de la máxima densidad relativa teórica (Gmm) con un contenido de asfalto del 5.0%. es 2.32.

Tabla 30

Resultados obtenidos de la densidad máxima teórica (Gmm) con una proporción de asfalto del 5,5%.

N° Ensayos	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
	W matraz	W matra z + agua	W matraz + Espécimen	W Espécime n	W matraz + agua + Espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1B	380.1	1380. 1	880.1	500	1666.3	2.34
2B	379.3	1379. 3	879.5	500.2	1661.6	2.30
3B	381.2	1381. 2	889.4	508.2	1663.2	2.25
4B	379.6	1379. 6	879.9	500.3	1661	2.29

5B	379.5	1376. 3	87.3	500	1666.3	2.38
6B	379.5	1379. 5	879.7	500.2	1661.5	2.29
7B	379.6	1379. 6	879.6	500	1663.7	2.32
8B	376.5	1376. 5	876.5	500	1665.5	2.37
9B	380	1380	880.5	500.5	1665.6	2.33
10B	379.7	1379. 7	880.2	500.5	1665.4	2.34

Promedio					2.32
-----------------	--	--	--	--	------

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 30 se visualiza las respuestas de la densidad relativa teórica máxima (Gmm) teniendo 5,5% de asfalto, en donde primero se hizo el pesaje del matraz o recipiente, teniendo los valores de la segunda columna, luego se hizo el pesaje del matraz, pero con agua, teniendo los valores de la tercera columna, después se hizo el pesaje del matraz más el espécimen o el asfalto de 5,5% teniendo los valores de la cuarta columna. También, se tuvo en cuenta el peso del espécimen y sus valores están en la quinta columna. Luego se hizo el pesaje del matraz con agua más el espécimen o la mezcla asfáltica y los datos obtenidos están en la sexta columna. Finalmente, se hizo la operación para obtener el promedio final de cada briqueta luego de ser ensayadas en la Prensa Marshall, se obtuvo que el promedio final de la máxima densidad relativa teórica (Gmm) con un contenido de asfalto del 5,5%. es 2.32.

Tabla 31

Implicaciones de la densidad máxima teórica (Gmm) con un nivel de asfalto del 6,0%.

N°	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
Ensayos	W matraz	W matra z + agua	W matraz + Espécimen	W Espécime n	W matraz + agua + Espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1C	379.2	1379. 2	879.6	500.4	1661.7	2.30
2C	379.6	1379.	879.6	500	1663	2.31

		6				
3C	379.2	1379.	879.2	500	1662.2	2.30
		2				
4C	379.4	1379.	897.4	500	1663.4	2.31
		4				
5C	380.1	1380.	880.	500	1663.4	2.31
		1				
6C	379.3	1379.	879.3	500	1662.5	2.31
		3				
7C	379.8	1379.	880.6	500.8	1662.4	2.30
		8				
8C	376.5	1376.	876.5	500	1661.5	2.33
		5				
9C	379.6	1379.	880	500.4	1666.6	2.34
		6				
10C	379.7	1379.	880.2	500.5	1666.3	2.34
		7				
Promedio						2.31

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 31 se visualiza las respuestas de la densidad relativa teórica máxima (Gmm) teniendo 6,0% de asfalto, en donde primero se hizo el pesaje del matraz o recipiente, teniendo los valores de la segunda columna, luego se hizo el pesaje del matraz, pero con agua, teniendo los valores de la tercera columna, después se hizo el pesaje del matraz más el espécimen o el asfalto de 6,0% teniendo los valores de la cuarta columna. También, se tuvo en cuenta el peso del espécimen y sus valores están en la quinta columna. Luego se hizo el pesaje del matraz con agua más el espécimen o la mezcla asfáltica y los datos obtenidos están en la sexta columna. Finalmente, se hizo la operación para obtener el promedio final de cada briqueta luego de ser ensayadas en la Prensa Marshall, se obtuvo que el promedio final de la máxima densidad relativa teórica (Gmm) con un contenido de asfalto del 6,0% es 2.31.

Tabla 32

Descubrimientos de la densidad máxima teórica (Gmm) con una mezcla de asfalto del 6,5%.

N°	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
Ensayos	W	W	W	W	W	Gmm
	matraz	matraz	matraz +	Espécimen	matraz +	
		z		n		

		+ agua	Espécimen		agua + Espécimen	
						luego del vacío parcial
1D	379.8	1379. 8	879.8	500	1663.6	2.31
2D	379.4	1379. 4	879.4	500	1662	2.31
3D	379.4	1379. 4	880.2	500.8	1661.7	2.29
4D	379.5	1379. 5	879.6	500.1	1654.2	2.22
5D	379.6	1379. 6	879.6	500	1661.5	2.29
6D	380.1	1380. 1	880.1	500	1659	2.26
7D	379.6	1379. 6	879.4	500.8	1663.4	2.32
8D	376.7	1376. 7	876.8	500.1	1661.1	2.32
9D	380	1380	880.4	500.4	1661.9	2.29
10D	379.4	1379. 4	879.9	500.5	1662.1	2.30
Promedio						2.29

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 32 se visualiza las respuestas de la densidad relativa teórica máxima (Gmm) teniendo 6,5% de asfalto, en donde primero se hizo el pesaje del matraz o recipiente, teniendo los valores de la segunda columna, luego se hizo el pesaje del matraz, pero con agua, teniendo los valores de la tercera columna, después se hizo el pesaje del matraz más el espécimen o el asfalto de 6,5% teniendo los valores de la cuarta columna. También, se tuvo en cuenta el peso del espécimen y sus valores están en la quinta columna. Luego se hizo el pesaje del matraz con agua más el espécimen o la mezcla asfáltica y los datos obtenidos están en la sexta columna. Finalmente, se hizo la operación para obtener el promedio final de cada briqueta luego de ser ensayadas en la Prensa Marshall, se obtuvo que el promedio final de la máxima densidad relativa teórica (Gmm) con un contenido de asfalto del 6,5%. es 2.29.

4.1.10 RESULTADOS

A. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

En este estudio, el tamaño nominal máximo de 1/2 pulgada se obtuvo del análisis del tamaño de las partículas, por lo que se eligió el límite MAC-2 como se explica.

Tabla 33

Gradación para la mezcla asfáltica.

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

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 561)

La Tabla 33, cómo se puede ver se eligió los límites MAC-2, ya que, de acuerdo al análisis granulométrico, se obtuvo que el tamaño máximo nominal es de 1/2".

Tabla 34

La gradación de las mezclas asfálticas tipo 2.

A. GRUESO	0.67			
A. FINO	0.26			
FILLER	0.07	% PASANTE	MAC-2	
TAMIZ	ABERTURA	COMBINACIÓN	LI	LS
	(mm)			
1 1/2"	38.1			
1"	25.4			
3/4"	19.05	100	100	100
1/2"	12.7	94.13	80	100
3/8"	9.525	84.39	70	88
Nº 4	4.76	65	51	68
Nº 8	2.6	50.8	---	---
Nº 10	2	47.66	38	52
Nº 16	1.18	39.11	---	---
Nº 30	0.6	27.71	---	---

N° 40	0.425	25.08	17	28
N° 50	0.3	17.26	- - -	- - -
N° 80	0.18	11.94	8	17
N° 100	0.15	10.24	- - -	- - -
N° 200	0.074	4.56	4	8
< N° 200	0	0	- - -	- - -

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó.

La Tabla 34 enseña la sucesión de las MAC-2, teniendo en cuenta que agregado grueso es de 0.67, el agregado fino es de 0.26 y el filler es de 0.07. Se usó tamices desde ¾" hasta el tamiz N° 200, en donde cada tamiz tiene su porcentaje que pasa de acuerdo al MAC-2.

B. Ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso

Tabla 35

Resultado del peso unitario suelto del agregado grueso.

Peso unitario suelto		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de Medida	g	28200	28100	28110
2	Peso del recipiente de medida	g	5840	5840	5840
3	Peso del agregado (1-2)	g	22360	22260	22270
4	Volumen de recipiente de medida	m3	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S	kg/m3	1586	1579	1579
6	Promedio P.U.S seco	kg/m3	1581		

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 35 se visualiza las respuestas del peso unitario suelto del material grueso en donde se hizo 3 muestras. La NTP 400.017, señala que el intervalo de peso unitario es de 15. A 1.6 gr/cm³ y el resultado del promedio del peso unitario suelto que muestra la tabla es 1581 kg/m³, esto quiere decir que sí cumple.

C. Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso

Tabla 36

Hallazgos obtenidos del análisis del peso unitario compactado del agregado grueso.

Peso unitario compacto		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de Medida	G	29800	29780	29700
2	Peso del recipiente de medida	G	5840	5840	5840
3	Peso del agregado	G	23960	23940	23860
4	Volumen de recipiente de medida	m3	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C	Kg/m3	1699	1698	1692
6	Promedio P.U.S compacto	Kg/m3	1696		

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 36, expone la respuesta del peso unitario comprimido del material grueso en donde se hizo 3 muestras y según la Norma Técnica Peruana 400.017, menciona que el intervalo es de 1.6 a 1.9 gr/cm³ y nuestro peso promedio unitario suelto del agregado grueso es 1.696 Kg/m³, eso quiere decir que sí cumple con lo indicado.

D. Ensayo del peso unitario suelto del agregado fino

Tabla 37

Conclusión derivada del ensayo de densidad suelta del material fino.

Peso unitario suelto – Agregado fino		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de Medida	G	6645	6650	6655
2	Peso del recipiente de medida	G	1780	1770	1780
3	Peso del agregado	G	4865	4866	4875
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S	Kg/m ³	1738	1738	1741
6	Promedio P.U.S Seco	Kg/m ³	1739		

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 37, expone la respuesta del peso unitario suelto del material fino en donde se hizo 3 muestras y según la Norma Técnica Peruana 400.017, menciona que el intervalo es de 1.4 a 1.6 gr/cm³ y nuestro peso promedio unitario suelto del agregado grueso es 1.739 kg/m³, eso quiere decir que no cumple con lo indicado.

E. Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino

Tabla 38

Resultado obtenido del ensayo de densidad compactada del agregado fino.

Peso unitario compactado – Agregado fino		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de Medida	g	7023	7019	7012
2	Peso del recipiente de medida	g	1780	1780	1780
3	Peso del agregado (1-2)	g	5243	5239	5232
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S (3/4)/100	Kg/m ³	1873	1871	1869
6	Promedio P.U.S Seco	Kg/m ³	1871		

Nota. Datos tomados de la prueba que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 38, expone la respuesta del peso unitario compactado del material fino en donde se hizo 3 muestras y según la Norma Técnica

Peruana 400.017, menciona que el intervalo es de 1.5 a 1.7 gr/cm³ y nuestro peso promedio unitario suelto del agregado grueso es 1.871, eso quiere decir que no cumple con lo indicado.

