



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE
LA SUB BASE EN LA CARRETERA MACUSANI – ABRA SUSUYA
REGIÓN PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FRANK MARCO CASTILLO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, todos
los días de mi vida.



AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso, por sus bendiciones, por la salud y permitir llegar hasta aquí.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, por haberme albergado durante mi vida estudiantil.

A los docentes de la Escuela profesional de Ingeniería Geológica, por Inculcarme sabias enseñanzas durante mi vida estudiantil.



INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE GENERAL	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ACRONIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. Problema General	15
1.2.2. Problema Especifico	15
1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	15
1.3.1. Hipótesis General.....	15
1.3.2. Hipótesis Especifico	15
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. Objetivo General.....	16
1.4.2. Objetivo Especifico.....	16



1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 16

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 18

2.1.1. Internacional 18

2.1.2. Nacional 21

2.1.3. Local 22

2.2. BASES TEÓRICAS 25

2.2.1. Carretera..... 25

2.2.2. Sub base Granular 26

2.2.2.1. El material para la sub base 26

2.2.3. Ensayos de laboratorio 27

2.2.3.1. Contenido de humedad 27

2.2.3.2. Análisis granulométrico por tamizado..... 28

2.2.3.3. Límites de consistencia..... 29

2.2.3.4. Proctor modificado 31

2.2.3.5. Relación de soporte de california ratio CBR. 32

2.2.4. Clasificación de los suelos 33

2.2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos 33

2.2.4.2. clasificación de suelos AASHTO 35

2.2.5. Estudio de canteras 37

2.2.5.1. Ensayos de laboratorio 38

2.2.6. Control de densidad de campo (método cono de arena) 39

2.3. GEOLOGÍA REGIONAL..... 41



2.4.	ESTRATIGRAFÍA DE MACUSANI.....	41
2.4.1.	Formación Ananea.....	42
2.4.2.	Grupo Copacabana.....	42
2.4.3.	Grupo Mitu	43
2.4.4.	Depósitos	44
2.4.4.1.	Depósitos Aluviales.....	44
2.4.4.2.	Depósitos Fluviales	44
2.5.	GEOMORFOLOGIA REGIONAL	44
2.6.	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	45
2.7.	GEOLOGÍA LOCAL	45
2.8.	MARCO CONCEPTUAL	46
2.8.1.	Control de calidad.....	46
2.8.2.	El pavimento flexible.....	46
2.8.3.	Mecánica de suelos:	46
2.8.4.	Pavimento:	46
2.8.5.	Sub base:	47
2.8.6.	Mejoramiento:.....	47

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48



3.4. TIPO DE ANÁLISIS	48
3.4.1. Investigación de campo	48
3.4.1.1. Ensayos de laboratorio	49
3.4.1.2. Clasificación de los suelos.....	49
3.4.1.3. Estudio de canteras	49
3.4.1.4. Se realizó método cono de arena	50
3.5. INSTRUMENTOS	50

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. GENERALIDADES.....	51
4.1.1. Ubicación	51
4.1.2. Accesibilidad	51
4.2. CLIMA Y TEMPERATURA.....	53
4.3. PRECIPITACIÓN	53
4.4. HUMEDAD RELATIVA	53

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICA DE LAS CANTERAS	54
5.1.1. Cantera Km 23 + 500.....	54
5.1.2. Cantera río Macusani	55
5.1.3. Características físicas mecánica de las canteras	57
5.2. EVALUACIÓN DE LAS CANTERAS PARA EL DISEÑO PARA SUB BASE	58



5.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA SUB BASE.....	64
5.3.1. Material granular sub base.....	64
5.3.2. Cumplimiento de la sub base granular.....	64
5.3.3. La Compactación	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXO	73



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos granulométricos para la subbase granular.....	27
Tabla 2. Requisitos para los ensayos especiales material de subbase granular	27
Tabla 3. Tamaño de las partículas.....	28
Tabla 4. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad	31
Tabla 5. Clasificación de suelos para la infraestructura del Pavimentos.....	33
Tabla 6. Clasificación del suelo de acuerdo a SUCS Bowles, (1981).....	33
Tabla 7. Sistema unitario de clasificación de suelos SUCS Bowles, (1981).....	34
Tabla 8. Los tipos de prefijo y sufijo de los suelos.....	35
Tabla 9. Sistema de clasificación AASHTO.....	36
Tabla 10. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.....	37
Tabla 11. Los ensayos estándar para material sub base.....	38
Tabla 12. Los ensayos especiales para material de sub base	38
Tabla 13. unidades geomorfológicas	45
Tabla 14. El tramo de via de Puno - Abra.....	51
Tabla 15. Utilización de las canteras	54
Tabla 16. Resultados de laboratorio de la cantera Km 23+500	57
Tabla 17. Resultados de laboratorio de la cantera de rio Macusani.....	58
Tabla 18. diseño del material granular de las canteras km 23+500 y rio Macusani.	59
Tabla 19. Resumen de índice de plasticidad.....	61
Tabla 20. Resumen de ensayo del valor relativo de soporte CBR.....	62
Tabla 21. Equivalencia de arena en las dos relaciones para la subbase granular	63
Tabla 22. Determinación de las partículas chatas y alargadas.....	63
Tabla 23. Requisitos para los ensayos especiales material de subbase granular	64



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura característica de un pavimento flexible.	26
Figura 2. Detalles de construcción y dimensiones del aparato de límite líquido Bowles, (1981).....	29
Figura 3. Herramientas ranuradoras Bowles, (1981)	29
Figura 4. Índice de plasticidad Juárez & Rico, (2005).....	31
Figura 5. La plasticidad	34
Figura 6. Rangos de límite líquido e índice de plasticidad para los grupos de suelos A- 4, A-5, A-6 y A- 7.....	36
Figura 7. Método cono de arena (Zeta, 2019).....	39
Figura 8. Ensayo cono de arena.....	41
Figura 9. Plano de ubicación de proyecto	52
Figura 10. Temperaturas del aire y la precipitación Macusani Castro et al., (2021).....	53
Figura 11. Se observa el zarandeo de material granular de cantera en la prog. 23+500.	55
Figura 12. Se observa el acopio y transporte de material granular del rio Macusani....	56
Figura 13. Diseño de subbase Cantera Km 23 + 500 y Cantera del rio Macusani	60
Figura 14. Porcentaje de la mezcla de las canteras Cantera Km 23+500 y Cantera del rio Macusani.....	60
Figura 15. La curva de compactación Cantera Km 23+500(50%) y Cantera del rio Macusani (50%)	62
Figura 16. Se observa el compactado de la estructura de pavimento a nivel de la sub base granular en las progresivas km: 23+010 - 23+560.	66



INDICE DE ACRONIMOS

- **AASHTO** American Association of State Highway and Transportation Officials
- **ASTM** American Society for Testing and Materials
- **CBR** California Bearing Ratio
- **cm** centímetro
- **INGEMMET** Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- **IP** Índice de plasticidad
- **LL** Limite liquido
- **LP** Limite plástico
- **GM** Grava limosa
- **GP** Grava mal graduada
- **GW** Grava bien graduada
- **MTC** Ministerio de transportes y comunicaciones
- **SB** Sub base
- **SUCS** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- **m³** Metro cubico
- **m** Metro
- **mm.** Milímetro



RESUMEN

El tramo de estudio se encuentra ubicado en el departamento de Puno, provincia de Carabaya, distrito de Macusani donde se realizó la obra desde el kilómetro 16+000 hasta 26+380 donde finaliza en Abra Susuya. Tiene como objetivo general evaluar las características geotécnicas para el mejoramiento de la sub base en la carretera Macusani –Abra Susuya. La metodológica es de enfoque cuantitativo, es descriptivo, no experimental, en la cual es de tipo de investigación es de campo constituye básicamente en la parte más principal de los saberes de la geología y geotecnia porque constituyen la parte esencial de los estudios de los agregados existentes en las canteras. El resultado de las canteras tiene la clasificación en el Sistema Unificado SUCS y AASHTO de la cantera del km 23+500 es GP – GM y A-1-a(0) y la clasificación cantera del río Macusani, AASHTO y SUCS es GW y A-1-a (0) en clasificación AASHTO. Se ejecutó el mejoramiento de sus propiedades física mecánicas con mezclas granulares entre dos canteras obteniendo la propuesta para la conformación de la capa sub base cantera km 23+500(50%) más la cantera rio Macusani (50%). la gradación “A” solicitada para la conformación de la capa de Sub base, el IP muestra no plástico (NP), Ensayo de proctor modificado es de $\gamma_d = 2.20 \text{ gr/cm}^3$ y el contenido de humedad optima es 8.10%. Valor relativo del CBR de 80.70% al 100% y 55% al 95%, Equivalencia de arena se obtiene 46.7 % que el material es apto para en la utilización en la sub base granular. Partículas chatas y alargadas es de 3.52%. El control de calidad de compactación con el cono de arena es promedio es 99.45 % de su compactación, de la sub base granular se realizó cada 250 m² en pista. Se concluye que los ensayos realizados cumplen con los requerimientos mínimos por el ministerio de transportes y comunicaciones del manual de carreteras.

Palabras claves: Evaluación, geotécnica, mejoramiento, suelo, sub base.



ABSTRACT

The section of study is located in the department of Puno, province of Carabaya, district of Macusani where the work was carried out from kilometer 16+000 to 26+380 where it ends in Abra Susuya. Its general objective is to evaluate the geotechnical characteristics for the improvement of the sub-base on the Macusani – Abra Susuya highway. The methodology has a quantitative approach, it is descriptive, not experimental, in which it is of a field research type, it basically constitutes the most important part of the knowledge of geology and geotechnics because they constitute the essential part of the studies of the aggregates. existing in the quarries. The result of the quarries has the classification in the SUCS and AASHTO Unified System of the 23+500 km quarry is GP - GM and A-1-a(0) and the Macusani river quarry classification, AASHTO and SUCS is GW and A-1-a (0) in AASHTO classification. The improvement of its physical-mechanical properties with granular mixtures between two quarries was carried out, obtaining the proposal for the conformation of the quarry sub-base layer km 23+500 (50%) plus the Macusani river quarry (50%). the “A” gradation requested for the conformation of the Subbase layer, the IP shows non-plastic (NP), Modified proctor test is $\rho_d = 2.20 \text{ gr/cm}^3$ and the optimum moisture content is 8.10%. Relative value of the CBR of 80.70% at 100% and 55% at 95%, Sand equivalence 46.7% is obtained that the material is suitable for use in the granular subbase. Flat and elongated particles is 3.52%. The compaction quality control with the sand cone is average is 99.45% of its compaction, of the granular subbase was carried out every 250 m² on the track. It is concluded that the quarries obtained the minimum requirements by the Ministry of Transport and Communications of the road manual.

Keywords: Evaluation, geotechnical, improvement, soil, sub base.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema del estudio en la indagación es que como influye la mecánica de suelos en el alcance e incluso de las instrucciones que se emplean en nuestros días para el estudio de la mecánica de suelos para la construcción de las carreteras porque en diversos casos pueden originar soluciones equivocadas como gastos enormes de la infraestructura vial durante la realización de la obra. se está forma con los ensayos no destructivos.

El mejoramiento de la carretera se hace para conservar las rutas de conexión con poblaciones o distritos en mejoras condiciones, se debe de abordar por un buen estudio para la conformación de la capa sub base donde se realizó tratar del bienestar y reducir costos de operación usando técnicas de diseño de las distintas canteras en el tramo de Macusani a Abra Susuya para la conformación de la capa sub base donde el que elabora es la empresa constructoras especializadas en la rama de las vías terrestres.

Los procesos de diseño son favorables para la formación de diferentes tipos de suelos, para la optimización de sub base granular donde la estructura de las capas se debe seguir los reglamentos, normas y las especificaciones técnicas de ministerio de comunicaciones (MTC) hay un enfoque concreto y fundamental para orientar una estructura que dará a la subbase de la carretera de Macusani a Abra Susuya, con técnicas de diseño aplicadas para la selección de material Granular, buenos beneficios en la estructura de las capas

La demanda de transporte en las zonas rurales de nuestro país aún se encuentra limitada en su desarrollo, principalmente por el abandono de las vías de circulación y en especial las adyacentes, y la situación que dificulta el intercambio económico, social y



cultural entre las zonas rurales. Distrito y población urbana, es el camino del desarrollo de los canales de comunicación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son las características de evaluación geotécnica para el mejoramiento de la sub base en la carretera Macusani –Abra Susuya del tramo 16+000 al 26+380 distrito de Macusani – Región Puno?

1.2.2. Problema Especifico

- ¿Cuáles son las propiedades físico mecánicas de los materiales de canteras para la conformación de la sub base del tramo 16+000 al 26+380?
- ¿Qué características geotécnicas de los materiales de canteras para el diseño de mezcla que son aplicados para la conformación de la sub base del tramo 16+000 al 26+380?
- ¿Cómo son los controles de calidad de la sub base del tramo 16+000 al 26+380 del distrito de Macusani - Abra Susuya?.

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General

La evaluación geotécnica en el mejoramiento cumple con las especificaciones técnicas para la sub base en la carretera Macusani –Abra Susuya del tramo 16+000 al 26+380 distrito de Macusani – Región Puno.

1.3.2. Hipótesis Especifico

- Las propiedades físico mecánicas de los materiales de canteras será posible obtener buen material para la conformación de la sub base del tramo 16+000 al 26+380.



- Es factible determinar las características geotécnicas de los materiales de canteras para el diseño de mezcla que son aplicados para la conformación de la sub base del tramo 16+000 al 26+380
- Sera posible realizar los controles de calidad en los estándares establecidos de la sub base del tramo 16+000 al 26+380 del distrito de Macusani - Abra Susuya.

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar las características geotécnicas para el mejoramiento de la sub base en la carretera Macusani –Abra Susuya del tramo 16+000 al 26+380 distrito de Macusani – Región Puno.

1.4.2. Objetivo Especifico

- Evaluar las propiedades físico mecánicas de los materiales de canteras para la conformación de la sub base del tramo 16+000 al 26+380.
- Evaluar las características geotécnicas de los materiales de canteras para el diseño de mezcla que son aplicados para la conformación de la sub base del tramo 16+000 al 26+380
- Realizar los controles de calidad de la sub base del tramo 16+000 al 26+380 del distrito de Macusani - Abra Susuya.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación ayudo nueva información sobre las propiedades físico-mecánicas de suelos donde se realizó mejoras específicamente en la sub base para asegurar su total cumplimiento. Durante la ejecución se realizó estudios y pruebas de laboratorio para determinar un diseño adecuado que es necesario para que el trabajo esté garantizado y no se produzcan daños estructurales durante todo el periodo de uso. Para la



sub base en este proyecto estudiaremos las propiedades físico – mecánicas de material granular que se deben tener en cuenta a la hora de aplicar en la capa sub base, y la construcción de la base y posteriormente del pavimento flexible basándonos en el manual de construcción de carreteras.