F. Peso específico y absorción del agregado grueso

Tabla 39

Requerimiento de llevar a cabo la prueba de absorción.

REQUERIMIENTO		
PRUEBA	MANUAL	ALTITUD (m.s.n.m)
		≤ 3000
Absorción	MTC E 206.0 % máx.	1.0 % máx.

La Tabla 39 muestra el requerimiento de la prueba de absorción y este fue obtenida del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013. Donde menciona que la prueba de absorción tiene un requerimiento de 1.0% máximo.

Tabla 40

Conclusiones obtenidas de la densidad relativa y capacidad de absorción del material.

		N° 82	N° 77	N° 74	
1 W material saturado con superficie seca(B)	g	3030	3030	3030	
2 W cesta adentro del agua	g	0	0	0	
3 W material saturado+ W cesta adentro del agua	g	3030	3031	3030	
4 W material saturado sumergido (c)	g	1896	1895	1896	
5 W bandeja	g	509	491	479	
6 W bandeja + material seco	g	3519	3498	3488	
7 W material seco (6-5) (A)	g	3010	3007	3009	
RESULTADOS		M1	M2	M3	Prom.
8 Ge S ((A/(B-C))	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	2.65
9 Ge (S.S.S) (B/(B-C))	g/cm ³	2.67	2.67	2.67	2.67
10 Pe aparente (A/(A-C))	g/cm ³	2.7	2.7	2.7	2.7
11 % de absorción ((B-A) /A)*100	%	0.66	0.8	0.7	0.72

Nota. Datos obtenidos de los ensayos que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 40 expone las respuestas de la densidad relativa y absorción del material. De acuerdo al Manual de ensayo de materiales (2016), establece que la absorción promedio en porcentaje (%) es de hasta 1%. En este estudio, las muestras de los agregados gruesos de la cantera Pomanta tuvieron una absorción promedio de 0.72%, por lo tanto, se puede decir que sí corresponde a los valores dados en el Manual de Ensayo de Materiales (2016).

G. Densidad relativa y absorción del material natural fino

Tabla 41

Necesidad de llevar a cabo la prueba de absorción.

PRUEBA	REQUERIMIENTO		
	MANUAL	ALTITUD (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Absorción	MTC E 2065	0.5 % máx.	0.5 % máx.

La Tabla 41 muestra el requerimiento del ensayo de absorción, que fue obtenida del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013. Donde menciona que el requerimiento es de 0.5% máximo.

Tabla 42

Conclusiones acerca de la densidad del material fino natural.

Material Fino		M1	M2	M3
1 W material seco una vez eliminado Las burbujas de aire (A)	g	495.50	495.60	495.20
2 W picnómetro + agua hasta la marca 500cm ³ (B)	g	644.80	644.70	644.70
3 W picnómetro + espécimen saturada agua hasta la marca (C)	g	953.40	953.50	953.40
4 W espécimen inicial saturada sss (S)	g	500.00	500.00	500.00
RESULTADOS		M1	M2	M3
5 Ge seca ((A/(B+S-C)) Gm	g/cm ³	2.59	2.59	2.59
6 Ge saturada (S.S.S) (S/(B+S-C)) Gsss	g/cm ³	2.61	2.62	2.61
7 Ge aparente (A/(B+A-C)) Gs	g/cm ³	2.65	2.65	2.65
8 % de absorción ((S-A)/A)*100)	%	0.91	0.93	0.97
9 Promedio %		0.94		

Nota. Datos obtenidos de los ensayos que se realizó en el laboratorio.

La Tabla 42, muestra las respuestas sobre peso específico del agregado natural fino y de acuerdo al Manual de ensayo de materiales

(2016), establece que la absorción promedio en porcentaje (%) es de hasta 0.5%. En este estudio, las muestras de los agregados gruesos de la cantera Pomanta tuvieron una absorción promedio de 0.94%, por lo tanto, se puede decir que no corresponde a los valores dados en el Manual de Ensayo de Materiales (2016).

H. Prueba para establecer el porcentaje de partículas fracturadas

Tabla 43

Necesidad de realizar el ensayo de partículas fracturadas.

PRUEBA	MANUAL	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Partículas fracturadas	MTC E 210	≤ 3000	> 3000
		87/50	90/7

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p.560).

La Tabla 43 menciona que el requerimiento es de 87/50 a 90/70.

Tabla 44

Cálculos de porcentajes de las partículas fracturadas.

1. Partícula fracturada con unacara						
Dimensión del material grueso		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Pasa	Retiene	(g)	(g)	((B/A) *100)	%	(C*D)
2"	1 ½"					
1 ½"	1"					
1"	¾"	2140	1817	84.91	58.15	4937.50
¾"	½"	1540	1320	85.71	41.85	3586.96
½"	⅜"					
Total		3680	3137	170.62	100.00	8524.46
Resultado de % de una partícula fracturada con una cara ($\sum E / \sum D$)						85.2%
2. Partícula fracturada con dos caras						
Dimensión del material grueso		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Pasa	Retenido	(g)	(g)	((B/A) *100)	%	(C*D)
2"	1 ½"					
1 ½"	1"					
1"	¾"					
¾"	½"	385	130.5	33.90	60.63	2055.12
½"	⅜"	250	197.8	79.12	39.37	3114.96
Total		635	328.3	113.02	100.00	5170.08

Resultado de % con dos o más fracturas ($\sum E / \sum D$)	51.7%
--	-------

Nota. Datos obtenidos de los ensayos que se realizó en el laboratorio.

De acuerdo al Manual de ensayo de materiales (2016), menciona que se debe cumplir como mínimo 85/50, en esta investigación en la Tabla 44, se obtuvo 85.2% de una cara quebrada y 51.7% con 2 o más caras quebradas, esto quiere decir que el material ensayado sí cumple.

I. Prueba de partículas chatas y alargadas

Según el Manual de Ensayo de Materiales (2016), esta prueba consiste en hallar el porcentaje de partículas chatas y alargadas, en este caso, en los agregados de la cantera Pomanta. La mezcla se compacta mejor cuando los porcentajes son más bajos.

Tabla 45

Necesidad del agregado en la prueba de partículas planas y alargadas.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO ALTITUD (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Partículas Chatas y Alargadas	MTC E-223	10% max	10% max

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560) publicado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

En la Tabla 45 menciona que el requerimiento es de 10% máximo.

Tabla 46

Resultado del ensayo de partículas planas y alargadas.

Material		Peso del material (g)	Partículas chatas		Partículas alargadas	
Tamiz (pulg)	Abertura (mm)		Peso (g) %		Peso (g) %	
3"	76.2					
2"	50.8					
1 1/2"	38.1					
1"	24.4					
3/4"	19.05					
1/2"	12.7	2500	32	1.28	30	1.18
3/8"	8.75	2500	52	2.08	50	1.96
1/4"	6.35	2500	34	1.36	53	2.09
						6.69

Nota. Datos obtenidos de los ensayos que se realizó en el laboratorio.

Según la tabla 47 de la Norma, el desgaste tiene que ser menor al 10% y en esta investigación en la Tabla 46 se ve que agregado del

asfalto usa un 0.37%, entonces podemos decir que sí cumple.

J. Prueba de desgaste los Ángeles

Esta prueba confirmó el deterioro del agregado grueso de la cantera Pomanta y confirmó que puede soportar los efectos de las cargas de abrasión.

Tabla 47

Necesidad de realizar el ensayo de desgaste de los Ángeles.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO ALTITUD (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Desgaste de loa Ángeles	MTC E-207	40% máx.	35% máx.

Nota. Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013, p. 560).

En la Tabla 47 menciona que el requerimiento es de un rango de 40% máx. a 35% máximo.

Tabla 48

Distribución de tamaños del espécimen.

Tamiz que pasa	Tamiz que retiene	Grabación			
		A (12)	B (11)	C (8)	D (6)
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"			2500.00		
3/8"			2500.00		
N° 2	N° 4				
N°4	N°8				

El número de esferas a usar están dentro del paréntesis

Nota. Datos obtenidos de los ensayos que se realizó en el laboratorio.

En la Tabla 48 muestra la gradación del espécimen en donde la gradación en el tamiz que pasa de ½" y 3/8" es de 2 500.00.

Tabla 49*Cálculos derivados del ensayo de desgaste de los Ángeles.*

N° de muestras	M-1	M-2	M-3
W inicial del material Gradación	5000.00 g	5000.00 g B	5000.00 g
W material que se retiene el tamiz N° 12	4050.00 g	4045.00 g	4040.00 g
W material que pasa en el tamiz N° 12	950.00 g	955.00 g	960.00 g
Porcentaje de desgaste	19	19.1	19.2
Promedio del porcentaje de desgaste		19.1	

Nota. Datos logrados de los ensayos que se realizó en el laboratorio.

De acuerdo el manual de ensayos y materiales (2016), el desgaste deber ser menos al 40% y en esta investigación de acuerdo la Tabla 49, el agregado grueso de la Cantera Pomanta logró un 19.1% de deterioro, así que podemos decir que sí cumple.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

H.G: Las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos admisibles para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco – 2023.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: Las propiedades mecánicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos admisibles para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.

HE2: Las propiedades físicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos admisibles para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.

HE3: El parámetro de estabilidad y de flujo cumple con los requisitos admisibles para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, de la cantera

de Pomanta, Huánuco 2023.

1. Ensayo de gradación (HE1 y HE2)

Se ha realizado un análisis granulométrico de los agregados utilizando las especificaciones técnicas para construcción, y se compararon los resultados con los límites establecidos para MAC-2. Los resultados mostraron que los agregados se encuentran dentro de los rangos establecidos, lo que sugiere que la gradación cumple con los requisitos.

Conclusión: La gradación de los agregados es adecuada para la mezcla asfáltica, por lo que cumple con los requisitos para HE1 y HE2.

2. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (HE1)

En los ensayos del peso unitario suelto (Tabla 35) y compactado (Tabla 36) del agregado grueso, los resultados fueron consistentes con los valores establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 400.017, con un promedio de 1581 kg/m³ para el peso unitario suelto y 1696 kg/m³ para el peso unitario compactado, ambos dentro de los rangos admisibles (1.6 a 1.9 g/cm³).

Conclusión: Los agregados gruesos cumplen con los requisitos admisibles, apoyando la hipótesis HE1.

3. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino (HE2)

En los ensayos del peso unitario suelto (Tabla 37) y compactado (Tabla 38) del agregado fino, los resultados mostraron un promedio de 1.739 kg/m³ y 1.871 kg/m³ respectivamente, excediendo los valores máximos recomendados por la NTP 400.017 para agregados finos (1.4 a 1.6 g/cm³ y 1.5 a 1.7 g/cm³).

Conclusión: El agregado fino no cumple con los requisitos establecidos para peso unitario, lo que refuta parcialmente la hipótesis HE2.

4. Densidad relativa y absorción (HE1 y HE2)

La densidad relativa y la absorción del agregado grueso (Tabla 40) mostraron valores dentro de los límites establecidos por el Manual de Ensayo de Materiales, con una absorción promedio de 0.72%, lo que

está por debajo del máximo permitido de 1%. Los agregados gruesos, por tanto, cumplen con los requisitos de absorción. Para el agregado fino, la absorción también cumplió con los requisitos establecidos en el Manual (Tabla 41), con un promedio que no excede los límites permisibles.

Conclusión: Los resultados confirman que las propiedades de absorción cumplen con los requisitos, apoyando HE1 y refutando parcialmente HE2.

5. Parámetro de estabilidad y flujo (HE3)

El ensayo Marshall evalúa los parámetros de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica. De acuerdo con los ensayos realizados (Tabla 24), los resultados para estabilidad y flujo cumplen con los rangos admisibles especificados para la mezcla asfáltica en caliente. Esto sugiere que los parámetros mecánicos relacionados con la resistencia y deformación son adecuados para el diseño de la mezcla.

Conclusión: Los parámetros de estabilidad y flujo cumplen con los requisitos establecidos para la mezcla asfáltica en caliente, apoyando la hipótesis HE3.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Contraste para H.G: Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados gruesos cumplen con los requisitos, mientras que las propiedades del agregado fino no cumplen en cuanto a peso unitario, lo que sugiere que la hipótesis general H.G se cumple parcialmente. La mezcla asfáltica puede ser viable, pero podría requerir ajustes en la proporción del agregado fino.

Contraste para HE1: Los ensayos confirman que las propiedades mecánicas del agregado grueso cumplen con los requisitos admisibles, lo que valida la hipótesis HE1.

Contraste para HE2: Dado que los agregados finos no cumplen con los requisitos de peso unitario, esta hipótesis se refuta parcialmente.

Contraste para HE3: Los parámetros de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica en caliente cumplen con los valores requeridos, validando la hipótesis

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión de resultados de la investigación "Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Pomanta para diseñar una mezcla asfáltica en caliente" se puede realizar en base a una comparación con estudios previos relevantes sobre el diseño de mezclas asfálticas y las propiedades de los agregados, que incluyen trabajos de investigación como los de Chamba y Benavides (2019), Higuera y Morales (2021), Cornejo y Lamiña (2018), y otros.

Gradación de la mezcla asfáltica

En este estudio, la gradación se alineó con los límites de MAC-2, donde el tamaño nominal máximo es de $\frac{1}{2}$ pulgada. Comparando estos resultados con Chamba y Benavides (2019), quienes incorporaron caucho reciclado en una mezcla asfáltica, su gradación también se ajustó a las especificaciones técnicas, pero mostraron variaciones en el tamaño nominal máximo de las partículas debido al uso de materiales reciclados. En su caso, el material reciclado afectó levemente la gradación en los tamices más finos, lo que podría explicar la diferencia en la gradación observada en este estudio, especialmente en el tamiz N° 4, donde el porcentaje que pasa fue del 65%, dentro de los rangos aceptables para MAC-2.

Por otro lado, Higuera y Morales (2021) utilizaron RAP y escorias de horno de arco eléctrico en mezclas asfálticas, lo que afectó la granulometría y dio como resultado mezclas más densas debido a la presencia de partículas finas. Este efecto no fue evidente en la mezcla de la cantera Pomanta, lo que indica que los agregados naturales utilizados en este estudio siguen proporcionando una gradación más uniforme y consistente en comparación con mezclas con altos porcentajes de RAP.

Peso unitario suelto y compacto del agregado grueso

El promedio del peso unitario suelto del agregado grueso en la cantera Pomanta fue de 1581 kg/m³ (Tabla 35), lo cual cumple con la Norma Técnica Peruana NTP 400.017, que establece un rango aceptable entre 1.5 a 1.6 gr/cm³. Este resultado es consistente con el estudio de Lozada Tiglla (2018), quien analizó las características físicas y mecánicas de los agregados de la

cantera Hualango. En su caso, el peso unitario suelto también estuvo dentro de los rangos aceptados, mostrando una similitud entre las propiedades físicas de las canteras Hualango y Pomanta. Sin embargo, la incorporación de RAP en la mezcla analizada por Higuera y Morales (2021) resultó en valores más bajos de peso unitario suelto, lo cual se atribuyó a la textura rugosa del material reciclado.

En cuanto al peso unitario compacto, el promedio en este estudio fue de 1696 kg/m³ (Tabla 36), ligeramente inferior al rango superior de la NTP, pero aún dentro del intervalo esperado. Cornejo y Lamiña (2018), al utilizar PET reciclado en sus mezclas asfálticas, observaron que la inclusión de este material aumentaba ligeramente el peso unitario compacto debido a la mayor cohesión entre partículas, lo cual difiere de los resultados obtenidos en la cantera Pomanta, donde no se usaron aditivos.

Peso unitario suelto y compacto del agregado fino

Los resultados del peso unitario suelto del agregado fino en la cantera Pomanta (1739 kg/m³, Tabla 37) no cumplen con la NTP 400.017, que establece un rango de 1.4 a 1.6 gr/cm³. Este incumplimiento podría estar relacionado con una mayor proporción de partículas más finas o con la angularidad del agregado fino, como también se observó en el trabajo de Berrospi y Campos (2021), donde las canteras de Chullqui y Andabamba presentaron resultados similares. Este estudio sugiere que las características granulométricas del agregado fino de la cantera Pomanta podrían requerir ajustes para cumplir con las normativas, posiblemente mediante un proceso de cribado adicional.

Por el contrario, el peso unitario compactado del agregado fino (1871 kg/m³, Tabla 38) también excede el rango aceptado por la NTP (1.5 a 1.7 gr/cm³), lo cual se asocia con la alta compactación de las partículas finas. Estos valores son comparables a los obtenidos por Meléndez Siu (2019), quien reportó un peso unitario compacto elevado en los agregados de la cantera de Molinos, lo cual indicaba una alta densidad y buena resistencia al esfuerzo cortante en la mezcla asfáltica.

Absorción del agregado grueso

Los resultados de la absorción del agregado grueso en la cantera Pomanta (inferior al 1.0%, Tabla 39) cumplen con los requerimientos del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MTC E 206). Esto es consistente con lo encontrado por Iberico Vigo (2019), quien también reportó niveles bajos de absorción en sus agregados con la adición de fibras de acero. La baja absorción es indicativa de una buena resistencia y durabilidad en la mezcla asfáltica, lo cual sugiere que los agregados de la cantera Pomanta son adecuados para la producción de mezclas asfálticas de alta calidad.

Se puede concluir que, en comparación con otros estudios relevantes, los agregados de la cantera Pomanta presentan propiedades físicas y mecánicas que cumplen con los estándares requeridos en la mayoría de los casos, con excepción del peso unitario suelto y compacto del agregado fino. Estos resultados indican que, con ajustes menores en el procesamiento del agregado fino, los materiales de la cantera Pomanta son adecuados para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente que cumplen con las especificaciones técnicas peruanas.

CONCLUSIONES

La presente investigación, se lleva a cabo de acuerdo con las siguientes normas: Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (2013), en el que nos menciona los requisitos de las propiedades mecánicas y físicas de los materiales que se estudió, para tener buenos resultados al preparar las combinaciones de asfalto por el sistema de Marshall.

Se llevó a cabo un estudio para describir los atributos mecánicas y físicas de los agregados de la cantera Pomanta, ubicado a 2300 m.s.n.m. de acuerdo el Manual de Ensayo de Materiales, indica que debe tener 10% Max. En alturas menores a 3000 m.s.n.m. y en esta investigación dio como resultado 6.01%, esto indica que los agregados ensayados tienen una forma irregular, además hace que se adhiere fácilmente al cemento asfáltico y a otras partículas, logrando una buena resistencia a la mezcla.

En esta investigación, se aplicó el Ensayo de Partículas Fracturadas, para hallar las propiedades físicas del agregado grueso den la cantera Pomanta, que está ubicado a una altura de 2300 m.s.n.m. Según el Manual de Ensayo de Materiales, dice que cuando los agregados están a una altura de 3000 m.s.n.m. debe tener como mínimo 84.58/55.62 y en la presente investigación se logró como resultados 85.2/51.7, esto indica que el material que se analizó es consistente a los cortes, haciendo que aumente la fricción entre otras partículas.

Se realizó un estudio para describir las propiedades físicas de los agregados de la Cantera Pomanta, ubicada a 2300m.s.n.m. Que, según Manual de Ensayo de Materiales, dice que para una altura menor a 3000 m.s.n.m. el ensayo de be ser como máximo 1% y en esta investigación se logró obtener 0.76%.

Se concluye que, en el ensayo de peso específico, se halló una valoración de 2.76 g/cm³ y el peso unitario suelto seco se obtuvo 1.648 g/cm³. De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.017, menciona que el peso específico tiene un rango de 1.7 a 1.75 g/cm³ y respecto al peso unitario tiene un rango de 1.6 a 1.9 g/cm³, entonces de acuerdo a los resultados obtenidos,

se puede decir que sí cumple.

Para los agregados fino, se concluye que de acuerdo al peso específico se logró un resultado de 2.37 g/cm³ y una absorción de 1.51%. De la misma forma, el peso unitario comprimido seco es 1.869 g/cm³ y el peso unitario suelto seco es de 1.738 g/cm³.

Los agregados gruesos de la Cantera Pomanta fueron puestos a prueba para determinar sus características mecánicas situada a 2215 m.s.n.m. Este se sometió al examen de deterioro de Los Ángeles, que de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales (2016), debe ser máximo 40% en una altitud menos a 3000 m.s.n.m. Y en esta investigación se logró como resultado un 21%, esto demuestra que los agregados que se estudió son muy resistentes ante cualquier esfuerzo de carga abrasiva.

Las proporciones y el cumplimiento de la granulación constituidas para la combinación de asfalto en estado cálido, es: 67 % de agregado grueso, 33% de arena fina, esto se pueden determinar con base en las características de los agregados.