Las canteras para obras viales en el mejoramiento de la carretera Macusani – Abra Susuya, se seleccionará el tipo suelo granular apropiado para la sub base según las normas técnicas para el emplazamiento de la capa sub base y la explotación de las canteras de agregados se optimizo la extracción de los materiales, de la carretera Macusani – Abra Susuya, de mejoramiento monitoreando los controles de calidad.

Se analizó la importancia de los agregados utilizados en la construcción de la sub base, las características de los agregados de las canteras del km 23+500, río Macusani y cantera Km 26+500, ubicadas en el tramo de Macusani del distrito de Abra Susuya, para brindar confianza. A los constructores de la vía que ya se mencionó y determinar el grado de compromiso con los estándares de calidad de sus agregados conforme con las especificaciones del manual de carreteras del MTC 2013.

Este estudio será un aporte a las vías de conexión de Macusani - Abra Susuya, al momento de la construcción del pavimento flexible donde se reducirá el tiempo del transporte.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacional

Álvarez et al., (2019) Los investigadores estudiaron los materiales granulares de sub base y base utilizados en estructuras de pavimento que son propensos a la degradación debido a muchos factores inherentes a la producción, construcción y operación de la carretera. El objetivo de este trabajo es cuantificar la degradación de materiales granulares debido a la velocidad de reacción, utilizando para ello parámetros de propiedades físicas y mecánicas. Esta atenuación se evaluó en función de la evolución del tamaño de partícula y de la respuesta mecánica (CBR, parámetros del ensayo triaxial estático y módulo de resiliencia). Los resultados obtenidos muestran que operaciones sucesivas conducen a la generación de partículas finas, lo que aumenta la densidad seca, al mismo tiempo que disminuye la respuesta mecánica. CBR y el módulo elástico resiliente son evidentes desde la primera refusión, lo que indica el efecto de la aplicación repetida de energía mecánica. Se recomienda realizar más investigaciones para confirmar la relación entre la degradación inducida por el impacto y la generada por el campo.

Escobar & Pinzonon, (2021) Los investigadores estudiaron el uso de residuos de construcción y demolición (RCD) en la capa asfáltica, base y sub base granulares de estructuras de pavimento flexible. Así las cosas, con los grandes volúmenes de residuos de este tipo que se vierten diariamente en el país y en el mundo, lo que lleva a la ocupación de áreas cada vez más pequeñas y limitadas,



hemos decidido elegir el tema que nos interesa. búsqueda de llamadas. estudiar la viabilidad de incluir materiales reciclados para formar una estructura de pavimento flexible, es decir, el pavimento es toda la estructura portante de la carretera, desde el suelo hasta la capa de desgaste. Se especifica el año de publicación del documento, se jerarquiza la importancia del artículo (en cuartiles), en caso de indeterminado, el S.I. indicado indica indeterminado; Los grupos, clases y equipos identificados en la encuesta fueron identificados de acuerdo con la Guía de Implementación del Plan de Manejo Integrado para RCD. Se concluye que en la capa de capa granular sub base su CBR se reduce significativamente, el desgaste por meteorito supera el límite especificado y se ha estudiado que la humedad óptima es del 65%. Las pruebas de desgaste de la máquina en Los Ángeles se realizaron en basalto, que cumple con los requisitos mínimos para sustratos granulares. En cuanto al uso de vidrio geosintético delgado, mediano, grueso, mediano y fino, se comporta como un agregado natural, sin embargo, su capacidad de absorción y recuperación se ve muy reducida

Mata, (2010) El investigador en su estudio para abordar en su guía básica, que contiene una descripción de los métodos de construcción más adecuados, que se pueden utilizar para la estructura de la base y sub base de la carretera. La literatura presentada en esta guía básica se puede considerar tanto como una referencia y una guía para realizar estudios posteriores actualizados, sujeto al avance de la tecnología en el proceso de construcción utilizando suelo granular y estable para la formación. Para reducir el costo de construcción de la estructura vial, es posible utilizar materiales cercanos a la estructura, aunque inicialmente no cumpla con los requisitos de las especificaciones de construcción; Existen alternativas mejoradas para combinarlos con estabilizantes (cemento, cal o



emulsiones asfálticas), y posiblemente modificar sus propiedades. En el desarrollo de esta guía básica se enfatiza la importancia de conocer paso a paso los procedimientos constructivos para la conformación de las capas de sub rasante, sub base y base, ya que son procesos valiosos para el diseño vial.

Bedoya & Ocampo, (2016) Los investigadores evaluaron la actividad del polietileno como ayuda en la incrustación de partículas de la granulometría de sub base granular. Necesidades metodológicas, las operaciones se realizan principalmente realizando una especie de ensayo a diferentes tipos de materiales para determinar su comportamiento, donde se prioriza determinar las proporciones idóneas de materiales a mezclar, obteniendo resultados positivos, materiales granulares en un principio, el recubrimiento es de uso frecuente en la carretera y el otro, es parte de un material no biodegradable, donde se evaluó su comportamiento además del tamaño de grano en la sub base y de los cuales se obtuvo los resultados satisfactorios y esperados. para la investigación como el caso de la prueba de Proctor donde notamos una menor densidad máxima en comparación entre la capa base y la mezcla, lo que indica un menor costo de la cantidad de material por unidad de volumen. Al evaluar el comportamiento del CBR en diferentes proporciones (20, 30 y 40%) con tratamiento en frío y en caliente.

Rivas, (1988) El objetivo del investigador en esta tesis es estudiar las características que determinan el uso de capas de grano en la estructura del pavimento con el fin de mejorar la calidad de los materiales utilizados para fabricarlos y diseñar nuevas estructuras de pavimento acordes con las propiedades mecánicas del pavimento. capas de grano. Las contribuciones más notables de este trabajo se enumeran a continuación. Determinación de las propiedades mecánicas



de una capa de partículas con un tamaño de grano continuo. Clasificar diferentes secciones transversales de tipos de pavimento que tienen grano en su estructura según el tipo de calzada y tráfico. Definición de impermeabilidad de capas de granulometría continua. Determinación de varios tamaños de grano que proporcionan drenaje a las capas de grano y sus propiedades mecánicas.

2.1.2. Nacional

Blas, (2013) El investigador trata sobre el efecto de la temperatura sobre la capa base y sub base, por lo que el resultado de un proyecto de investigación que tuvo como objetivo principal determinar el efecto de la temperatura ambiente sobre la resistencia de las capas de grano en las obras de pavimentación realizadas en el distrito de Tambo, tomando datos de temperatura y humedad horariamente durante la compactación compresión y pruebas de densificación en campo al final de cada proceso, A partir de los datos registrados cada hora, es posible determinar el cambio en el contenido de humedad en todo el espesor de la capa de grano, conociendo el cambio promedio en el contenido de humedad, las pruebas CBR se realizan con un contenido de humedad mínimo superior. y con las variaciones de humedad por temperatura, con base y material sub base de una de las principales canteras suministrándolo a las obras de pavimentación de los alrededores, determinando el cambio afectado por la resistencia de la capa de grano debido a la reducción de humedad provocada por la temperatura del ambiente.

Cruz & Carranza, (2019) Los investigadores lo han utilizado para mejorar la base y la sub base en pavimentos flexibles, rígidos y mixtos. Se realizaron búsquedas de información en fuentes como Redalyc, Scielo y Google Scholar. A partir de artículos obtenidos de revistas científicas y tesis de universidades peruanas sobre temas relacionados con las aceras, toda la información recopilada tiene fecha de 2010 - 2019. Se utilizan técnicas de recuperación de pavimentos y



sub bases para mejorar el tipo de suelo sobre el que se colocará la capa asfáltica o abrasiva. Por lo demás, para esta mejora se aplica una combinación de diferentes materiales que permitieron conseguir el CBR exigido en la especificación en su momento tanto para la sub rasante como también para la base y sub base del pavimento.

Puente, (2019) El autor en su estudio que se busca su preservación por su valor cultural, el camino atraviesa el mismo sitio arqueológico y ha presentado daños y degradaciones por el paso del tiempo y en especial por los vehículos de mediano y gran tonelaje, la carretera conectando la ciudad de Calca con la Convención, se considera oportuno realizar el estudio “Diseño geotécnico y geotécnico adecuado de pavimentos (duros y blandos) para la rehabilitación y conservación de la carretera del centro arqueológico Calispuquio”. se realizó, destacando así la prueba, los resultados y la interpretación de los datos correspondientes, como la configuración estratigráfica del suelo, la densidad natural del suelo, CBR (California Bearing Ratio), mejoras de actualización, diseño de subcapa De diseño de cimientos y pavimentos duros y flexibles, este proyecto sigue los requerimientos de la normativa vial peruana, términos de referencia y topografía, para una vía vecinal transitable y un turismo sostenible en el sitio arqueológico de Calispouquio.

2.1.3. Local

Lujano, (2021) Su trabajo de investigación se realizó por los distritos de Pomata, Zepita y Huacullani, de la provincia de Chucuito, en la región de Puno, con el objetivo general de evaluar las características geotécnicas del terreno y material de préstamo. para la mejora de la carretera. Las muestras son analizadas y ensayadas en laboratorio para determinar su capacidad de carga (C.B.R) y otras. Considere la siguiente hipótesis: La especificación geotécnica para la



construcción de la carretera es adecuada y existe un préstamo favorable disponible para mejorar esta carretera. Se concluyó que los sustratos con CBR variaron de 8% a 26%, indicando que con frecuencia vienen bien donde las siguientes características geotécnicas más importantes la clasificación SUCS. En el diseño de suelos para la estructura de cimentación y base granular se dispone de las siguientes canteras: ligante Km 2+500 (50%), agregado del río Yorohoco (50%) ligante Km 31+700 (50%), síntesis del río Yorohoco (50%).

Atencio, (2019) De acuerdo a su investigación de tesis se realizó un estudio de evaluación geotécnica en el tramo vial, los cuales en su mayoría son sedimentarios, corresponden a suelos finos con alternancia de partículas medianas a gruesas, se pueden observar entre 6.000 y 8.500, se identifican en la clasificación SUCS como: OH, ML, CL, SP, SM, SC, SW, GC y en la clasificación AASHTO como: A-7, A-3, y A-2-4, en este tramo existe profundidad freática de 1.10 m a 1.30 m en el suelo existente, en proceso 8 + 500 a 14 + 000 y (CBR) del subsuelo se clasifican de pobre a inadecuado % a densidad máxima seca 95% Se cuenta con un estudio de canteras utilizadas para la construcción de vías de alta velocidad mejorando así las propiedades mecánicas del terraplén, se cuenta con 3 canteras. Las canteras de Huancuni y Argulluni como materiales de relleno y mezcla, para cumplir con los requisitos de calidad de la especificación y canteras de Argulluni (material rocoso), y para diseñar suelos para la composición de la base de grano pequeño, las Canteras siguientes al ligante Argulluni (60%) y Callata Síntesis del río Paconcani (40%). S realizó el control mediante ensayos no destructivos utilizando el instrumento Viga Benkelman.



Pomacosi, (2016) En su investigación se determinaron las características geotécnicas del terreno y el estudio de canteras y posibles soluciones que requiere el proceso constructivo. La metodología propuesta permite determinar la ubicación topográfica e identificación geológica a lo largo de la cimentación existente. La toma de muestras y posteriores ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos determinaron que la segunda capa está compuesta en un 75% por suelo fino, En cuanto a la capacidad de carga de CBR, el suelo fino tiene un valor promedio de 4,6% CBR. Para suelo granular, el promedio es 16.5%, que es un buen tipo de suelo. También cabe señalar que en este trabajo se hace un estudio de canteras utilizadas en diferentes capas de la vía durante la construcción, y con ello mejorar las propiedades mecánicas y mecánicas del terraplén, son 12 canteras, donde AASHTO va desde A-1- a (0), A-1-b (0) a A-2-4 (0).

Maron, (2015) Del investigador su objetivo de esta investigación fue conocer la importancia de los estudios geotécnicos de las carreteras y su respectivo mantenimiento para determinar la conservación de la vía en relación a la intervención de su suelo por parte del Instituto Provincial de Vialidad de San Antonio de Putina, Los Suelos, sobre una progresión de 00+000 a 01+000, correspondiente a suelos cascajosos, se define en la clasificación SUCS como GP, y en la clasificación AASHTO como A- 1-a (0), tiene bajo contenido de humedad y no es plástico. Los subniveles de este tramo de Progresiva 01+000 a 2+500 corresponden a los identificados como: Arenas Arcillosas, y suelos con índice de liquidez cercano a 0 la resistencia es de 1 a 3,2 Kg/cm² para partículas rectangulares de grava, con límite líquido de 35, 7% en el paso de malla N° 40 y el IP = 12,37 Este material, dependiendo de sus características geotécnicas, puede ser utilizado en pavimentos mixtos con materiales granulares.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Carretera

Es una infraestructura de transporte especialmente organizada en todo el territorio denominado servidumbre de paso, que tiene por objeto posibilitar la circulación continua de vehículos en el espacio y en el tiempo, con un alto nivel de seguridad y comodidad. Bastante dudoso. La carretera se operará de acuerdo con su tipo, geometría y volumen de tráfico para brindar un transporte adecuado con suficiente velocidad de operación. Otazu, (2021)

El pavimento está formado por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, técnicamente diseñadas y fabricadas con materiales adecuados y debidamente compactadas. Estas estructuras estratificadas dependen del subsuelo de la carretera debido a la excavación y el relleno durante la exploración y deben soportar adecuadamente los esfuerzos transmitidos por las cargas de tráfico repetidas durante el tiempo en que se forma la estructura del pavimento. Monsalve et al., (2012) se clasifican en: pavimentos flexibles, semirrígido, rígidos.

Para esta investigación según estas clasificaciones se ejecutó para un pavimento flexible por lo tanto se hará el diseño de la estructura característica receptivo. Citado según los investigadores sobre el pavimento flexible.