Con base en los resultados, se puede concluir que los parámetros de estabilidad son adecuados, pero los parámetros de flujo no coinciden con lo especificado en la Norma respecto al método Marshall para el cálculo de concreto asfáltico en caliente.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que implementen más máquinas de ensayos en los laboratorios en la ciudad de la UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO, para la realización de ensayos con el sistema Marshall.

Dado que varias pruebas no se pudieron completar porque los laboratorios de la UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO carecían de las herramientas y equipos necesarios, se recomienda que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se apegue a la normativa y modifique los laboratorios donde se realizan todas las pruebas.

Se recomienda que todas las pruebas para preparar una mezcla asfáltica en caliente sean realizadas por una sola persona para obtener datos más precisos obtenidos durante la preparación de las briquetas de asfalto y lograr un buen porcentaje de mezcla asfáltica, ya que esto ayudará a evitar que se cometan errores por parte de personas que no deberían estar involucradas en la preparación de dicha mezcla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrianzen Flores, O. J., Azula Vasquez, J. J., Pacherras Sánchez, C. F., Muñoz Pérez, S. P., Adrianzen Flores, O. J., Azula Vasquez, J. J., Pacherras Sánchez, C. F., y Muñoz Pérez, S. P. (2022). Uso de distintos tipos de fibras para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica: Una revisión literaria. *Infraestructura Vial*, 24(43), 56-72. <https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.47931>
- Alonso Trujillo, J., Alonso Ricardez, A., Valera Mota, M. M., y Cuevas Guajardo, L. (2022). Aprendizaje estadístico basado en niveles de investigación. *Revista Educación*, 454-470. <https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.45425>
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., y Novales, M. G. M. (2016). El protocolo de investigación III: La población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.
- ASALE, R.-, y RAE. (2022). *Caliente | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/caliente>
- Belito Huamani, G., y Paucar Chanca, F. (2018). *Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1581>
- Berrosipi Almeida, R., y Campos Avilés, J. G. (2021). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras de*

Chullqui y Andabamba, con fines de diseño de mezcla para un concreto de $F'C=210 \text{ kg/cm}^2$ —Huánuco 2019 [Tesis pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6574>

Chamba Gonzaga, F. G., y Benavides Suárez, J. F. (2019). *Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado*. [Tesis pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.]. Repositorio Institucional Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5225>

Cornejo Villacis, D. A., y Lamiña Asumasa, J. C. (2018). *Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de Tereftalato de Polietileno (PEP), utilizando los agregados de la Mina del Río Pita en la Ciudad de Quito, mediante la determinación del módulo de rigidez* [Tesis pregrado, PUCE-Quito]. Repositorio Institucional PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/15819>

Díaz Mendoza, E., y Soto Leon, L. M. (2023). *Análisis y características de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados de las canteras Diablo. Caracmaca y la calzada para el mejoramiento de transitabilidad y calidad de la pavimentación en el tramo la Arena—Sanagorán* [Tesis pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO]. Repositorio Institucional UPAO. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/10031>

Fernandez Torrez, L. A., Aquino-Rocha, J. H., Cayo Chileno, N. G., Fernandez Torrez, L. A., Aquino-Rocha, J. H., y Cayo Chileno, N. G. (2022). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del residuo de caucho de neumático como reemplazo Parcial del agregado fino en el hormigón. *Revista hábitat sustentable*, 12(2), 52-65.
<https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.02.04>

Higuera Mojica, N. D., y Morales Pacheco, J. D. (2021). *Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente fabricadas con rap y escorias de horno de arco eléctrico*. [Tesis pregrado]. Repositorio Institucional. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33682>

Huamán Rojas, J. A., Treviños Noa, L. L., y Medina Flores, W. A. (2022). Epistemología de las investigaciones cuantitativas y cualitativas. *Horizonte de la Ciencia*, 12(23).
<https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2022.23.1462>

Huamán-Guerrero, N., y Albitres, C. M. C. (2012). La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú. *Paradigmas*, 4(1).
<https://doi.org/10.31381/paradigmas.v4i1.561>

Iberico Vigo, P. M. (2019). *Diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo marshall adicionando fibra de acero en la ciudad de Yurimaguas – 2019* [Tesis pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/58855>

La Madrid Shimokawa, L. A. (2020). *Medición del grado de humedad en*

agregados de concreto por medio de frecuencias de microondas [Tesis pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/4492>

León, M. P., y Ramírez, F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista ingeniería de construcción*, 25(2), 215-240. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>

Llamo, R. E. V., Ramírez, W. R. V., y Pérez, S. P. M. (2021). Uso de aditivos adherentes en el diseño de mezclas asfálticas en caliente: Una revisión. *Gaceta Técnica*, 22(1), 66-78.

Lozada Tiglla, E. F. (2018). “*Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba*” [Tesis pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional Universidad Señor de Sipán. <http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/5301>

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2016) – Laboratorio de suelos -Geotecnia Pavimentos e ingenieros Consultores Puno. (2016). <https://labmecanicasuelosjuliacapuno.com/manual-de-ensayo-de-materiales-para-carreteras-em-2016/>

Manual de especificaciones técnicas, generales para construcción. (2013). *Manual de Carreteras—Esp. Tec. Gen. Const. - EG-2013—(V. Final—Ene13).* https://www.academia.edu/18023646/Manual_de_Carreteras_Esp_Tec_Gen_Const_EG_2013_V_Final_Ene13_

Manual Ensayo de Materiales (s. f.), de
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Melendez Siu, R. (2019). *Verificación de propiedades físicas del agregado de la cantera de molinos—San Rafael—Alcas—Pozuzo según diseño de Marshall – 2019*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL.
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6277>

NT P 400.021. (2018). *NTP 400.021 Densidad y Absorción Agregado Grueso-convertido*. <https://pdfcoffee.com/ntp-400021-densidad-y-absorcion-agregado-grueso-convertido-pdf-free.html>

Peña, J. R. B., Muñoz, F. L. T., Acosta, J. J. T., y Pérez, S. P. M. (2022). Uso de polímeros en asfalto: Una revisión. *Gaceta Técnica*, 23(1), 94-109.

Rendón-Macías, M. E., y Villasís-Keever, M. Á. (2017). El protocolo de investigación V: El cálculo del tamaño de muestra. *Revista Alergia México*, 64(2), 220-227. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i2.267>

Santiago Berrospi, L. Y. (2022). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la Cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco – 2019* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL.
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7954>

Soubervielle, J. A. H. (2021). Canteras de San Luis Potosí. Entre historia, olvido y destrucción. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*,

XLIII (118), 127-154.

Sousa, V. D., Driessnack, M., y Mendes, I. A. C. (2007). Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería. Parte 1: Diseños de investigación cuantitativa. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15, 502-507. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300022>

Tenorio Chung, J. L., y Acosta Huayllahua, S. (2020). *Estudio comparativo de las propiedades del concreto (cemento-arena): con arena de cantera fluvial – comunidad Astoria y con arena de cantera cuarzosa – comunidad Varillal en la ciudad de Iquitos*. [Tesis pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional Universidad Científica del Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1755>

Useche, M, Artigas, W, Queipo, B y Perozo, É. (2019). Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos. Universidad de la Guajira. Disponible en: <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>

Villanueva Quispe, K. J. (2020). *Influencia de diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, en Trujillo 2020* [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/24085>

Wilson Candoç, G. Y., Fernández, L., y Espinoza-Montero, P. (2020). Modification of a hot asphalt mix by dry process using special waste (slag) from car batteries. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, 43(1), 12-18.

Yam, J. L. C., Carcaño, R. S., y Moreno, É. I. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7(2), 39-46.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Orbezo Andamayo, J. (2024). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Pomanta para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023”.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	MÉTODO
<p>P.G.: ¿Cómo determinar las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023?</p>	<p>O.G.: Determinar las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.</p>	<p>H0: Las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta no cumplen con los requisitos admisibles para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco – 2023.</p> <p>H1: Las propiedades mecánicas y físicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos admisibles para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.</p>	<p>Tipo de estudio: No aplicada</p> <p>Enfoque del estudio: Cuantitativo</p> <p>Diseño de investigación: Diseño No experimental - transversal descriptivo</p> <p>Nivel de estudio: Descriptivo</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	
<p>P.E.1: ¿Cómo determinar las propiedades mecánicas de la cantera de Pomanta, para diseñar</p>	<p>O.E.1: Determinar las propiedades mecánicas de la cantera de</p>	<p>HE1: Las propiedades mecánicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos permitidos, para</p>	<p>Población: Agregados finos y gruesos de la Cantera Pomanta</p>

una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023?

P.E.2: ¿Cómo determinar las propiedades físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023?

P.E.3: ¿Cómo determinar el parámetro de estabilidad y de flujo para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, de la cantera de Pomanta, Huánuco 2023?

Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.

O.E.2: Determinar las propiedades físicas de la cantera de Pomanta, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.

O.E.3: Determinar el parámetro de estabilidad y de flujo para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, de la cantera de Pomanta, Huánuco 2023.

diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.

HE2: Las propiedades físicas de la cantera de Pomanta cumplen con los requisitos permitidos, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, Huánuco 2023.

HE3: El parámetro de estabilidad y de flujo cumplen con los requisitos permitidos, para diseñar una mezcla asfáltica en caliente, de la cantera Pomanta, Huánuco 2023.

Muestra:

10 muestras por cada porcentaje (%) de contenido óptimo de asfalto y se hizo un total de 50 tabiques o especímenes.

Técnicas e instrumento de

Recolección de Datos:

- Observación
- Recolección de datos
- Documentos
- Tesis de pregrado
- Libros
- Reglamentos

ANEXO 2

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

MUESTRA N°:	TIPO:	NUMERO:																																																															
PROFUNDIDAD (m):	ABSCISA:	TIPO DE MUESTRA:																																																															
FECHA:	FUENTE:	EQUIPOS:																																																															
LOCALIZACION:																																																																	
DESCRIPCION:																																																																	
Peso muestra total:																																																																	
Peso muestra fina (pasa tamiz N° 10) antes del lavado por el tamiz #200:																																																																	
Peso muestra fina (pasa tamiz N° 10) despues del lavado por el tamiz #200:																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">TAMIZ</th> <th style="width: 35%;">DIAMETRO (mm)</th> <th style="width: 50%;">PESO RETENIDO (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.20</td><td></td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.50</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.80</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.10</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.40</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.70</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td></td></tr> <tr><td>N° 4</td><td>4.750</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>2.000</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>0.840</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td>0.420</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td>0.297</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>0.250</td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td>0.210</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td>0.180</td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td>0.149</td><td></td></tr> <tr><td>200</td><td>0.075</td><td></td></tr> <tr><td>FONDO</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	3"	76.20		2 1/2"	63.50		2"	50.80		1 1/2"	38.10		1"	25.40		3/4"	19.05		1/2"	12.70		3/8"	9.53		N° 4	4.750		10	2.000		20	0.840		40	0.420		50	0.297		60	0.250		70	0.210		80	0.180		100	0.149		200	0.075		FONDO			TOTAL		
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)																																																															
3"	76.20																																																																
2 1/2"	63.50																																																																
2"	50.80																																																																
1 1/2"	38.10																																																																
1"	25.40																																																																
3/4"	19.05																																																																
1/2"	12.70																																																																
3/8"	9.53																																																																
N° 4	4.750																																																																
10	2.000																																																																
20	0.840																																																																
40	0.420																																																																
50	0.297																																																																
60	0.250																																																																
70	0.210																																																																
80	0.180																																																																
100	0.149																																																																
200	0.075																																																																
FONDO																																																																	
TOTAL																																																																	
OBSERVACIONES:																																																																	
REALIZO	APROBO	COPIA CONTROLADA																																																															
LABORATORISTA	COORDINADOR																																																																
		SI																																																															

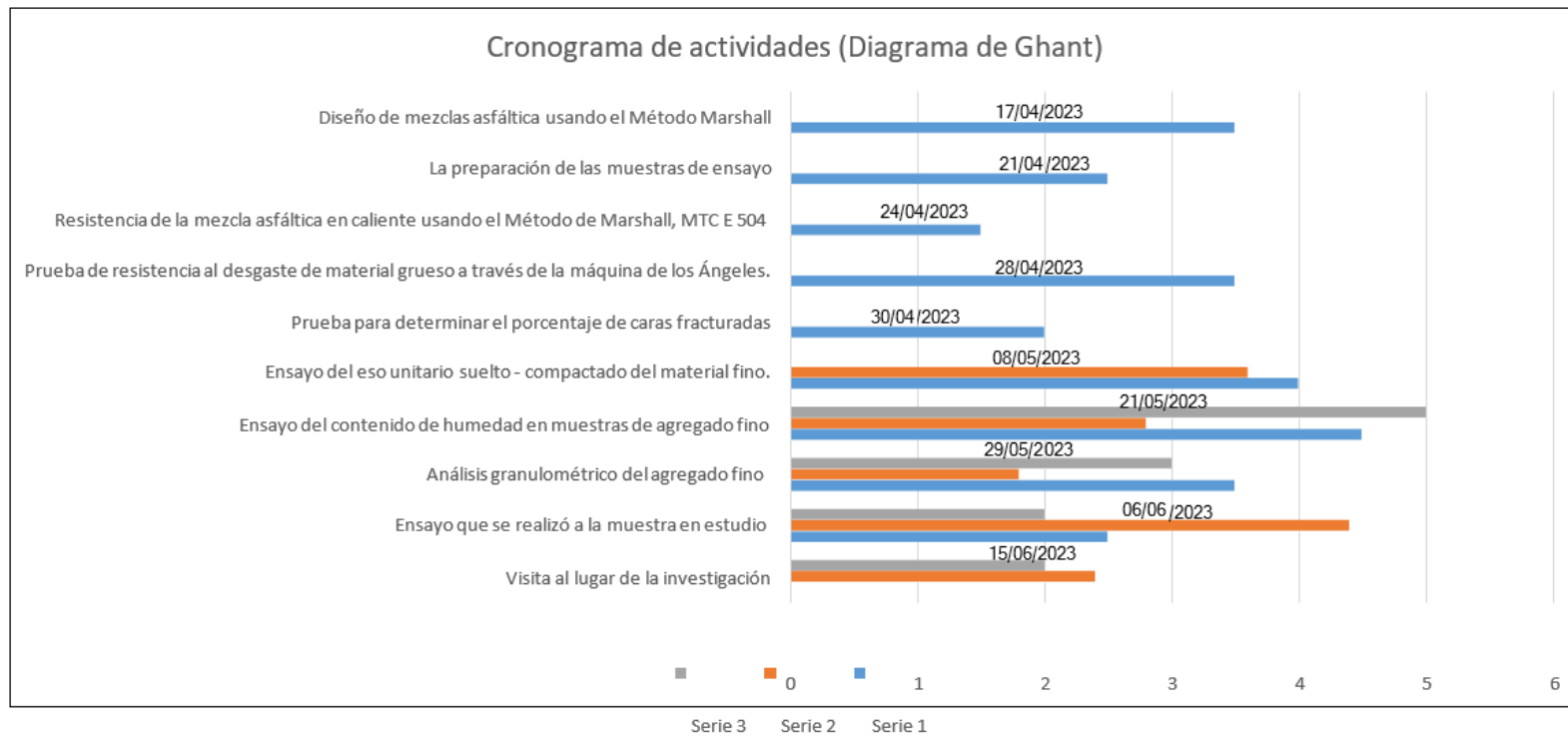


 TESISISTA

ANEXO 3

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Cronograma de actividades.



ANEXO 4 PRESUPUESTO

4.1 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Tabla 50
El gasto global del proyecto.

TIPO	GASTOS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	COSTO TOTAL	
BIENES	Libros	70	2	140	140	
	Internet	80	5	400	400	
	Pasajes	4	20	80	80	
	Impresiones	0.2	250	50	50	
	Fotocopias	0.1	180	18	18	
	PRUEBA DE RESISTENCIA AL					450
	La máquina de los Ángeles de 28" de diámetro por 20" de longitud	150	1	150		
	12 esferas de acero (carga abrasiva)	20	1	20		
	Tamiz N° 12, bandeja metálica y balanza	40	1	40		
	Personal de apoyo	80	3	240		
SERVICIOS	PRUEBA PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS					
	Balanza	150	1	150	150	
	Tamices					
	Separador o cuarteador					
	Espátula					
	ENSAYO MARSHALL				70	
	Probetas Marshall	30	1	30		
	Equipo de estabilidad	10	1	10		
	Compactador automático - Martillo de compactación	10		1		
	Equipo Baño María – Extractor de probetas	10		1		
Máquina Marshall	10		1			
PREPARACIÓN DE LA MEZCLA ASFALTO EN CALIENTE					2210	
90% Agregados pétreos			1			
5% de polvo mineral (filler)			1			
5% Cemento asfáltico			1			
Capacitación de Elaboración de Mapas de Riesgo			1			
Personal den Gabinete			1			

4.2 RECURSOS HUMANOS

- Asesor principal (1)
- Asesor externo (1)
- Investigador (1)
- Colaborador (3)
- Personal técnico de gabinete (1)

4.3 RECURSOS MATERIALES

- Laptop (1)
- Hojas bond (500)
- Impresora (1)
- Tamiz N° 12, bandeja metálica y balanza
- La máquina de los Ángeles de 28" de diámetro por 20" de longitud.
- Balanza
- Tamices
- Separador o cuarteador
- Espátula
- Martillo de compactación
- Extractor de probetas
- Máquina Marshall
- Agregados pétreos
- Cemento asfáltico

4.4 RECURSOS FINANCIEROS

Esta investigación es autofinanciada en su totalidad por el investigador.

ANEXO 5

CERTIFICADO DE LABORATORIO



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
Of. Principal: Jr. Las Orquídeas N° 281-Paucarbambilla-Amarilis-Huánuco
Sucursal: Jr. Chavín N° 104-Paucarbamba-Amarilis-Huánuco
Teléfono 062-515167

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

 **Paúl Spader Abal Haro**
INGENIERO CIVIL
Reg. Colección de Ingenieros N° 60763

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"



LABORATORIO DE SUELOS ,CONCRETO Y ASFALTO

"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

Of.principal Jr. Las Orquídeas N° 281- PAUCARRAMBILLA-HUANUCO
Sucursal: Jr. Chavin N° 104- PAUCARBAMBA-HUANUCO
Telefono: N° 064-513187



TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"
UBICACIÓN : REG: HUANUCO PROV: AMBO DISTRITO: HUACAR LUGAR: CANTERA POMANTA
CANTERA : CANTERA "POMANTA"
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
POTENCIA : 1000 m3.
FECHA : may-23

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM-D422

TAMIZ ASTM	Diametro (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA	OBSERVACIONES
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	0.00	100.00	EL MATERIAL ANALIZADO PRESENTA UN COLOR GRISACEO, DE TEXTURA ANGULOSA, DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, SIN COHESION.
1"	25.400	0.000	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.000	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	548.000	18.27	18.27	81.73	
3/8"	9.525	827.000	27.57	45.83	54.17	
1/4"	6.350	982.000	32.73	78.57	21.43	
N° 4	4.760	643.000	21.43	100.00	0.00	
TOTAL		3000.000	100.0			



MODULO DE FINEZA DE AGREGADO GRUESO

* Calculo del modulo de fineza del agregado grueso

$$mg = \frac{11/2" + 1" + 3/4" + 1/2" + 3/8" + N^{\circ} 4}{100}$$

$$mg = \boxed{7.43} \quad \text{Tamaño máximo} = 1/2"$$

TESISISTA

ING. RESPONSABLE

Paul Shader Abal Haro
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colección de Ingenieros N° 60793



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

**Paul Sander Abal Haro**
INGENIERO CIVIL
Reg. Colección de Ingenieros N° 60703

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 "LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
 Of. Principal: Jr. Las Orquídeas N° 291 - Paucarbambilla - Amantillas - Huánuco
 Sucursal: Jr. Chavín N° 104 - Paucarbambilla - Amantillas - Huánuco
 Teléfono: 052-5151187



TESIS:	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"				
UBICACIÓN	REG: HUÁNUCO	PROV: AMBO	DISTRITO: HUACAR	LUGAR: CANTERA POMANTA	
CANTERA	CANTERA POMANTA				
MATERIAL	AGREGADO GRUESO				
POTENCIA	1000 m ³				
	TESISTA :	ORBEZO ANDAMAYO JOSEPH ATILIO			
	ING. RESPONSABLE:	ING. PAUL SHADER HABAL HARO			
	FECHA:	may-23			

CONTENIDO DE HUMEDAD w (%) AGREGADO GRUESO

MUESTRA	M-1					
PROFUNDIDAD	0.00-3.00 MTS.					
1	Tara No.	1	77	11		
2	Peso de la tara (gr)	509	491	479		
3	Peso de la tara + Peso del suelo húmedo (gr)	3509.00	3491.00	3479.00		
4	Peso de la tara + Peso del suelo seco (gr)	3481.00	3485.00	3461.00		
5	Peso del Agua Contenida (gr)	28.00	8.00	18.00		
6	Peso del suelo seco (gr)	2972.00	2992.00	2982.00		
7	Contenido de Humedad (%)	0.94	0.27	0.60		
8	HUMEDAD PROMEDIO (%)		0.60			



Paoli Siler Abal Haro
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 60703



ABSORCIÓN DEL MATERIAL Y DENSIDAD RELATIVA AGREGADO GRUESO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.