Monsalve et al., (2012) “Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra.” (p. 22)

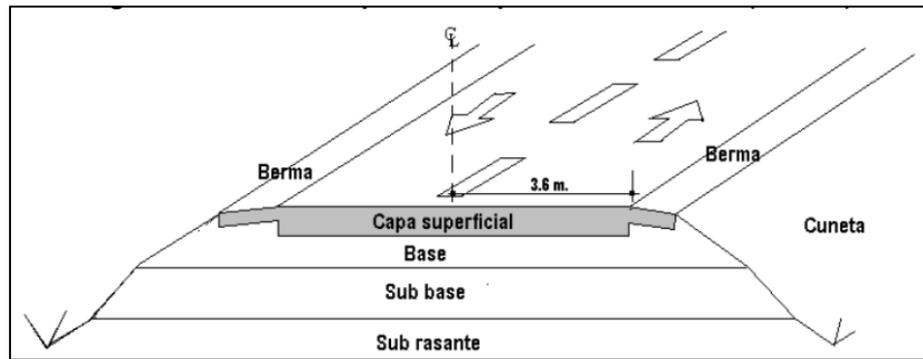


Figura 1. Estructura característica de un pavimento flexible.

2.2.2. Sub base Granular

Esta obra consiste en la construcción de una o más capas de material granular, natural o modificado, debidamente aprobado, colocado en una extensión terminada. Los materiales certificados se obtienen de canteras u otras fuentes. Comprende la provisión, transporte, colocación y compactación de materiales según lo especificado en el plan de proyecto, aprobado por el director del proyecto y de acuerdo con la orientación, pendiente y dimensiones, adquiriendo en cuenta lo determinado en el plan de manejo ambiental. MTC, (2013)

Esta es una capa habitualmente compuesta de materiales granulares adecuadamente clasificados y compactados, elaborada sobre el subsuelo, para constituir una capa de soporte para la base del pavimento asfáltico. Su empleo principal es soportar las fuerzas transmitidas por la carga del vehículo a través de las capas principales y transferirlas completamente a las capas menores. Kari & Olortegui, (2019)

2.2.2.1. El material para la sub base

Los materiales para la reconstrucción de la sub base granular corresponderán integrar las exigencias correctos tabla 1. Por lo demás, obligarse ajustarse a una de las obligaciones granulométricas adecuadas en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos granulométricos para la sub base granular

TAMIZ	GRADACIÓN	GRADACIÓN	GRADACIÓN	GRADACIÓN
	A	B	C	D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N°4)	25-55	30-60-	35-65	50-85
2.0 mm (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
42.5um (N°40)	08-20	15-30	15-30	25-45
75um (N°200)	02-08	05-15	05-15	08-15

Fuente: ASTM D 1241

La curva de Gradación "A" deberá utilizar en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

Tabla 2. Requisitos para los ensayos especiales material de sub base granular

ENSAYO	Norma	< 3000msnm	≥ 3000msnm
Abrasión	MTC E 207	50% máx.	50% máx.
CBR	MTC E 132	40% min	40% min
Limite liquido	MTC E 110	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad	MTC E 111	6% max	4% max
Equivalencia de arena	MTC E 114	25% min	35% min
Sales solubles	MTC E 219	1% max	1% max
Particular chatas y alargadas	MTC E 211	20% max	20% max

Fuente MTC, (2013)

2.2.3. Ensayos de laboratorio

Esta sección también incluye información sobre procedimientos generales de laboratorio que los estudiantes pueden usar e instrucciones sobre cómo preparar informes de laboratorio que también serán útiles. Los estudiantes deben leer esta sección detenidamente y consultarla con regularidad para asegurarse de informar bien y considerar métodos gráficos para presentar la información según sea necesario para desarrollar curvas en prácticas particulares. Bowles, (1981)

2.2.3.1. Contenido de humedad

La humedad o contenido de agua del suelo es la relación entre el peso del agua en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, expresado como porcentaje. viene determinada por la siguiente fórmula:
Universidad Continental, (2017)

$$w\% = \frac{W_w}{S} * 100 \quad \text{Por ciento.}$$

Dónde:

- W = Contenido de humedad
- W_w = Peso del agua
- S = Peso seco del material

2.2.3.2. Análisis granulométrico por tamizado

El análisis de tamaño de partículas consiste en separar las partículas del suelo según el rango de tamaño utilizando una malla o tamiz con aberturas cuadradas. Las partículas se rompen por agitación y se pesan. Las partículas retenidas se expresan como porcentaje del peso total de la muestra. Aunque se cree que es físicamente imposible determinar el tamaño exacto de cada partícula, las pruebas de granulometría nos han permitido determinar el rango de tamaño. La malla 200 (0,075 mm) se establece comúnmente como la dimensión de separación para la clasificación del suelo. Fino y grueso. Botia, (2015)

Tabla 3. Tamaño de las partículas

Material	Característica	Tamaño (mm)
Piedra	---	>70
Grava	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Polvo	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
Limo	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra Arcilla	---	<0.0002

Fuente: Juárez & Rico, (2005)

2.2.3.3. Límites de consistencia

- **Límite líquido**

Botia, (2015) El límite líquido se define como el porcentaje de humedad del suelo en el que se produce el comportamiento plástico. Cuando el suelo alcanza un contenido de humedad que excede el límite líquido, se comporta como un líquido viscoso.

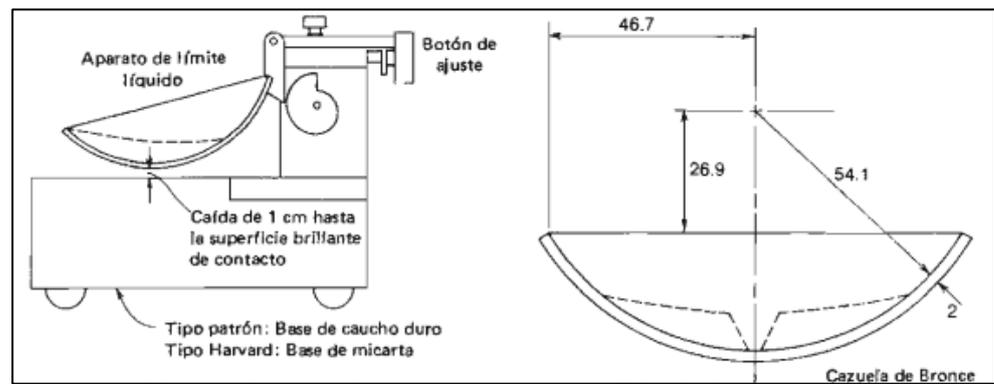


Figura 2. Detalles de construcción y dimensiones del aparato de límite líquido Bowles, (1981)

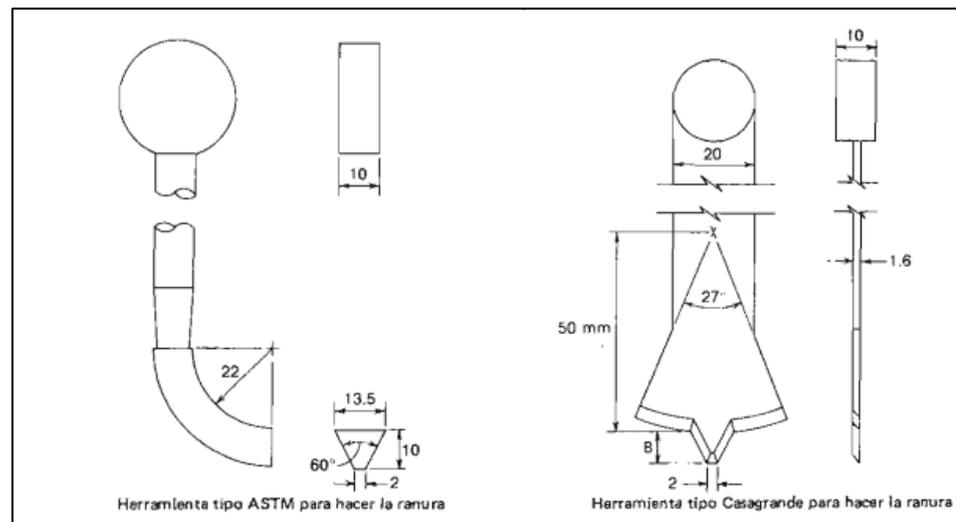


Figura 3. Herramientas ranuradoras Bowles, (1981)

Contiene el orden de valores de límite líquido, se halló que $\tan \beta = 0.121$

reflejó un buen acercamiento, de donde se puede enunciar la primera ecuación como:



$$LL = Wn \left(\frac{n}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

W_N = contenido de humedad al número de golpes N obtenido en el ensayo.

β = pendiente de la recta característica en el gráfico semilogarítmico W vs. logN

- **Límite plástico**

Botia, (2015) El límite plástico fue definido por Atterberg como el límite que existe entre los estados plástico y semisólido del suelo. En terminología de laboratorio, este límite se define como el momento en que un rollo de aproximadamente 3 mm de diámetro comienza a desmoronarse y agrietarse. Es importante destacar que el diámetro del rollo fue sugerido por Terzaghi, ya que Atterberg nunca especificó este parámetro.

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{peso del suelo seco al horno}} \times 100$$

- **Índice de plasticidad**

Se puede precisar el índice de plasticidad de un suelo como la sustracción entre su límite líquido y su límite plástico.

$$IP = L.L. - L.P.$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

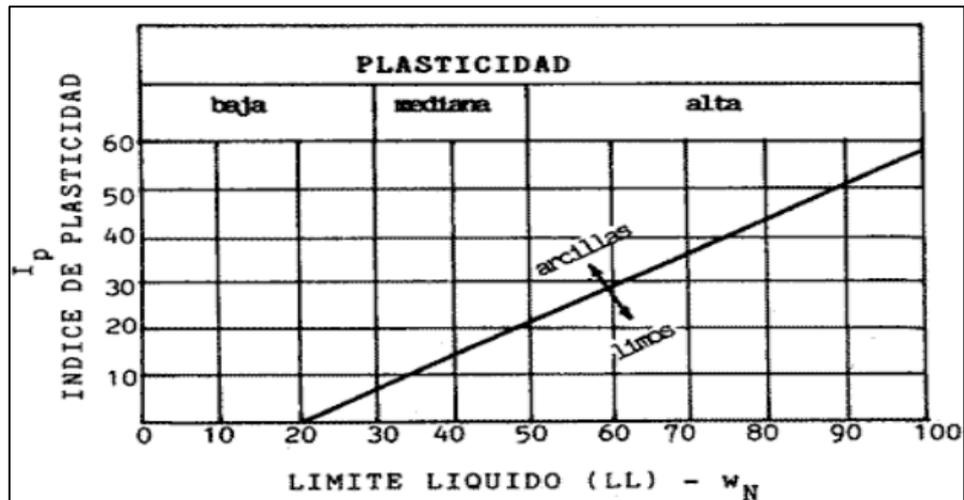


Figura 4. Índice de plasticidad Juárez & Rico, (2005)

Tabla 4. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelo muy arcilloso
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelo poco arcilloso
$IP = 0$	No Plástica (NP)	Suelos exentos de arcilla

2.2.3.4. Proctor modificado

Citado por Maron, (2015) El término presión se utiliza para describir el proceso de condensación de la materia por medios mecánicos. Se logra una mayor densidad reduciendo el conjunto de aire en el espacio del material y conservando una humedad relativa constante. Se muestra algunos aspectos:

- Incrementa la resistencia al corte, mejorando así la estabilidad de la presa y la capacidad portante de la cimentación y pavimento.
- Reduce la compresión y por lo tanto reduce la estabilidad.
- Baja relación de vacío y por lo tanto permeabilidad.



- Disminución de la capacidad para expandirse, contraerse o expandirse por congelación.

Los resultados obtenidos de la prueba proporcionan una curva donde el pico más alto indica el contenido de humedad óptimo en el que el suelo alcanza su máxima densidad seca. A través de las pruebas, puedo determinar que la compactación es generalmente más efectiva en materiales bien clasificados con cantidades más pequeñas que en materiales clasificados uniformemente sin finos.
(p.38)

Materiales:

- Molde de compactación:
- Martillo de compactación

2.2.3.5. Relación de soporte de california ratio CBR.

- **Ensayo de C.B.R. (Nch 1852)**

Citado por Maron, (2015) El número CBR logrado es la unidad de kg/cm² (libras por pulgada cuadrada (psi)) requerida para lograr la profundidad de penetración especificada de un pistón (con un área de 19,4 centímetros cuadrados) en una muestra comprimida. la carga sobre el suelo a un contenido de humedad y densidad dados en relación con la carga unitaria estándar requerida para lograr la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, que se expresa mediante la fórmula.

$$CBR = \frac{Carga\ unitaria\ de\ ensayo}{Crga\ unitaria\ de\ patron} \times 100$$

El ensayo de CBR se maneja para formar una relación entre el proceder de los suelos principalmente manejados como bases y sub. Rasantes bajo el

pavimento de carreteras y aeropistas, la siguiente tabla 5 da una clasificación típica: (p.40)

Tabla 5. Clasificación de suelos para la infraestructura del Pavimentos

CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
0 – 3	Muy pobre	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 – 20	Regular	Sub-base	OL,CL,ML,SC,SM,GP	A2,A4,A6,A7
20 – 50	Bueno	Base, sub-base	GM,GC,W,SM,SP,GP	A1b,A2-5,A3,A2-6
	Excelente	base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

2.2.4. Clasificación de los suelos

2.2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

El sistema de clasificación de USCS se basa en determinaciones de laboratorio de la distribución del tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad. Este sistema de clasificación también se basa en el gráfico de plasticidad obtenido a través de investigaciones de laboratorio por A. Casagrande (1932). Citado por (Duque, 2003)

La Tabla (6) muestra los factores a observar en la clasificación de un suelo de acuerdo con el sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Fundamentalmente un suelo es:

Tabla 6. Clasificación del suelo de acuerdo a SUCS Bowles, (1981)

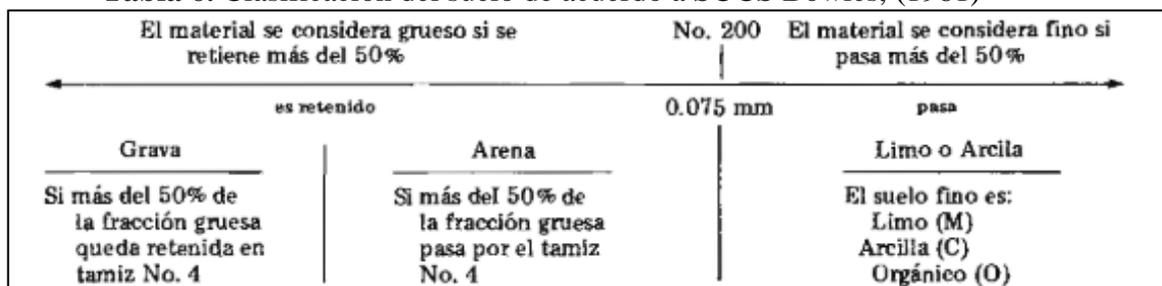


Tabla 7. Sistema unitario de clasificación de suelos SUCS Bowles, (1981)

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW. LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla.		
		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		
		SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		
		ARENAS LIMPÍAS Poco o nada de partículas finas	SW		Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.
			SP		Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.
		ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GM		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.
			GC		Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla.
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.		
		CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

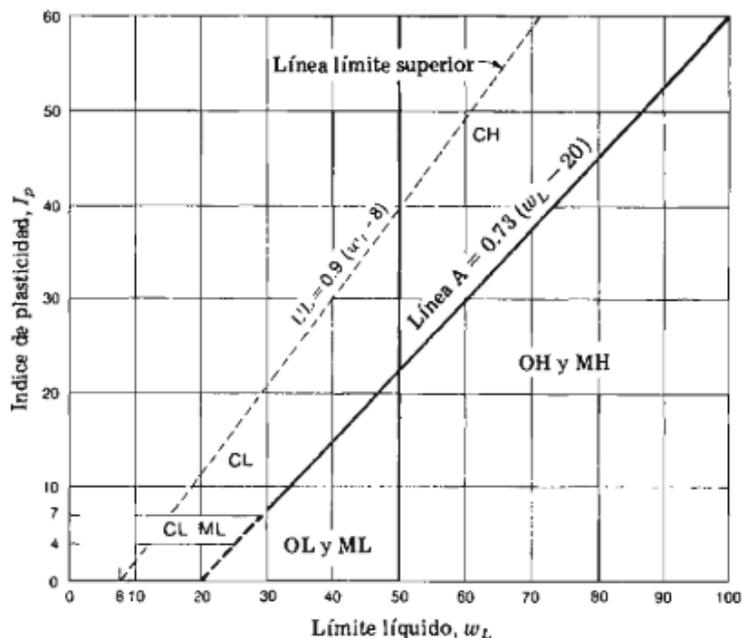
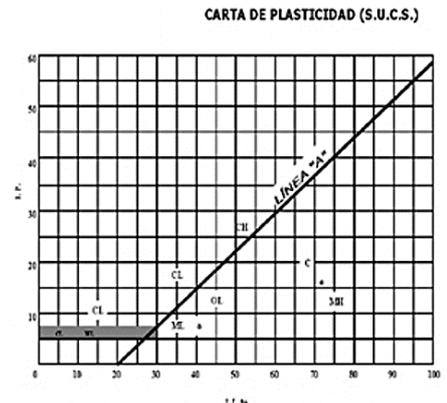


Figura 5. La plasticidad Bowles, (1981)

Figura (5) Gráfico de plasticidad manipulado con la Tabla (7) para la Clasificación Unificada de Suelo.

Los límites líquido y plástico se elaboran sobre material correspondiente a la fracción menor del tamiz No. 40 de todos los suelos, conteniendo gravas, arenas, y suelos finos. Estos límites se emplean con la carta de plasticidad (Casagrande) para establecer el prefijo M, O, ó C. dependiendo de la situación de las coordenadas de plasticidad del suelo dentro de la carta.

Tabla 8. Los tipos de prefijo y sufijo de los suelos

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUB GRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobremente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Alta plasticidad	L
Turba	Pt	Baja plasticidad	H

2.2.4.2. clasificación de suelos AASHTO

El sistema de clasificación de la Asociación Estadounidense de Oficiales de Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO) (designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, sub rasantes, sub bases y bases de las carreteras. Citado por (Duque, 2003)

“Este sistema de clasificación está basado en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el límite plástico”. Citado por (Duque, 2003)

Tabla 9. Sistema de clasificación AASHTO

DIVISIÓN GENERAL	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
GRUPO	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 ⁽²⁾	A-7-6 ⁽³⁾
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO: (% que pasa por cada tamiz)												
N° 10 (2mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 40 (0,425mm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 200 (0,075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
ESTADO DE CONSISTENCIA (fracción de suelo que pasa por el tamiz N° 40)												
Límite líquido	-	NP ₍₁₎	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad	6 máx		10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	4 máx		8 máx	12 máx	16 máx	20 máx			
TIPOLOGÍA	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas o limosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTA A BUENA							POBRE A MALO				

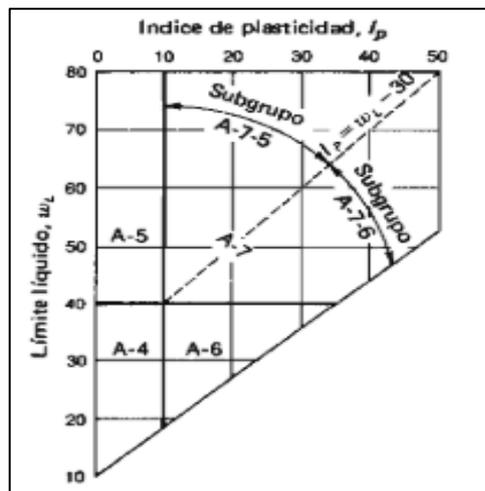


Figura 6. Rangos de límite líquido e índice de plasticidad para los grupos de suelos A-4, A-5, A-6 y A-7.



Tabla 10. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.

Clasificación de Suelos AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487
A-1.a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: MTC, (2013)

2.2.5. Estudio de canteras

En mi trabajo de investigación se realizó el estudio de dos canteras para la conformación de la base y en lo específico para el estudio se hace para capa de sub base donde se determinó las características físico mecánicas en laboratorio.

MTC, (2014) El interés por estudiar de las fuentes de materiales de donde se obtendrán agregados para diversos usos primeros como mejoramientos de suelos, terraplenes, afirmado, agregados para rellenos, sub base y base granular, agregados para tratamientos bituminosos, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto, es establecer sí los agregados son o no aptos para el tipo de obra a utilizar, en este sentido, es necesario determinar las propiedades de los áridos mediante la preparación de los correspondientes ensayos de laboratorio.

2.2.5.1. Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales de cantera son validados según el Manual de Ensayos de Materiales Viales del MTC, Manual Vial: Suelos, Geología, Ingeniería Geotécnica y Pavimentos Sección: Suelos e Ingeniería General de conformidad con las normas de construcción. MTC, (2014)

- **Ensayos estándar.**

Tabla 11. Los ensayos estándar para material sub base

Material de sub base	
Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D-422, MTC E 107
Material que pasa la Malla N° 200	ASTM C-117, MTC E 202.
Límite Líquido Malla N° 40	ASTM D-4318, MTC E 110.
Límite Plástico Malla N° 40	ASTM D-4318, MTC E 111.
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación de Suelos	AASHTO M-145, ASTM D-3282
Contenido Sales Solubles Totales	MTC E 219.
Materia Orgánica en Arena	ASTM C-140, MTC E 213.
Partículas Chatas y Alargadas	ASTM D-4791
Porcentaje de Caras de Fractura	ASTM D-5821, MTC E 210.

- **Ensayos especiales.**

Tabla 12. Los ensayos especiales para material de sub base

Material de sub base	
California Bearing Ratio (CBR)	ASTM D-1883, MTC E 132; o Módulo resiliente de materiales de subbase granular sin tratar, ensayo AASHTO T 292; o Módulo Resiliente de Materiales de suelos y agregados, ensayo AASHTO T 307.
Ensayo de Abrasión Los Ángeles	ASTM C-131, MTC E 207.
Equivalente de Arena	ASTM D-2419, MTC E 114.
Proctor Modificado	ASTM D-1557, MTC E 115.

2.2.6. Control de densidad de campo (método cono de arena)

El cono de arena consta de una unidad desmontable que consta de una válvula conectada a un embudo de metal, un recipiente de arena con un cono de metal, una placa de metal cuadrada o rectangular con un orificio central y un embudo receptor. La prueba consistió en colocar la placa de metal sobre la superficie de la tierra donde se iba a obtener el peso unitario del sitio, una vez asegurada se excavó un hoyo, todo el material de la excavación se selló en un frasco para evitar la pérdida de humedad. (Zeta, 2019)

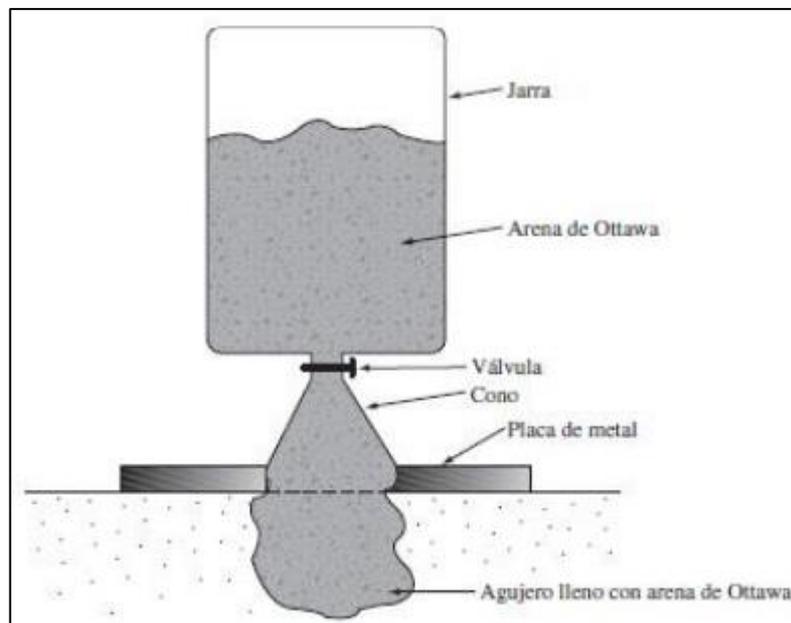


Figura 7. Método cono de arena (Zeta, 2019)

➤ Cálculos:

1. Calcular el volumen del orificio de la prueba mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{(M_1 - M_2)}{\rho_1}$$

Donde:

V = Volumen de orificio de prueba, cm³

M1 = Masa de la arena utilizada para llenar el orificio de prueba, embudo y plato de base, g.



M_2 = Masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato de base, gr.

ρ_1 = Densidad del volumen de arena, g/cm^3

2. Calcular la masa seca del material extraído del orificio de prueba:

$$M_4 = \frac{100 * M_3}{(W + 100)}$$

Donde:

W = Contenido de humedad del material extraído del orificio de prueba, %

M_3 = Masa húmeda del material del hueco de ensayo, gr.

M_4 = Masa seca del material del hueco ensayado, gr.

3. Calcular la densidad húmeda y seca in-situ del material ensayado:

$$\rho_m = M_3 / V \text{ y } \rho_d = M_4 / V$$

Donde:

V = Volumen de orificio de prueba, cm^3

M_3 = Masa húmeda del material del hueco de ensayo, gr.

M_4 = Masa seca del material del hueco ensayado, gr.

ρ_m = Densidad húmeda del material ensayado, o su peso unitario húmedo γ_m , en g/cm^3

ρ_d = Densidad seca del material ensayado, o su peso unitario seco γ_d , en g/cm^3

4. Es preferible formular la densidad in-situ como un porcentaje de alguna otra densidad. Esta relación puede establecerse partiendo la densidad in situ entre la densidad de laboratorio multiplicándola por 100.



Figura 8. Ensayo cono de arena

2.3. GEOLOGÍA REGIONAL

En el área de estudio afloran rocas cuyas edades van del Paleozoico al Cuaternario, el Paleozoico inferior está representado por: la Formación Ananea que aflora en una extensión menor hacia el extremo NE del área, el Paleozoico Superior está representado por los Grupos Tarma, Copacabana y Mitu. Afloran en forma desordenada en zonas pequeñas y distantes. El Mesozoico está representado por areniscas cuarzosas del Fm. Huancané, y Fm Hanchipacha. El Cenozoico está representado por ignimbritas de la formación Quenamari, que afloran, afectan y abarcan la mayor extensión de la zona. Se tiene también una serie de depósitos morrénicos, fluviales, fluvio-glaciares y aluviales que completan la estratigrafía el área. Mamani, (2017)

2.4. ESTRATIGRAFÍA DE MACUSANI

Se tomó como referencia el boletín de INGEMMET para la estratigrafía de las formaciones rocosas que se presenta a continuación.



2.4.1. Formación Ananea

(INGEMMET, 2021) Definición y relaciones estratigráficas: Fue identificado por Laubacher (1974) en el camino Ananea-Cuyo Cuyo como secuencias predominantemente de pizarras negras y cuarcitas con fósiles indeterminados. Debido a su posición estratigráfica, asignó el Silúrico medio a la edad del Devónico. El contacto con la Formación Sandia y el Grupo Ambo es a través de fallas inversas.

Litología y ambiente sedimentario: En el sector norte del Cuadrángulo Macusani (láminas 29v1 y 29v4) consiste en filita negra, pizarras grises con pequeñas capas intermedias de arenisca mica gris. Al suroeste de Carlos Gutiérrez (Cosmitira), se ha levantado una columna parcial de la Formación Ananea donde la parte inferior del miembro no aflora. La base de la columna comienza con estratos de areniscas de cuarzo cremosas con base erosiva y lutitas negras. Las areniscas pueden ser masivas o paralelas y oblicuas. La abundancia de esquistos no está clara, pero las bandas de arenisca tienen un espesor de hasta 100 m.

2.4.2. Grupo Copacabana

(INGEMMET, 2021) Definición y relaciones estratigráficas: Descrito por Douglas (1920) como una secuencia de calizas pelíticas en el área de Copacabana, el nombre Copacabana fue sugerido por Cabrera La Rosa y Petersen (1936). Posteriormente, Newell (1949) propuso el uso del grupo Copacabana para estas secuencias, aunque permanecen indivisibles en el área de estudio. Está expuesto principalmente como el núcleo de grandes depresiones en el Cuadrángulo de Makusani (Hoja 29c) con afloramientos moderadamente extensos. En cambio, en el cuadrilátero Limbani (hoja 29x), el contacto con el grupo Tarma es progresivo o con una ligera desviación angular. Además, se encuentra directamente en



desalineación angular con los afloramientos de la Serie Ambo en algunas áreas. Su espesor aproximado es de 600 m.