Paul Shaper Abal Hara
INGENIERO CIVIL
N.º 10451 - Colegiado en el C.º de Ingenieros Civiles del Perú

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.****RUC N° 20528905511**

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELÉFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

**TESIS:**

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"

UBICACIÓN:

Depart. HUÁNUCO Prov. AMRO

Dist. HUACAR Lugar. CANTERA POMANTA

CANTERA :

POMANTA AGREGADO GRUESO TESISISTA Orbezo Andamayo Joseph Abilio

MUESTRA

M-01 ING. RESPONSABLE Ing. Paul Shader Abal Haro

POT. CANTERA

1000 M3 FECHA: may-23

ABSORCIÓN DEL MATERIAL Y DENSIDAD RELATIVA

		M-1	M-2	M-3
Peso del material con saturación y superficie seca (B).	gr	3000	3000	3000
Peso de la canasta sumergida en el agua	gr	0.00	0.00	0.00
La suma del peso del material saturado y el peso de la cesta inmersa en el agua.	gr	3030	3031	3030
Peso del material saturado sumergido ©	gr	1896	1895	1896
Peso de recipiente	gr	509.00	491.00	479.00
El peso del recipiente más el material seco	gr	3519	3498	3488
El peso del material sin humedad (6-5) (A).	gr	3010	3007	3009
RESULTADOS		M-1	M-2	M-3
Densidad específica en condiciones secas ((A/(B-C)).	g/cm ³	2.65	2.65	2.65
Gravedad específica saturada (S.S.S)(B/(B-C))(S/(B+S-C))	g/cm ³	2.67	2.67	2.67
Peso específico aparente (A/(A-C))	g/cm ³	2.70	2.70	2.70
Porcentaje de absorción ((B-A)/A)*100	%	0.66	0.80	0.70

Absorción del agregado Grueso**0.720****gr./cm³,**

 TESISISTA

Paul Shader Abal Haro
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Único de Ingenieros N° 60763

ING. RESPONSABLE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
Of. Principal: Jr. Las Orquídeas N° 281-Paucarbambilla-Amarilis-Huánuco
Sucursal: Jr. Chavín N° 104-Paucarbamba-Amarilis-Huánuco
Teléfono 062-515187

RESULTADOS DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.


Paúl Sotelo Abal Haro
INGENIERO CIVIL
N.º. Registro de Profesionales N° 60763

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.****RUC N° 20528905511**

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260



TESIS:	"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN LAS VÍAS LOCALES DEL JR. ANCASH Y LA AV. 28 DE JULIO EN EL DISTRITO DE HUACRACHUCO, PROVINCIA DE MARAÑÓN, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO"		
UBICACIÓN:	Depart. HUANUCO	Prov. AMBO	
	Dist. HUACAR	Localidad. CANTERA POMANTA	
CALICATA:	POMANTA AGREGADO GRUESO	TEC. LABORAT.	Orbezo Andamayo Joseph Atilio
MATERIAL:	M-01	ING. RESPONSABLE	Ing. Paul Shader Abal Haro
POT. CANTERA	1000 M3	FECHA:	may-23

RESULTADOS DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO - NTP 400.017

MUESTRA	M-1	M-2	M-3
El peso total del agregado y el recipiente de medición (gr.)	28102	28085	28110
El peso del recipiente de medida (gr.)	5830	5830	5830
Peso del agregado (1-2) (m3,)	22272.0	22255.0	22280.0
Volumen de recipiente de medida (gr.)	0.01410	0.01410	0.01410
P.U.S (3/4)/100 (gr/m3,)	1580.0	1578.0	1580.0

Peso Unitario Suelto seco = **1579.333** Kg/m3,

RESULTADOS DEL PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - NTP 400.017

MUESTRA	M-1	M-2	M-3
Peso del agregado + recipiente de medida (gr.)	29780	29779	29691
El peso del recipiente de medida (gr.)	5830	5830	5830
Peso del agregado (1-2) (m3,)	23950.0	23949.0	23861.0
Volumen de recipiente de medida m3	0.01410	0.01410	0.01410
P.U.S (3/4)/100 (gr/m3,)	1699.0	1699.0	1692.0

Peso Unitario Suelto seco compactado = **1696.7** Kg/m3,

TESISTA

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60763
ING. RESPONSABLE



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

 **Paúl Sander Abal Haro**
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60763

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LA PIRAMIDE E.I.R.L.

RUC N° 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

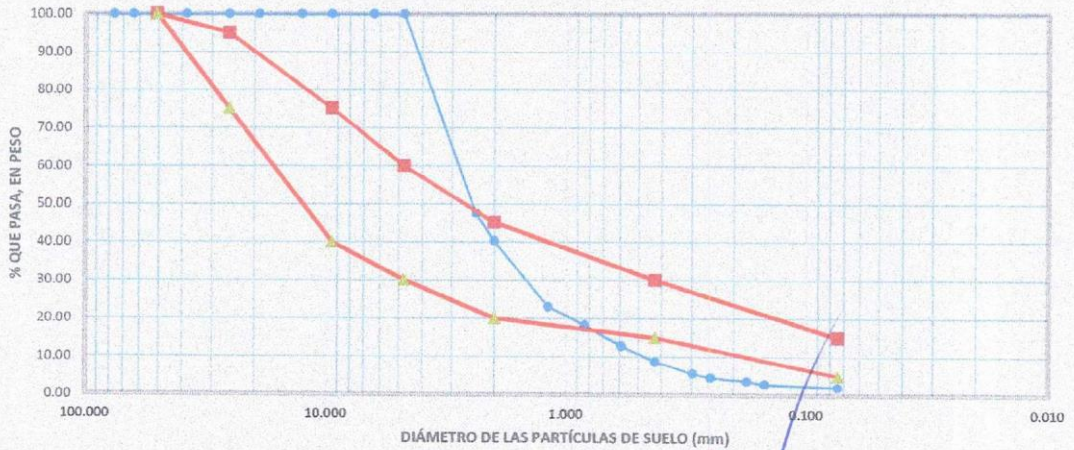


TESIS:	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"	UBICACIÓN:	DEPARTAM :	HUANUCO
			PROVINCIA :	JAMBO
			DISTRITO :	HUACAR
			LUGAR :	CANTERA POMANTA
MATERIAL :	AGREGADO FINO	TESISTA :	ORBEZO ANDAMAYO JOSEPH ATILIO	
CANTERA :	POMANTA	ING. RESPONSABLE :	PAUL SHADER ABAL HARO	
MUESTRA :	M-1	FECHA :	may-23	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACION B	TAMAÑO MÁXIMO
3"	76.200	0.0			100.00	(---)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500	0.0			100.00	(---)	
2"	50.800	0.0			100.00	(---)	ARENA BIEN GRADUADA
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	(---)	
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	75 - 95	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	(---)	LÍMITES DE CONSISTENCIA
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00	(---)	
3/8"	9.525	0.0	0.00	0.00	100.00	40 - 75	
1/4"	6.350	0.0	0.00	0.00	100.00	(---)	Limite Líquido = 0.00
No 4	4.760	0.0	0.00	0.00	100.00	60 - 60	Limite Plástico = 0.00
No 8	2.380	1314.0	52.56	52.56	47.44	(---)	Índice Plástico = 0.00
No 10	2.000	180.0	7.20	59.76	40.24	20 - 45	Coefficiente de Curvatura = 1.46
No 16	1.190	428.0	17.12	76.88	23.12	(---)	Coefficiente de Uniformidad = 4.46
No 20	0.840	121.0	4.84	81.72	18.28	(---)	CLASIFICACIÓN
No 30	0.590	136.0	5.44	87.16	12.84	(---)	
No 40	0.426	103.0	4.12	91.28	8.72	15 - 30	AASHTO : A-1-a
No 50	0.297	75.0	3.00	94.28	5.72	(---)	OBSERVACIONES
No 60	0.250	28.0	1.12	95.40	4.60	(---)	
No 80	0.177	24.0	0.96	96.36	3.64	(---)	% de arena = 98.04%
No 100	0.149	19.0	0.76	97.12	2.88	(---)	% de limo y arcilla = 1.96%
No 200	0.074	23.0	0.92	98.04	1.96	(5 - 15)	% de humedad = 4.04%
CAZOLETA	0.000	412.0	1.96	100.00	0.00	(---)	
TOTAL		2500.0	100.0				

GRÁFICO DE LA GRANULOMETRÍA CON MALLAS ESTÁNDAR



[Handwritten Signature]
 TESISISTA

[Handwritten Signature]
Paúl Shader Abal Haro
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros N° 60763
 ING. RESPONSABLE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

 **Paúl Shalder Abal Haro**
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60763

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

Of. Principal: Jr. Las Orquídeas N° 281-Paucarbambilla-Amarillis-Huánuco
Sucursal: Jr. Chavin N° 104-Paucarbamba-Amarillis-Huánuco
Teléfono 052-5151487



TESIS:	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"		
UBICACIÓN	REG: HUÁNUCO	PROV: AMBO	DISTRITO: HUACAR LUGAR: CANTERA POMANTA
CANTERA	CANTERA POMANTA		
MATERIAL	AGREGADO FINO		
POTENCIA	1000 m3		
	TESISTA :	ORBEO ANDAMAYO JOSEPH ATILIO	
	ING. RESPONSABLE:	ING. PAUL SHADER HABAL HARO	
	FECHA:	may-23	

CONTENIDO DE HUMEDAD ω (%) AGREGADO FINO

MUESTRA	M-1	1	2	3
1	Tara No.	412	409	417
2	Peso de la tara (gr)			
3	Peso de la tara + Peso del suelo húmedo (gr)	1412.00	1409.00	1417.00
4	Peso de la tara + Peso del suelo seco (gr)	1372.00	1365.00	1384.00
5	Peso del Agua Contenida (gr)	40.00	44.00	33.00
6	Peso del suelo seco (gr)	960.00	956.00	967.00
7	Contenido de Humedad (%)	4.17	4.60	3.41
8	HUMEDAD PROMEDIO (%)	4.06		

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Adscrito de Ingenieros N° 60763



ABSORCIÓN DEL MATERIAL Y DENSIDAD RELATIVA AGREGADO FINO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

**Paul Shady Abal Haro**
INGENIERO CIVIL
Reg. Colección de Ingenieros N° 60763

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.**

RUC N° 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260



TESIS:	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"		
UBICACIÓN:	Depart. HUANUCO	Prov. AMBO	
	Dist. HUACAR	Lugar. CANTERA POMANTA	
CANTERA :	POMANTA	TESISTA	Orbezo Andamayo Joseph Atilio
MUESTRA	M-01	ING. RESPONSABLE	Ing. Paul Shader Abel Haro
POT. CANTERA	1000 M3	FECHA:	may-23

ABSORCIÓN DEL MATERIAL Y DENSIDAD RELATIVA

		M-1	M-2	M-3
Peso del material seco después de la eliminación de las burbujas de aire (A)	gr	344.24	345.01	345.16
Peso del picnómetro + agua hasta la marca 500cm ³ (B)	gr	689.44	686.44	688.73
Peso del picnómetro + muestra saturada de agua hasta la marca ©	gr	905.91	830.86	906.31
Peso de la muestra inicial saturada sss (S)	gr	350	350	350
RESULTADOS		M-1	M-2	M-3
Gravedad específica seca ((A)/(B+S-C))	g/cm ³	2.58	1.68	2.61
Gravedad específica saturada (S.S.S)/(S/(B+S-C))	g/cm ³	2.62	1.7	2.64
Peso específico aparente (A/(B+A-C))	g/cm ³	2.69	1.72	2.71
Porcentaje de absorción ((S-A)/A)*100	%	1.67	1.45	1.40

Absorción del agregado Grueso	1.507	gr./cm³,
--------------------------------------	--------------	----------------------------

TESISTA

Paúl Shader Abel Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colección de Ingenieros N° 60763
ING. RESPONSABLE



RESULTADOS DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.