Litología y ambiente sedimentario: En el Cuadrángulo Macusani, los afloramientos encontrados en la hoja 29v1 entre las localidades Ajoyani-Ituata, Ajoyani-Carlos Gutiérrez y Ajoyani-Kenyuani consisten en calizas grises wackstone-packstone. Pueden ocurrir en concreciones de pedernal de piedra caliza o en capas. Las capas tienen un espesor de 0,5 a 2 m y están intercaladas con lutita negra en algunos lugares.

2.4.3. Grupo Mitu

(INGEMMET, 2021) Definición y relaciones estratigráficas: Fue descrito por Mc Laughlin (1924) como una secuencia molásica del Pérmico que aflora en Cerro de Pasco. Se encontraron afloramientos en el cuadrángulo de Macusani (hoja 29v) y en la hoja 29x3 del cuadrilátero de Limbani (hoja 29x) en el área de estudio; radica en el desacuerdo erosivo y con el Grupo Copacabana. El espesor del Grupo Mitú es de aproximadamente 2000 m.

Por otro lado, al sureste de Macusani (Cerro Jatun-Auquirisca) se presentan rocas volcánicas afaníticas de textura suelta. En la capa 29v3, se encuentran lavas de color púrpura con textura de pórfido alrededor del Cerro Antacalla, que contienen cristales de plagioclasa de 0,02 m de largo orientados en la dirección del flujo.

La litología en estos sectores consiste en areniscas rojas de cuarzo-feldespatos que pueden estar estratificadas de forma paralela u oblicua. Además, existen capas de conglomerados polimícticos con fragmentos de areniscas cuarzosas, calizas y cuarcitas, que se encuentran envueltos en una matriz de



areniscas rojas con cemento calcáreo. La forma de los fragmentos varía de semicircular a casi angular con un diámetro de menos de 0,05 m.

2.4.4. Depósitos

2.4.4.1. Depósitos Aluviales

INGEMMET, (1996) Consiste en grava irregular y arena que flanquean valles jóvenes que forman los ríos y arroyos de la zona.

2.4.4.2. Depósitos Fluviales

INGEMMET, (1996) son depósitos se hallan situados en los fondos y riberas de los ríos. Estos depósitos corresponden a material encontrado en el fondo de los valles principales y consisten en grava con capas de grava y arcilla.

2.5. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Las características geomórficas actuales del área son el resultado de procesos endógenos (orogénicos) y exógenos (meteorización). Estos siglos geológicos son intervenidos cada año, también por factores humanos. Su relieve es accidentado ya que incluye el cinturón sub andino de cerros que van aumentando gradualmente en altitud desde los 3900 m.s.n.m hacia el noroeste. Hasta 5054 m.s.n.m. en el área de estudio Su topografía accidentada es el resultado de la fuerte bisección de los numerosos cursos de agua que la recorren. Esta es una zona de intensa erosión fluvial, el valle es joven y en forma de V, con un fondo angosto y paredes laterales escarpadas. Las estructuras estratificadas, plegadas y falladas son prominentes debido al clima lluvioso de la región ya la intensa erosión fluvial. La pendiente del río es empinada y el caudal aumenta durante la temporada de lluvias. (INGEMMET, 1996)

2.6. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La Cordillera Oriental cubre la parte nor-oriental y central del cuadrángulo; tiene una orientación preferencial NO-SE; en ella, se encuentran la faja cordillerana de Aricoma, la ladera cordillerana de Inambari, así como diversos valles fluviales y fluvio-glaciares que surcan a estas laderas. La Pre cordillera de Carabaya se ubica en el sector nor-occidental y sur central de la zona de estudio, muestra también un rumbo NO-SE, su morfología tiene un relieve accidentado, observándose zonas de depresión, lomas, colinas, cumbres y una plataforma volcánica.

Tabla 13. unidades geomorfológicas

Sistema	Unidades	Descripción
Fluvial	Cauces fluviales	Fenómenos geológicos por el agua de escorrentía, estos procesos se desarrollan en tres etapas erosión, transporte y sedimentación.
	terrazas	Terrazas aluviales (pampas), formados por acumulación fluvial gravas y arenas redondeadas.
	Depósitos aluviales	Depósitos acumulados en los cauces de los ríos, constituido por materiales arrastrados por los ríos y quebradas.
Sedimentario	Colinas altas	Se encuentran en las zonas circundantes elevadas, con modelado abrupto
	Colonas medias	Ubicado en la parte intermedia con pendiente media que van de 35° a 65°
	Colinas bajas	Se formaron en las partes más bajas con laderas suaves que gradualmente pasan a formar planicies.

Fuente: elaboración propia

2.7. GEOLOGÍA LOCAL

El tramo de estudio, está conformada por secuencias sedimentarias y metamórficas que constituyen parte de la cuenca sub andina. está compuesto de pizarras



gris oscuras, azuladas laminadas y foliadas con niveles micáceos, estratificados con lutitas y areniscas cuarzosas de grano fino de la formación Ananea en la zona evaluada se encuentra una formación rocosa. Conformado por una secuencia de calizas micriticas de color gris clara con niveles de dolomita formación Copacabana se encuentra en el tramo evaluado. Compuesto de areniscas arcósicas de grano medio a conglomerado en los niveles inferiores, seguido de lavas andesíticas y lavas basálticas de color rojizo del grupo Mitu en el tramo evaluado se encuentra en taludes de corte y muy próximos a la zona pavimentada.

2.8. MARCO CONCEPTUAL

2.8.1. Control de calidad

MTC, (2013) “El concepto como una manera directa de garantizar la calidad del producto construido. Así mismo el Contratista debe realizar su propio control de la calidad de la obra” (p. 39)

2.8.2. El pavimento flexible

MTC, (2014) “Es una estructura compuesta por capas granulares (sub base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos” (p. 25)

2.8.3. Mecánica de suelos:

Juárez & Rico, (2005) “La mecánica de suelos constituye una rama de las matemáticas aplicadas, pero es indudable que hay campo para investigar en ella muchos problemas analíticos están pendientes de solución” (p. 15)

2.8.4. Pavimento:

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y disipar esfuerzos originados por los vehículos y optimizar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo



general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. MTC, (2014)

2.8.5. Sub base:

Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. A demás se aplica como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($CBR \geq 40\%$) MTC, (2014)

2.8.6. Mejoramiento:

Otazu, (2021) “Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía, mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y la transformación de una carretera de tierra a una carretera afirmada” (p. 15)



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó de una perspectiva metodológica como es el enfoque cuantitativo, porque se aplica valores numerales en los datos son una recolección de campo, luego esas muestras se llevaron a laboratorio, donde se elaboró el ensayo de las propiedades físicas, químicas y mecánicas, posteriormente la comprobación con el manual del MTC de 2013 de especificaciones técnicas.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es descriptivo ya que admite representar las características de las canteras, así mismo habilitara registrar y estudiar las características físicas y mecánicas, del material granular que se utilizó para la conformación de la capa sub base

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental donde se observó de manera natural, en los estudios de campo debido a que busca especificar propiedades, características, físicas y mecánicas de las canteras como material.

3.4. TIPO DE ANÁLISIS

3.4.1. Investigación de campo

El tipo de investigación es de campo constituye básicamente en la parte más principal de los saberes de la geología y geotecnia porque constituyen la parte esencial de los estudios de los agregados existentes en las canteras, de ellos se obtienen los parámetros y características físicas y mecánicas, para luego



cuantificar las condiciones de los agregados, para la conformación de la capa base y para esta investigación me enfoque en lo especial la capa sub base.

El propósito de la investigación es cuantificar las clasificaciones geotécnicas de las canteras para la conformación de la carretera Macusani (inicio) hasta Abra Susuya (finaliza) de la progresiva 00+00 hasta 26+380 kilómetros, para ello se realizó la evaluación geotécnica para la conformación de la capa sub base granular componente para el pavimento flexible para ello se cumplió con las normas, las especificaciones técnicas del ministerio trabajo y comunicaciones.

3.4.1.1. Ensayos de laboratorio

Los ensayos se realizaron en laboratorio de acuerdo a los estándares del manual del ministerio de transportes y comunicaciones los que se realizaron son contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, límites de consistencia, proctor modificado, relación de soporte de california ratio (CBR) y partículas chatas alargadas.

3.4.1.2. Clasificación de los suelos

clasificaciones de SUCS y AASHTO donde se clasifico el tipo de material nos ayuda a determinar los tipos de suelos para la conformación de la capa sub base se obtuvo mediante los ensayos ejecutados en laboratorio.

3.4.1.3. Estudio de canteras

En mi trabajo de investigación se realizó el estudio de tres canteras para la conformación de la base, sub rasante y en lo específico para el estudio se hace para capa de sub base donde se determinó las características físico mecánicas en laboratorio.

Para determinar qué canteras medir, se cumplieron las especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), de las cuales se



seleccionaron dos canteras. Además, los agregados granulares encontrados en estas canteras indican una mejor disponibilidad para ser extraídos. Se han seleccionado las siguientes canteras:

- Cantera Km 23 + 500.
- Cantera del río Macusani

3.4.1.4. Se realizó método cono de arena

El control de calidad del trabajo para tener en cuenta la evaluación de la sub base. En la carretera Macusani – Abra Susuya, desde el kilómetro 16+000 hasta 26+380 se ejecutó cada 50 metros el control de calidad derecho e izquierdo con el cono de arena para la capa sub base.

3.5. INSTRUMENTOS

- GPS (sistema de posición global)
- Wincha
- Bolsa de muestras
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Estación total
- Martillo de geólogo
- Pala manual
- Tablero
- Planos (regionales y locales)
- Protactor.



CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. GENERALIDADES

4.1.1. Ubicación

Políticamente el proyecto se ubica en la región Puno, provincia de Carabaya, distrito de Macusani; su altitud esta entre 4500 a 4377 msnm. Las coordenadas UTM, con DATUM: WGS-84, ZONA: 19S,

Donde se ejecuto es en el distrito de Macusani del kilómetro 16+00 hasta Abra Susuya que termina la ejecución de la obra en el kilómetro 26+380

4.1.2. Accesibilidad

Por la vía terrestre se logra permitir al tramo desde Puno se llega por Juliaca vía por el cual se llega a Abra Sususya tal como se demuestra en la tabla 14.

Tabla 14. El tramo de vía de Puno - Abra

Tramo	Distancia (Km.)	Tiempo (min.)	Tipo de vía
Puno - Juliaca	45	45	Asfaltado
Juliaca - Macusani	150	130	Asfaltado
Macusani - Abra	27	40	Trocha
Total	222	215	

Fuente: elaboración propia

4.2. CLIMA Y TEMPERATURA

En la estación meteorológica de Macusani, situada a 4 345 m s. n. m., capital de la provincia de Carabaya, el clima es lluvioso y semifrío, con humedad deficiente en invierno, B(i)D'; la temperatura máxima se encuentra alrededor de los 12°C durante el año y las temperaturas mínimas alrededor de los 2°C en verano y - 6.5°C en invierno. En esta localidad se registra un acumulado anual de precipitación igual a 636 mm, presentando el mayor acumulado mensual en enero con 138.4 mm. Castro et al., (2021)

B(i)D' Lluvioso con invierno seco. Semifrío,

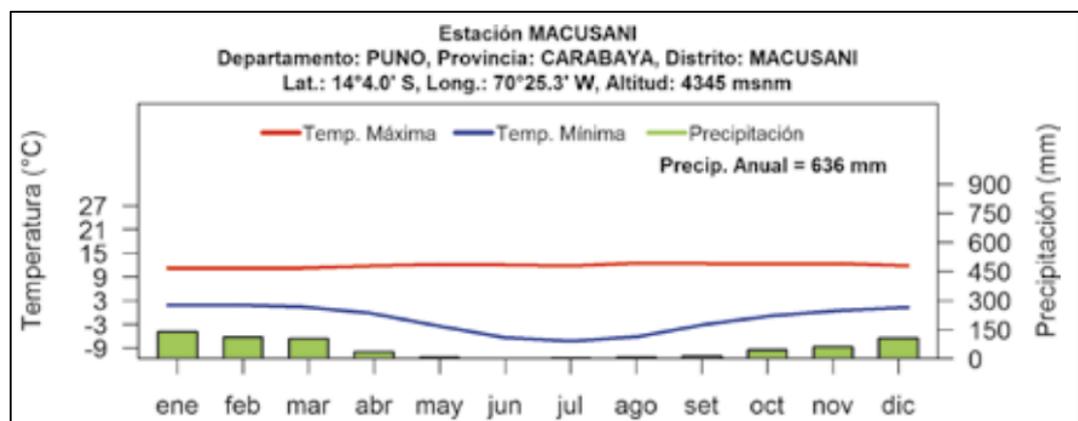


Figura 10. Temperaturas del aire y la precipitación Macusani Castro et al., (2021)

4.3. PRECIPITACIÓN

(Senamhi, 2021) La precipitación es mayor en verano, disminuye paulatinamente en otoño, menos en invierno, y aumenta paulatinamente en primavera, con una precipitación anual de 1085,55 mm.

4.4. HUMEDAD RELATIVA

(Senamhi, 2021) La humedad relativa promedio más alta se presenta en febrero con 87,3 %, la más baja en julio con 79,3 % y la media anual es de 83,4 %.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICA DE LAS CANTERAS

Para la designación de las canteras en estudio, se cumplió con las especificaciones técnicas que rigen del (MTC) de las cuales se seleccionó tres canteras de diferentes que brindan un óptima potencia y rendimiento del material granular estos son las siguientes canteras:

- Cantera Km 23 + 500.
- Cantera del río Macusani

En el tramo de estudio se describen las respectivas canteras para la conformación de bases y sub bases granulares se muestran lo siguiente. Donde se ven en los anexos tres los ensayos de laboratorio.

Tabla 15. Utilización de las canteras

N ^o	CANTERA	UBICACIÓN	EXPLORACIÓN	USOS	TRATAMIENTO
1	Cantera	Km 23+500	cargador frontal, excavadora y tractor oruga	Base y Sub base granular	Zarandeo y mezcla
2	Rio Macusani	Macusani 00+000	cargador frontal, excavadora y tractor oruga	Base y Sub base granular	Zarandeo y mezcla

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Cantera Km 23 + 500.



Figura 11. Se observa el zarandeo de material granular de cantera en la prog. 23+500.