Paul Silverio Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60783

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.****RUC N° 20528905511**

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260



TESIS:	"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN LAS VÍAS LOCALES DEL JR. ANCASH Y LA AV. 28 DE JULIO EN EL DISTRITO DE HUACRACHUCO, PROVINCIA DE MARAÑÓN, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO"		
UBICACIÓN:	Depart. HUANUCO	Prov. AMBO	
	Dist. HUACAR	Localidad. CANTERA POMANTA	
CALICATA:	POMANTA	TESISTA	Orbezo Andamayo Joseph Atilio
MATERIAL:	M-01	ING. RESPONSABLE	Ing. Paul Shader Abal Haro
POT. CANTERA	1000 M3	FECHA:	may-23

RESULTADOS DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO - NTP 400.017

MUESTRA	M-1	M-2	M-3
Peso del agregado + recipiente de Medida (gr.)	6643	6648	6656
Peso del recipiente de medida (gr.)	1782	1782	1782
Peso del agregado (1-2) (m3,)	4861.0	4866.0	4874.0
Volumen de recipiente de medida (gr.)	0.00280	0.00280	0.00280
P.U.S (3/4)/100 (gr/m3,)	1736.0	1738.0	1741.0

Peso Unitario Suelto seco = **1738.333** Kg/m3,

RESULTADOS DEL PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO - NTP 400.017

MUESTRA	M-1	M-2	M-3
Peso del agregado + recipiente de medida (gr.)	7015	7024	7009
El peso del recipiente de medida (gr.)	1782	1782	1782
Peso del agregado (1-2) (m3,)	5233.0	5242.0	5227.0
Volumen de recipiente de medida m3	0.00280	0.00280	0.00280
P.U.S (3/4)/100 (gr/m3,)	1869.0	1872.0	1867.0

Peso Unitario Suelto seco compactado = **1869.3** Kg/m3,

TESISTA

ING. RESPONSABLE
Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60783



DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

 Paul Sander Abel Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60783

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.**

Of. Principal : Jr. Las Orquideas N° 281-Paucarbambilla-Huánuco

Of. Sucursal : Jr. Chavín N° 104-Paucarbamba-Huánuco

Telefono : 062-515187



TESIS :	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023	UBICACIÓN:	REGION :	HUANUCO
			PROVINCIA :	AMBO
CANTERA :	POMANTA		DISTRITO :	HUACAR
MUESTRA :	M-01		LUGAR :	CANTERA POMANTA
POTENCIA DE CANTERA :	1000 M3		TESISTA :	ORBEZO ANDAMAYO JOSEPH ATILIO
			JEFE LABORATORI :	ING. PAUL SHADER ABAL HARO
			FECHA :	may-24

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS, ALARGADAS, ó PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN ACREGADOS GRANULARES
ASTM D - 4791

Relación Dimensional 1:3

Condición de la Muestra: Natural

TAMIZ (#)	Abertura (mm)	MUESTRA DE SUELO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
		PESO (A)	RETENE (C)	PASA	PESO (g)	(%)	(%) Corregido	PESO (g)	(%)	(%) Corregido	PESO (g)	(%)	(%) Corregido
3"	76.200	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2"	50.800	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.100	1.050	10.9	95.8	17.2	2.8	0.7	-	-	-	1.820	96.9	10.1
1"	25.400	1.530	10.8	69.2	16.4	3.2	0.6	-	-	-	1.930	91.8	18.8
3/4"	19.050	1.220	13.2	15.9	14.5	2.6	0.5	22.2	1.5	0.2	1.450	96.2	12.6
1/2"	12.700	940	15.6	-	18.3	3.4	0.5	18.9	1.9	0.3	920	95.3	11.0
3/8"	11.000	850	14.2	-	12.6	3.1	0.6	17.6	1.8	0.2	830	93.4	10.0
					79.0		2.9			0.7			64.3

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (B)	(g)	5 140.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (G)	(%)	3.6

RESULTADOS
(Promedio Ponderado)

PARTICULAS CHATAS (E)	2.9 %
PARTICULAS ALARGADAS (F)	0.7 %
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (G)	3.6 %

Fórmula:

$$\frac{\text{Partículas Chatas / Alargadas } \delta}{\text{Partículas Chatas y Alargadas } (\%) } = \left[\left(\frac{E}{A} \times 100 \right) + \left(\frac{F}{D} \times 100 \right) \right] / 100$$

Donde:

- A Peso retenido en cada tamiz
B Peso Total de la Muestra Agregado Granular
C % Retenido en la muestra total
D Peso de la Muestra de Ensayo (Retenido 3/8")
E Partículas Chatas

- F Partículas Alargadas
G Partículas Chatas y Alargadas
H Partículas ni Chatas ni Alargadas


Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colección de Ingenieros N° 60763



ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.



"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS # 26-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA
TELEFONO 51-5187



TESIS : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023
UBICACIÓN REGION: HUANUCO PROVINCIA: AMBO DISTRITO: HUACAR LUGAR: CANTERA POMANTA
CANTERA : POMANTA TESISTA ORBEZO ANDAMAYO JOSEPH ATILIO
MUESTRA M-01 RESPONSABLE ING. PAUL SHADER ABAL HARO
POTENCIA DE CANTERA 1000 M3 FECHA: abr-23

I.- ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM . D422

Table with 7 columns: TAMIZ No, DIAMETRO (mm), PESO RETENIDO, % RETENIDO PARCIAL, % RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA, TAMANO MAXIMO = 1". Includes a photo of a person working with sieves and a descriptive text: EL MATERIAL ANALIZADO PRESENTA UN COLOR GRISACEO, DE TEXTURA ANGULOSA, DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, SIN COHESION.

Granulometria de ensayo A
Nº de esferas 12
Masa de las esfera (gr) 5000
Nº de revoluciones (rpm) 30-33
Nº de vueltas 500
Tiempo de rotacion(min.) 15

Peso muestra seca del agregado (inicial) = 4988.0 gr.
Peso seco ensayo lavado sobre tamiz # 12 = 3208.0 gr.

II.- ENSAYO DE ABRASION-MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C-131

PORCENTAJE DE DESGASTE: = 35.686 %

Handwritten signature of the student (TESISTA)

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Inscripción No 60769
ING. RESPONSABLE



PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS

LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

 Paul Sneider Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60783

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.**

Of. Principal : Jr. Las Orquideas N° 281-Paucarbambilla-Huánuco
Of. Sucursal : Jr. Chavin N° 104-Paucarbamba-Huánuco
Telefono : 062-515187



TESIS :	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERA POMANTA PARA DISEÑAR UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO 2023"		UBICACIÓN	REGION :	HUANUCO
CANTERA :	POMAMTA			PROVINCIA :	AMBO
MUESTRA :	M-01			DISTRITO :	HUACAR
POTENCIA :	1000M3		TESISTA	LUGAR :	CANTERA POMANTA
			ING. RESPONSABLE	ORBEZO ANDAMAYO JOSEPH ATILIO	
			FECHA	ING. PAUL SHADER ABAL HARO abr-23	

**PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS
(MTC E 210, ASTM D-5821)**

Con Una Cara de Fractura

Tamaño Maximo del Agregado	Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	Agregado grueso			D	E	F	G
			Peso retenido (gr)	% retenido (gr)	% que pasa (gr)				
			A	B	C	(gr)	(gr)	(E/D)*100	(F x B)
2"	1 / 1/2"	1"	0	0	0	0	0	0,0	0
1 / 1/2"	1"	3 / 4"	2705	32.1	67.90	2010.00	1860.00	92.5	2,970.4
1"	3 / 4"	1/2"	1266	15.0	85.00	1533.00	1405.00	91.7	1,374.8
3 / 4"	1/2"	3 / 8"	2159	25.6	74.40	1200.00	1195.00	99.6	2,549.3
1/2"	3 / 8"		2308	27.4	72.60	502.00	428.00	85.3	2,336.1
Total			8438	100.1					9230.63

Porcentaje de Partículas con una Cara Fracturada (Total E / Total D) 9221.41%

Con Dos Caras de Fractura

Tamaño Maximo del Agregado	Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	Agregado grueso			D	E	F	G
			Peso retenido (gr)	% retenido (gr)	% que pasa (gr)				
			A	B	C	(gr)	(gr)	(E/D)*100	(F x B)
2"	1 / 1/2"	1"	0	0	0	0	0	0,0	0
1 / 1/2"	1"	3 / 4"	2705	32.1	67.90	2010.00	1705.00	84.8	2,722.9
1"	3 / 4"	1/2"	1266	15.0	85.00	1533.00	1350.00	88.1	1,320.9
3 / 4"	1/2"	3 / 8"	2159	25.6	74.40	1200.00	1125.00	93.8	2,400.0
1/2"	3 / 8"		2308	27.4	72.60	502.00	84.50	84.5	2,315.3
Total			8438	100.1					8759.15

Porcentaje de Partículas con dos o mas Caras de Fractura (Total E / Total D) 0.00%

Partículas con una ó mas caras de Fractura 9221.4%

Resultados

CARAS DE FRACTURA	9221.4
	0.0

A	Peso de la Muestra
B	Peso del material con caras de Fractura
C	Porcentaje de Caras Fracturadas
D	Porcentaje Retenido, Gradación Original
E	Promedio de Caras de Fractura

Observación: El Agregado tiene el tratamiento de CHANCADO en Laboratorio.

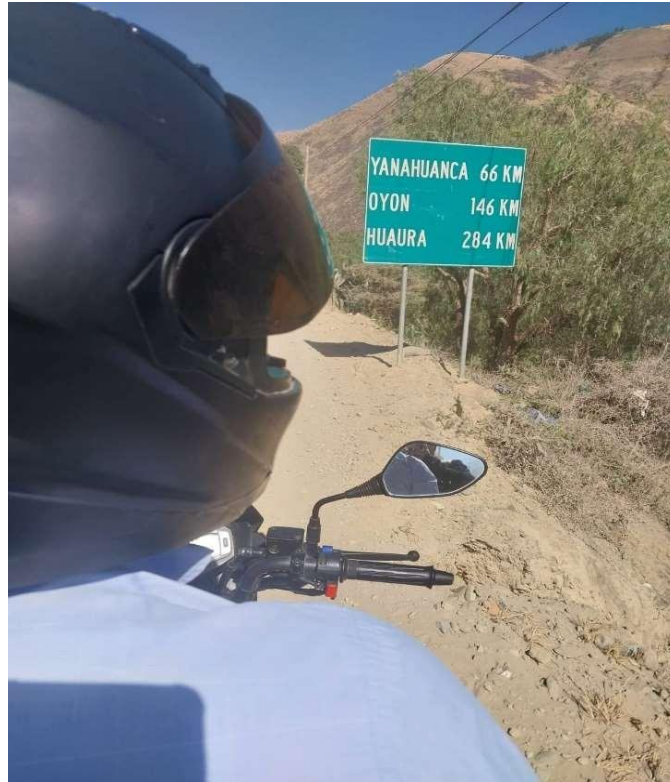
Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
No. 60763

ANEXO 6

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Camino hacia la cantera POMANTA.





Fotografía 2

En la cantera Pomanta (con sus atuendos de seguridad).





Fotografía 3
Separar el agregado con el tamiz N°4.



Fotografía 4

Selección de la muestra a ensayar.



Fotografía 5

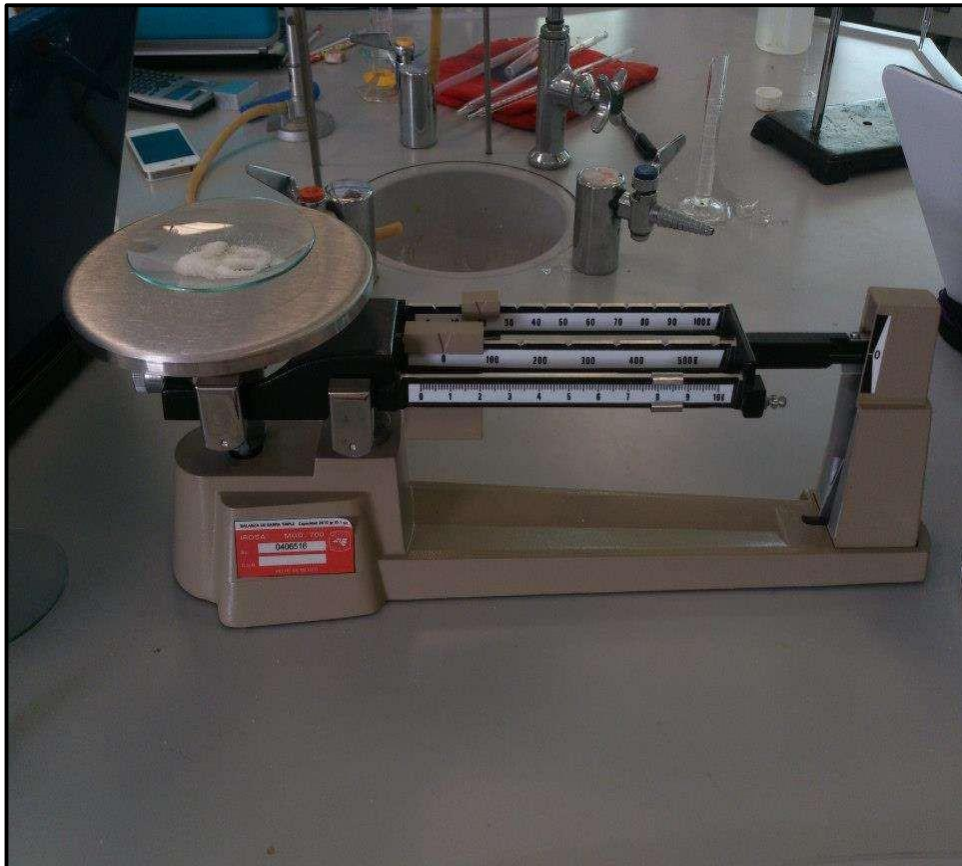
Equipos a usar (tamices, hornos, balanzas, etc).





Fotografía 6

Pesaje del material grueso (según lo que indica la tesis)



Fotografía 7

Material grueso - cantera Pomanta (Nombre escrito en una pizarra).



“AGREGADO GRUESO- CANTERA POMANTA”



Fotografía 8

Especímenes para determinar el peso específico y absorción (incluye colocación de la muestra, pesaje de la muestra y secado).



Fotografía 9

Equipos que se usó para la prueba del peso unitario (Balanza, recipiente de medida y la varilla compactadora).



Fotografía 10

Peso del recipiente para calcular el peso unitario.



Fotografía 11
Cuarteo de las muestras.



Fotografía 12
Pesaje de la muestra.



Análisis granulométrico para el materia fino y grueso

Fotografía 13

Pesaje del material fino.



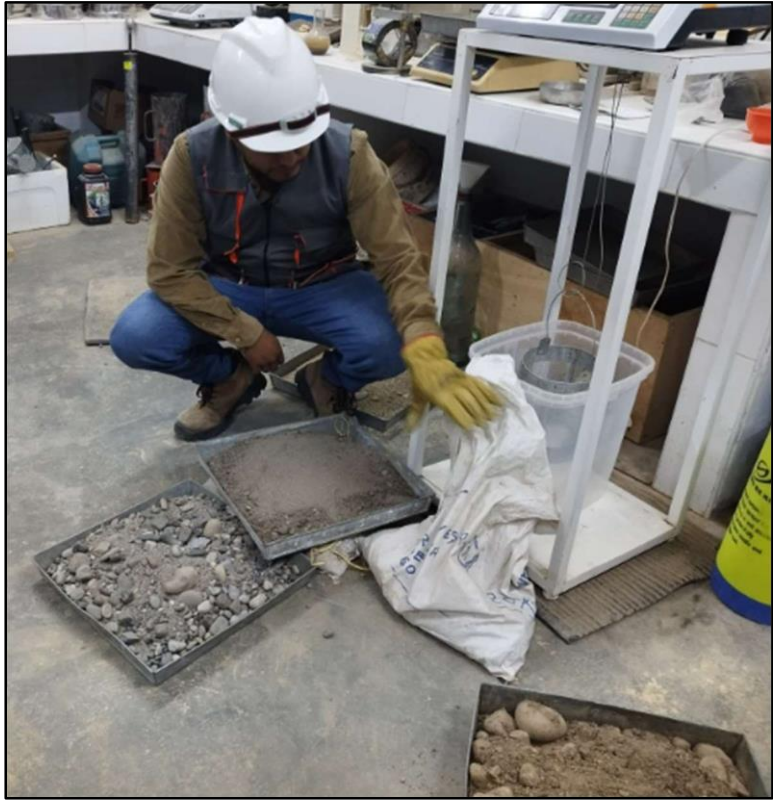
Fotografía 14

Agregado fino - cantera Pomanta.

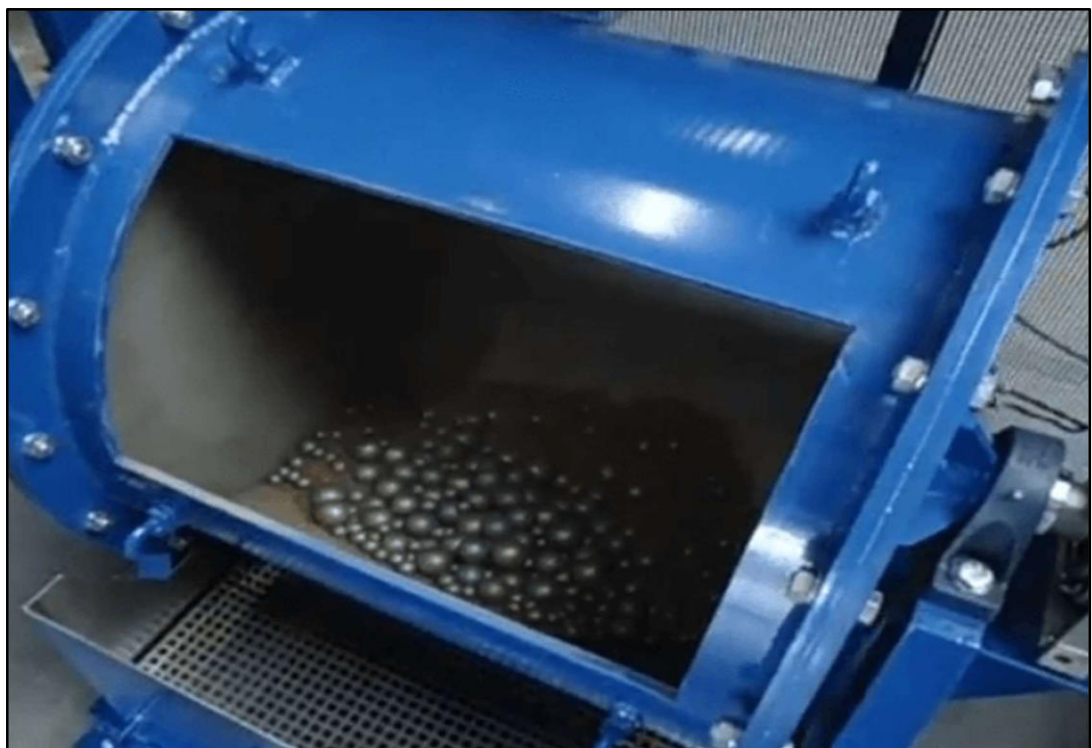


Ensayo de porcentaje total de humedad del material





Fotografía 15
Prueba de abrasión Los Ángeles.



Fotografía 16
Medida con Vernier.



Fotografía 17
Peso específico del material.