- a. **Ubicación:** se encuentra ubicado en el Km 23 + 500 en la vía de ejecución perteneciente a la obra Macusani Abra Susuya en el ámbito de la provincia de Carabaya a una distancia de Kilómetro 23 + 500 aproximadamente.
- b. **Acceso:** con un acceso de 5 metros aproximadamente al lado derecho, con un tiempo recorrido de 20 a 25 minutos.
- c. **Descripción del material:** la cantera está conformado por Gravas bien graduada como también de mezcla de grava con poco y material fino, con partículas sub redondeadas de 4” - 5”, con un índice de plasticidad de 1.82%. La clasificación en el Sistema Unificado SUCS es GP – GM y A-1-a(0) en clasificación AASHTO. Estas en el anexo 02.
- d. **Potencia:** según la estimación de cantera 15000 m³ aproximadamente.
- e. **Rendimiento:** tiene su rendimiento de 90%

5.1.2. Cantera río Macusani



Figura 12. Se observa el acopio y transporte de material granular del río Macusani

- a. Ubicación:** se encuentra ubicado en el río Macusani en la progresiva 00+000 donde se inicia desde la ciudad de Macusani.
- b. Accesibilidad:** con un acceso de 23+000 kilómetros por lo que la vía es afirmada su tiempo de transporte es de 35 min. Aproximadamente.
- c. Descripción del material:** la cantera está conformado por Gravas bien graduadas, con partículas redondeadas a sub redondeadas de 4” - 5”, el material no presenta plasticidad. La clasificación en el sistema unificado SUCS es GW y A-1-a (0) en clasificación AASHTO. En el anexo 02 los resultados de laboratorio.
- d. Potencia:** 25000 m³ aproximadamente.
- e. Rendimiento:** tiene su rendimiento de 95%

5.1.3. Características físicas mecánica de las canteras

Los ensayos se realizaron de acuerdo a las especificaciones técnicas del MTC y clasificaciones de SUCS y AASHTO donde se clasifico el tipo de material nos ayuda a determinar los tipos de suelos para la conformación de la capa sub base.

a. Cantera Km. 23+5000

Tabla 16. Resultados de laboratorio de la cantera Km 23+500

CANTERA	% QUE PASA				CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS								
	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL %	LP %	IP %	SUCS	AASHTO	Densidad Max.	Optimo Contenido de humedad	Abrasión los ángeles	
Km 23+500	33.50	24.01	12.30	6.88	20.47	16.79	3.69	GP - GM	A-1-a(0)	2.16	7.7%	28.36	

De acuerdo con las especificaciones técnicas el porcentaje que pasa y el índice de plasticidad cumple especificaciones técnicas de material granular, la clasificación de SUCS del suelo de grava mal gradada poco de poco material de limo y de grava limosa, AASHTO los suelos granulares se halla en el grupo A-1, que específicamente es del subgrupo A – 1 – a conforme a los ensayos realizados en laboratorio se obtuvo el tipo de suelos granular que resulta a una mezcla bien graduada, gravas y arenas.

b. Cantera de río Macusani

Tabla 17. Resultados de laboratorio de la cantera de rio Macusani

CANTERA	% QUE PASA				CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS						
	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL %	LP %	IP %	SUCS	AASHTO	Óptimo Contenido de humedad	Abrasión los ángeles
Rio Macusani	48.40	35.45	10.32	1.85	18.13	NP	NP	GW	A-1-a(0)	2.30	23

La cantera es un material que tiene poco material limo y el índice de plasticidad es de material no plástico insuficiente de arcilla, clasificación de SUCS se adquirió el suelo de grava bien graduado (GW) y AASHTO los suelos granulares se halla en el grupo A-1, que específicamente es del subgrupo A – 1 – a conforme a los ensayos realizados en laboratorio se obtuvo el tipo de suelos granular que resulta a una mezcla bien graduada, gravas y arenas.

5.2. EVALUACIÓN DE LAS CANTERAS PARA EL DISEÑO PARA SUB BASE

La capa sub base es una capa que se une sobre la sub rasante, la capacidad de esto es que los esfuerzos verticales que se transfieren a través de las capas ya sea de la base y carpeta asfáltica, de material seleccionado a razón por la que los materiales que la satisfacen plasman requerimientos por las especificaciones técnicas (MTC).

Se ha elaborado mediante los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos que determinaron las características físicas del suelo se han estimado el diseño para sub base el uso de dos canteras, cantera km 23+500 y cantera rio Macusani que cumple con las especificaciones técnicas del diseño donde se encuentra en la franja granulométrica según normas técnicas será utilizado en un diseño km 50% y Densidad max. Óptimo contenido de humedad rio Macusani (Agregado) 50% por lo que es considerando para la conformación de la SUB BASE para el tramo km 16+000 AL km 26+380.

Tabla 18. diseño del material granular de las canteras km 23+500 y río Macusani.

Tamices ASTM	Abertura mm	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	Especificaciones
3"	75.000	Km 23+500		Agregado Rio macus		Mezcla	A
2 1/2"	63.000	50%		50%			
2"	50.000	100	100	100	100	100.00	100 - 100
1 1/2"	37.500	91.20	100	89.20	100	90.20	
1"	25.000	74.50	100	78.20	100	76.35	
3/4"	19.000	60.50	100	73.90	100	67.20	
1/2"	12.500	49.00	100	64.90	100	56.95	
3/8"	9.500	40.20	100	60.10	100	50.15	30 - 65
No.04	4.750	33.50	100	48.40	100	40.95	25 - 55
No.10	2.000	24.01	100	35.45	100	29.73	15 - 40
No.20	0.840	16.69	100	20.81	100	18.75	
No.40	0.425	12.30	100	10.32	100	11.35	8.00 - 20
No.100	0.150	8.46	100	3.30	100	5.88	
No.200	0.075	6.88	100	1.82	100	4.35	2.00 - 8.00
<No.200			100		100.0		

En la tabla 18 se representa el análisis de gradación “A” solicitada para la conformación de la capa de Sub base según el manual EG-2013 y la gradación adquirido del análisis granulométrico de la mezcla de las dos canteras. Se puede percibir el resumen que cumple con las especificaciones técnicas del diseño de la granulométrica de la cantera del Km 23 + 500 (50%) más cantera del río Macusani (50%). Los ensayos en el anexo 02 B.

a. Evaluación granulométrica

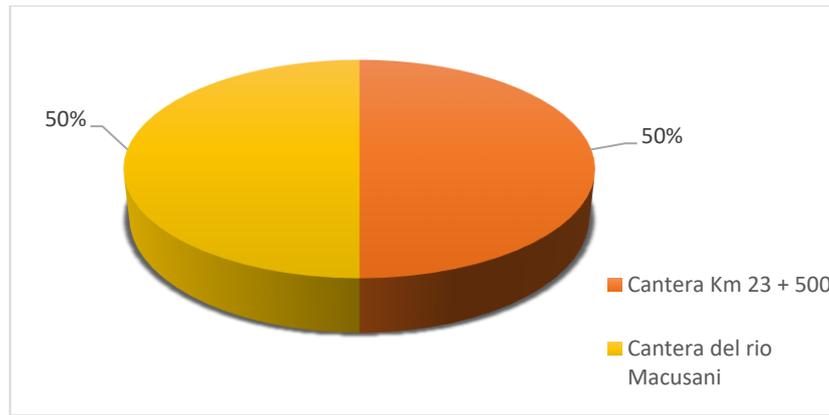


Figura 13. Diseño de sub base Cantera Km 23 + 500 y Cantera del rio Macusani

El diseño del material granular se estableció del 50% de cada uno de las canteras para la conformación de la capa sub base como se muestra en el anexo 2 en los resultados de los ensayos granulométricos y por lo tanto se hizo el diagrama como se aprecia en la figura 11.

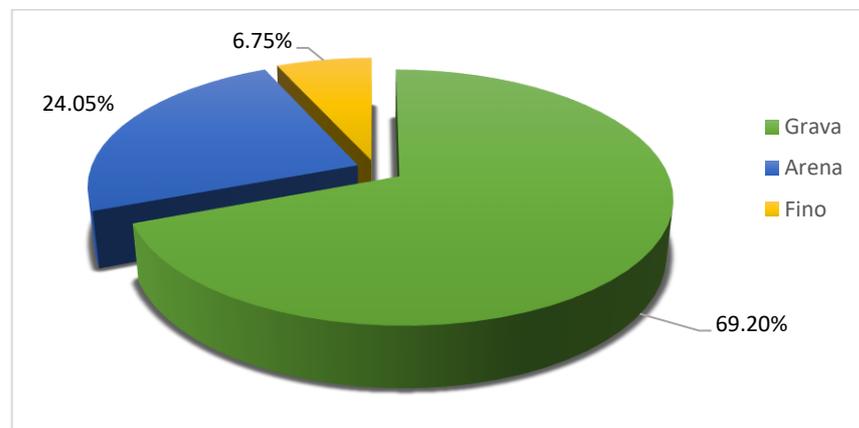


Figura 14. Porcentaje de la mezcla de las canteras Cantera Km 23+500 y Cantera del río Macusani

Se halla el rango de los suelos granulares estos son de la grava, arena y finos, los porcentajes se muestra de las mezclas de las dos canteras que son del Km 23+500 y rio de Macusani en la figura 15 se muestra los porcentajes.

b. Ensayo de índice de plasticidad

La siguiente tabla 19 se expone los resultados del Índice de plasticidad de los diseños de mezclas mostradas, para la conformación de la capa de sub base teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 19. Resumen de índice de plasticidad

Canteras	Límites de consistencia (ASTM D-424)		
	Limite liquido	Limite plástico	Índice de plasticidad
Km 23 + 500(50%) y río Macusani (50%)	18.13%	NP	NP

El índice de plasticidad de la muestra NP verificando con los requerimientos para sub base. Puesto que el índice de plasticidad nos menores por lo que corresponde a una baja plasticidad de suelo poco arcilloso, en el primer ensayo de las canteras Km 23 + 500 y río Macusani el (IP) resulta el tipo de suelo exentos de arcilla.

c. Ensayo de proctor modificado:

Cantera Km 23 + 500(50%) y Cantera del río Macusani (50%) la figura 15, presenta una la curva de compactación de suelos en laboratorio de la mezcla para la conformación de la capa de sub base.

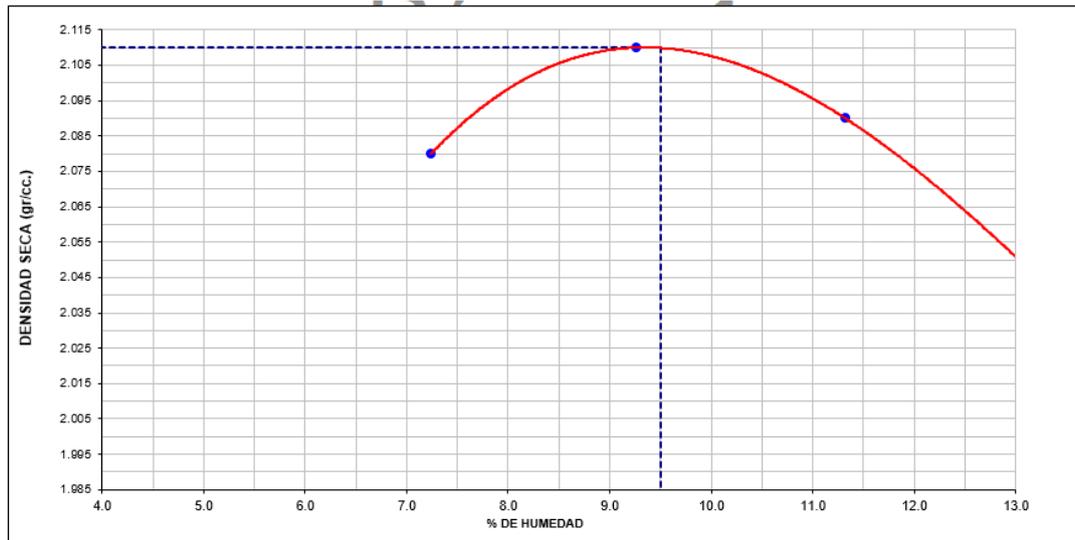


Figura 15. La curva de compactación Cantera Km 23+500(50%) y Cantera del río Macusani (50%)

Se puede observar que las dos mezclas propuestas para la conformación de la base tienen Densidad Seca Compactada Máxima de $\gamma_d = 2.20 \text{ gr/cm}^3$ y el contenido de humedad óptima es 8.10%

d. Valor relativo de soporte CBR

Tabla 20. Resumen de ensayo del valor relativo de soporte CBR

Canteras	Valor relativo de soporte (CBR) (ASTM D-1883)	
	CBR 0.1" al 100%	CBR 0.1" al 95%
Km 23 + 500(50%) y río Macusani (50%)	80.7%	55.00%

Se tiene un CBR de 80.70% al 100% y 55% al 95% de la máxima densidad seca para una penetración de 0.1", por lo que el agregado satisface con las especificaciones mínimas para sub base.

e. Equivalencia de arena

Tabla 21. Equivalencia de arena en las dos relaciones para la sub base granular

Equivalente de Arena (ASTM D-2419)	Resultado promedio
Cantera Km 23+500(50%) y Cantera del río Macusani (50%)	46.7%

La tabla nos muestra que para los requisitos específicos de la sub base granular, el equivalente de arena para una altura ≥ 3000 msnm (en la región de Puno =3827) es 35% como mínimo por lo cual nuestro el ensayo está cumpliendo puesto que indica que el equivalente de arena realizados durante los procesos se obtiene 40 % y 39.3% que el material es apto para en la utilización en la subbase granular.

f. Partículas chatas y alargadas

La siguiente tabla, presenta los resultados de Partículas Chatas y Alargadas de las dos mezclas evidentes para la conformación de la capa de sub-Base según la EG-2013, adquiriendo que resulta lo siguiente:

Tabla 22. Determinación de las partículas chatas y alargadas
Determinación de las partículas chatas y alargadas

(ASTM D-2419)	Resultado promedio
Cantera Km 23 + 500(50%) y Cantera del rio Macusani (50%)	3.52%

En la tabla nos indica que para los requerimientos especiales de la sub base granular, el ensayo para la determinación de las partículas chatas y alargadas para una altura < 3000 msnm (en la región de Puno =3827) es 20% como máximo por lo cual nuestro ensayo está cumpliendo puesto que presenta la determinación de las partículas

chatas y alargadas el estudio de las canteras en total el porcentaje de partículas chatas y alargadas es de 3.52% cumpliendo los requerimientos mínimos para ser usados en la sub base granular.

5.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA SUB BASE

El control de calidad de los estudios para la presente evaluación de la capa sub base; en el tramo que se evaluaron del kilómetro de inicio km 16+000 hasta 26+380.

5.3.1. Material granular sub base

La Sub Base es la capa granular localizada entre la Sub rasante y la base en pavimentos flexibles o rígidos y ocasionalmente, sobre todo en pavimentos rígidos, se puede prescindir de ella.

En cuanto a materiales se podría usar partículas limpias con Suelos tipo grava arenosa, arenas arcillosas o Suelos similares, además debe cumplir las siguientes características (ver tabla 23).

Tabla 23. Requisitos para los ensayos especiales material de sub base granular

ENSAYO	Norma	< 3000msnm	≥ 3000msnm
Abrasión	MTC E 207	50% máx.	50% máx.
CBR	MTC E 132	40% min	40% min
Limite liquido	MTC E 110	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad	MTC E 111	6% max	4% max
Equivalencia de arena	MTC E 114	25% min	35% min
Sales solubles	MTC E 219	1% max	1% max
Particular chatas y alargadas	MTC E 211	20% max	20% max

Fuente MTC, (2013)

5.3.2. Cumplimiento de la sub base granular



El material debidamente preparado se esparce sobre la plataforma de la carretera, incluidas las secciones de la berma, utilizando maquinaria de motoniveladora de esparcimiento apropiado, y el material debe estar listo para la compactación sin manipulación adicional para obtener el espesor y el perfil de sección transversal deseados. La sub base debe construirse con capas compactadas de espesor 0,20 m. se compacto la capa, el material granular tendido se obtuvo homogéneo.

5.3.3. La Compactación

Después de esparcir el material, debe compactarse correctamente al 100 % de su MDS proctor modificado utilizando un equipo de rodillos vibratorios o un equipo adecuado e irrigación adicional para mantener la humedad de compactación. El rodamiento debe ser de forma gradual desde la parte inferior de los lados hasta la mitad de la línea central de la pista en construcción, Además, la capa sub base granular deberá mantenerse en toda su longitud, utilizando motoniveladora y rodillos adecuados para conservar la capa inmediatamente superior, y su control deberá realizarse cada 250 m² en pista. En el anexo 02 C.



Figura 16. Se observa el compactado de la estructura de pavimento a nivel de la sub base granular en las progresivas km. 23+010 - 23+560.



CONCLUSIONES

- Características de las canteras de estudio que determinan con óptimas condiciones para ser empleadas en la capa sub base. Las propiedades físico-mecánicas de la cantera se realizaron mediante pruebas de laboratorio. Cumplimiento de las especificaciones técnicas del laboratorio de mecánica de suelos. la cantera canteras Km 23 + 500, está conformada por Gravas bien graduada como también de mezcla de grava con poco y material fino, con partículas sub redondeadas de 4” - 5”, con un índice de plasticidad de 1.82%. La clasificación en el sistema unificado SUCS es GP – GM y A-1-a(0) en clasificación cantera del río Macusani, AASHTO la clasificación en el sistema unificado SUCS es GW y A-1-a (0).
- La evaluación del diseño de sub base Cantera Km 23 + 500, Cantera del río Macusani son el cada uno para la conformación de la sub base 50%, el análisis de gradación “A” solicitada para la conformación de la capa de Sub base y la gradación adquirido del análisis granulométrico es adecuado para la conformación de una capa de Sub base, El índice de plasticidad de la muestra no plástico (NP), puesto que el índice de plasticidad es exento de arcillas, Ensayo de proctor modificado densidad Seca Compactada Máxima de $\gamma_d = 2.20 \text{ gr/cm}^3$ y el contenido de humedad optima es 8.10%. Valor relativo del CBR de 80.70% al 100% y 55% al 95% de la máxima densidad seca para una penetración de 0.1”, por lo que el agregado satisface con las especificaciones mínimas para sub base. Equivalencia de arena se obtiene 46.7 % que el material es apto para en la utilización en la sub base granular. Partículas chatas y alargadas es de 3.52% que



cumplen con los requerimientos mínimos para ser utilizados en la capa sub base granular.

- Control de calidad de la sub base en el tramo que se evaluaron del kilómetro de inicio km 16+000 hasta 26+380, el promedio de la compactación con el cono de arena es de 99.45 % de su compactación, de la sub base granular es de espesor 0.20 m. se expandirán y compactarán en capas, el material tendido deberá ser homogéneo. La compactación correctamente utilizada con equipo de maquinaria pesada el rodillo vibratorio o un equipo adecuado e irrigación adicional para mantener la humedad de compactación, además, la capa su control deberá realizarse cada 250 m² en pista.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda la evaluación antes y después el aspecto ambiental es muy importante realizar en las canteras para proponer una restauración y estabilización de la misma.
- Realizar mediante la deflectometría los ensayos de deflexión admisible para todo el tramo y tener en cuenta zonas críticas en cada una de las capas de sub rasante, sub base y base.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A., Espinosa, L., Ortiz, P., Hurtado, M., Cortes, L., & López, Y. (2019). Evaluación de la degradación por compactación de materiales granulares tipo subbase. *EIA*, 16(31), 171–187.
- Atencio, L. (2019). *Evaluación Geotécnica de la carretera Calacota - santa rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, distrito de Ilave - el Collao - Puno* [Universidad Nacional del Altilano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bedoya, L., & Ocampo, M. (2016). *Análisis para el mejoramiento de la resistencia de la sub-base granular al ser mezclada con materiales no biodegradables*. Universidad Libre Seccional Pereira.
- Blas, F. (2013). *Influencia de la Temperatura Ambiental en la Resistencia de la Sub-Base y Base Granular de Pavimentos en el Distrito de Tambo*. Universidad Nacional del Centro de Peru.
- Botia, W. (2015). *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoeria de Calculo*. Universidad Nueva Granada.
- Bowles, J. E. (1981). Manual de Laboratorio de Suelos en Ingenieria Civil. In *Foreign Affairs* (LIBROS McG, Vol. 91, Issue 5).
- Cruz, E., & Carranza, D. (2019). *Técnicas para el mejoramiento de base y sub-base en pavimentos: una revisión sobre las tecnicas empleadas* [Universidad privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27449>
- Duque, G. (2003). *Clasificacion de Suelos* (pp. 78–88). Universidad Nacional de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/%0AGEOMECA%00NICA>.
- Escobar, J., & Pinzonon, J. (2021). *Consulta bibliográfica del uso de residuos de construcción y demolición (RCD) en la capa asfáltica, base y subbase de la estructura de pavimentos flexibles*. Universidad Catolica de Colombia.
- INGEMMET. (1996). *Geología del cuadrángulo de Macusani. Hoja 29-v* (Issue Boletín 79, p. 197). INGEMMET. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/35>
- INGEMMET. (2021). *Geologia de los cuadrangulos de Macusani (hojas 19v1, 29v2, 29v3, 29v4) y Limbani (hojas 29x1, 29x2, 29x3, 29x4)*.
- Juárez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la*



- Mecánica de Suelos* (Limusa Nor).
- Kari, M., & Olortegui, J. (2019). *Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante - subbase utilizando la metodología Giroud – Han , para mejorar el tramo de la carretera (vía)* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/626363>
- Lujano, L. (2021). *Estudio geotécnico para el mejoramiento de la carretera Pomata – Yorohoco (pu 675), provincia de Chucuito – Puno.*
- Mamani, N. (2017). “*Geología y Exploración del proyecto Corachapi distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.*” Facultad De Ingenieria Geologica Geofisica Y Minas Escuela Profesional De Ingenieria Geologica.
- Maron, A. (2015). “*Evaluación geológica y Geotécnica de la carretera Ilache – Cala Cala - progresivas 00+00 al 17+640 – Pedro Vilcapaza – San Antonio de Putina.*” Universidad Nacional del Altiplano.
- Mata, M. (2010). *Guia para la conformacion de Bases y Subbases Para Carreteras.* Universidad de el Salvador.
- Monsalve, L., Vasquez, L., & Maya, J. (2012). Diseño de Pavimento Flexible y Rígido. In *Facultad de Ciencias y Tecnología.* Universidad del Quindío.
- MTC. (2013). Manual de Carreteras. In *MTC.*
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras.* www.mtc.gob.pe
- Otazu, V. (2021). *Universidad Privada De Tacna Facultad De Ingenieria Escuela Profesional De Ingenieria Civil* [Universidad Privada de Trujillo]. <http://200.48.211.55/handle/UPT/607%0Ahttp://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/341/1/Loza-Delgado-Paolo-Jesús.pdf>
- Pomacosi, W. (2016). “*Evaluación Geotécnica de la carretera emp. 3s (Puno) – vilque – Mañazo – emp. 34a (Huataquita).*” Universidad Nacional del Altiplano.
- Puente, B. (2019). *Estudio geológico geotécnico para el mejoramiento de la carretera calca- Machacancha-Quellopuyto tramo km 00+000 al 3+500.* Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingenieria Geológica, Minas y Metalurgia escuela profesional de Ingeniería Geológica.
- Rivas, M. (1988). *Estudio de los materiales granulares utilizados en capas de base y subbase en carreteras* [Universidad Politecnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/776/>
- Senamhi. (2021). Climas en el Peru. In *Senamhi* (Vol. 1). www.gob.pe/senamhi
- Universidad Continental. (2017). *Mecanica de Suelos I.* ucontinental.edu.pe %7C
- Zeta, D. (2019). *Análisis comparativo de la utilización del método de cono de arena y*



densímetro nuclear para determinar densidades de campo en suelos cohesivos para terraplenes procedente de la cantera Ramirez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita. Perú. [Universidad Nacional de Piura].

[https://wbisct.net/2017/09/30/scrum-vs-kanban-dan-radigan/%](https://wbisct.net/2017/09/30/scrum-vs-kanban-dan-radigan/)

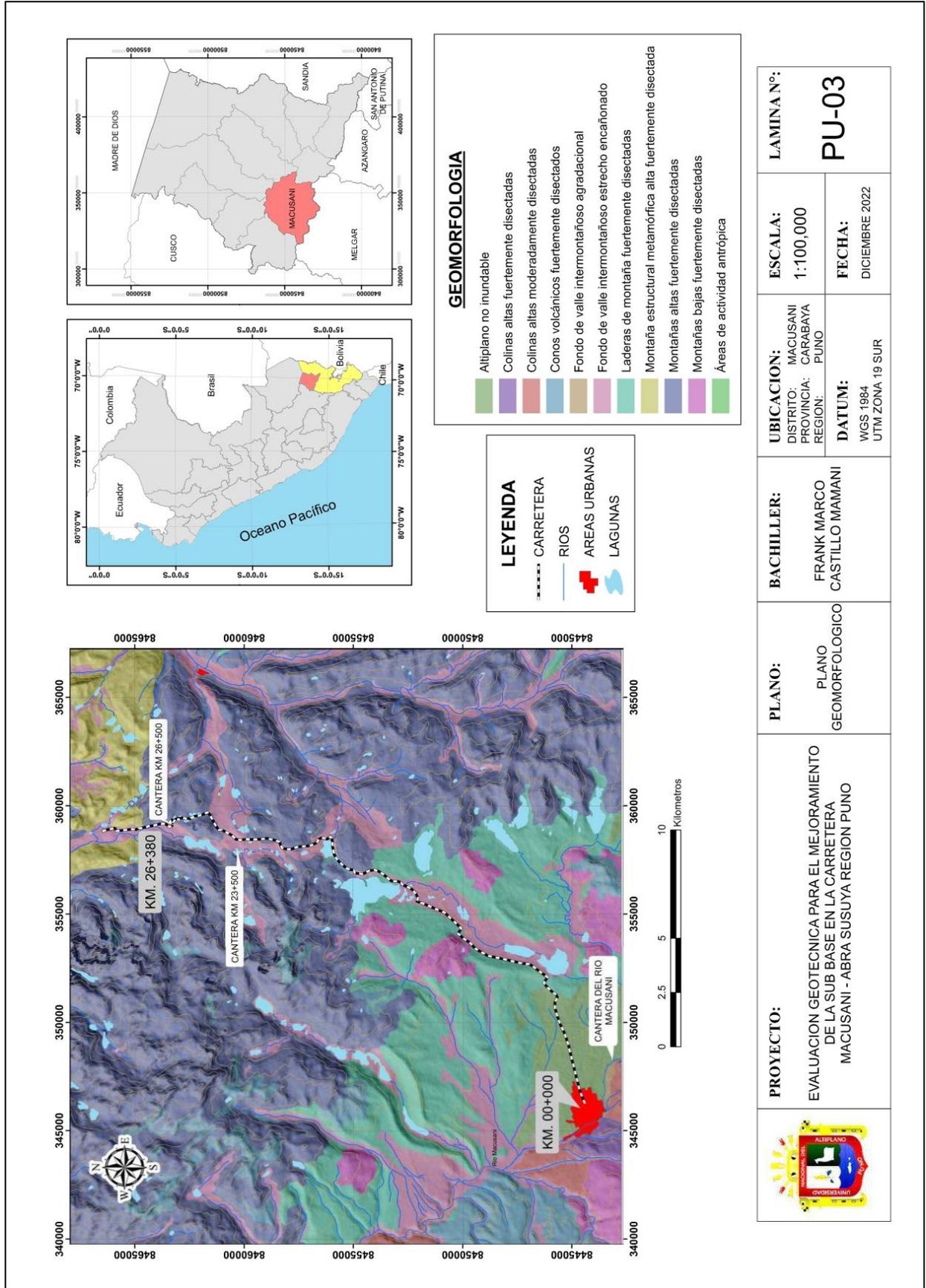


ANEXO

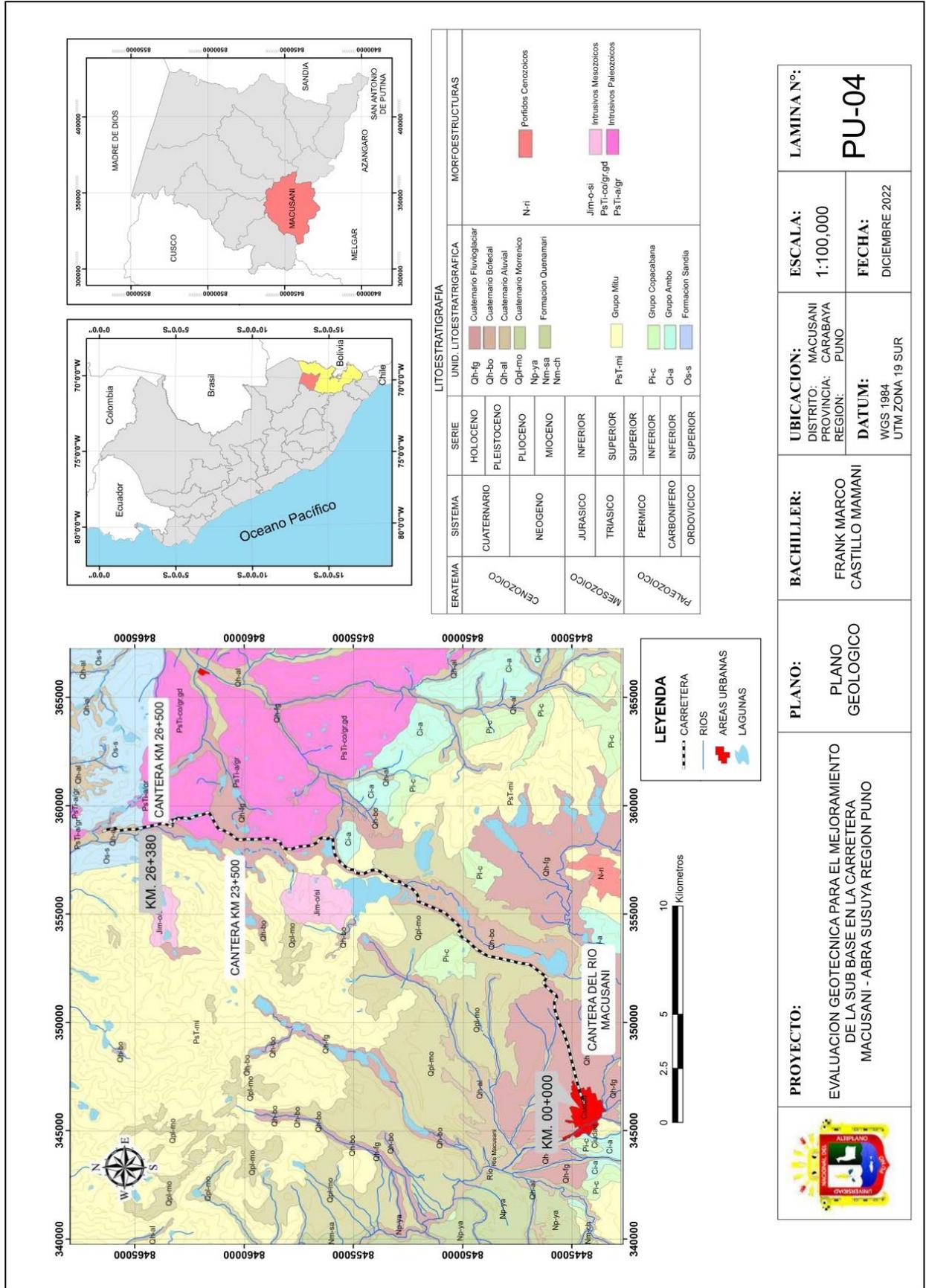


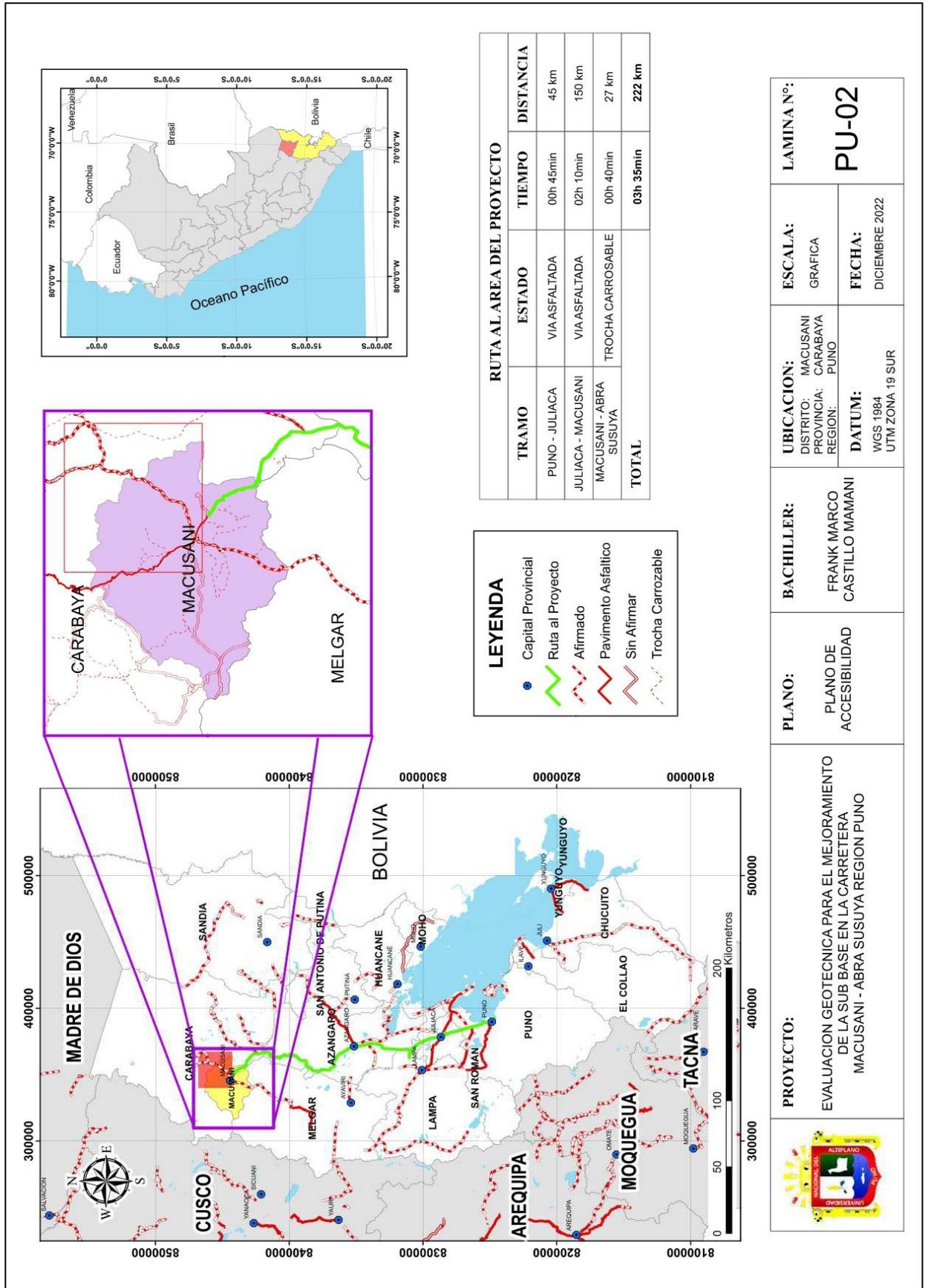
ANEXO DE PLANOS

01



	PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB BASE EN LA CARRETERA MACUSANI - ABRA SUSUYA REGION PUNO	PLANO: PLANO GEOMORFOLOGICO	BACHILLER: FRANK MARCO CASTILLO MAMANI	UBICACION: DISTRITO: MACUSANI PROVINCIA: CARABAYA REGION: PUNO	ESCALA: 1:100,000	LAMINA N°: PU-03
				DATUM: WGS 1984 UTM ZONA 19 SUR	FECHA: DICIEMBRE 2022	







ENSAYOS DE LABORATORIO

02

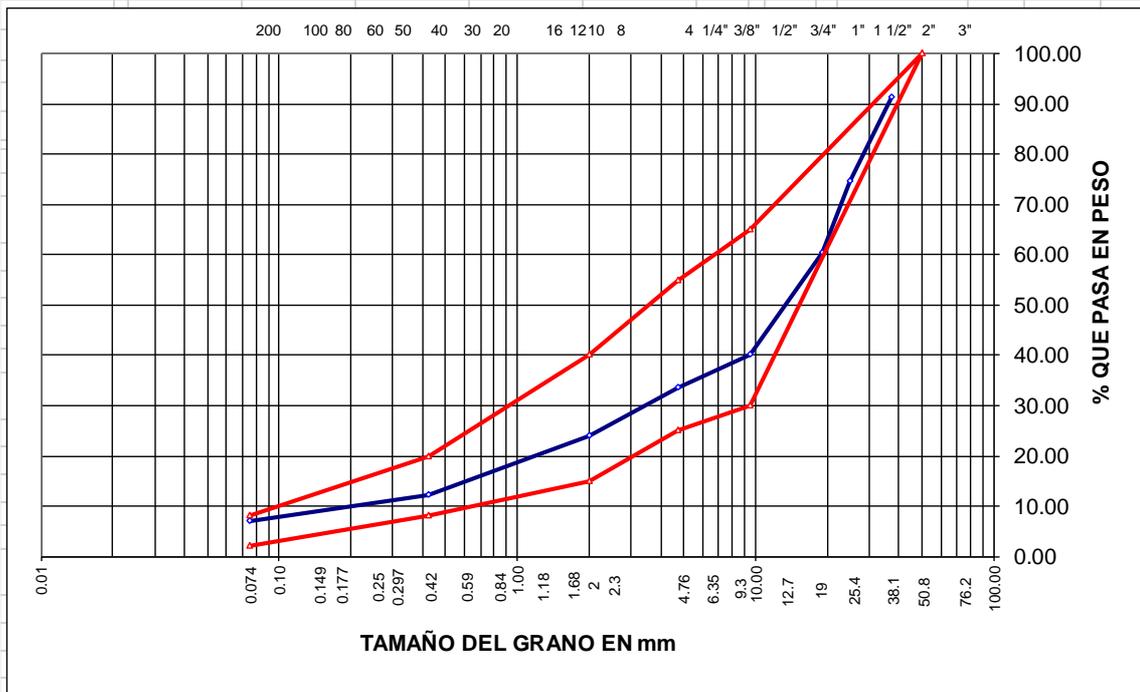


OBRA	:	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"	
CANTERA	:	KM. 23+500 (km16+00 hasta km26+380)	:
MUESTRA	:	SUB BASE GRANULAR	:
UBICACIÓN	:	MACUSANI	FECHA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					A	Peso inicial : 7789 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 741 Grs
2"	50.000				100.00	100 - 100	Grava : 66.50 %
1 1/2"	37.500	688.00	8.80	8.80	91.20		Arena : 26.62 %
1"	25.000	1,302.00	16.70	25.50	74.50		Fino : 6.88 %
3/4"	19.000	1,089.00	14.00	39.50	60.50		W natural : 8.30 %
1/2"	12.500	899.00	11.50	51.00	49.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	688.00	8.80	59.80	40.20	30 - 65	L.L. : NP %
No.04	4.750	523.00	6.70	66.50	33.50	25 - 55	L.P. : NP %
No.10	2.000	210.00	9.49	75.99	24.01	15 - 40	I.P. : NP %
No.20	0.840	162.00	7.32	83.31	16.69		Cu :
No.40	0.425	97.00	4.39	87.70	12.30	8.00 - 20	Cc :
No.100	0.150	85.00	3.84	91.54	8.46		CLASIFICACION
No.200	0.075	35.00	1.58	93.12	6.88	2.00 - 8.00	SUCS : GW
<No.200		152.00	6.87	100.0			AASHTO : A-1-a(0)
			0.00				

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)						
OBRA:	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"					
CANtera:	KM. 23+500 (km16+00 hasta km26+380)					
MUESTRA:	SUB BASE GRANULAR					
UBICACIÓN:	MACUSANI					
FECHA:						
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL						
RECIPIENTE:			1	2	3	4
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE:			456.00			
SUELO SECO + RECIPIENTE:			421.00			
PESO RECIPIENTE:			0.00			
PESO AGUA:			35.00			
PESO DEL SUELO SECO:			421.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD:			8.30			
PROMEDIO:			8.30			



LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	18	24	34				
01. No.DE GOLPES	18	24	34				
02. TARRO No.							
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	27.10	26.00	26.58		11.18	11.96	
04. SUELO SECO * TARRO g	24.25	23.94	23.98		10.41	10.86	
05. PESO DEL AGUA g	2.85	2.69	2.60		0.77	1.10	
06. PESO DEL TARRO g	10.60	11.06	10.79		6.01	4.30	
07. PESO DEL SUELO SECO g	13.65	12.88	13.19		4.40	6.56	
08. HUMEDAD %	20.88	20.83	19.71		17.50	16.07	
L.L.=	20.47 %	L.P.=	16.79		I.P.=	3.69	

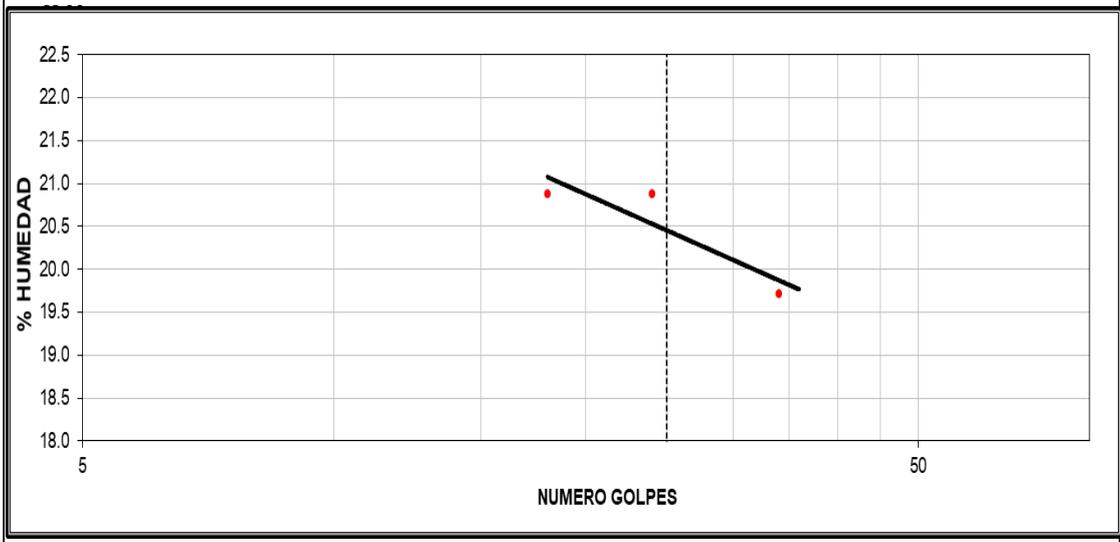
Contenido de Humedad

C.H. = 8.30 %

GRADO DE CONSISTENCIA

K.w. = %

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



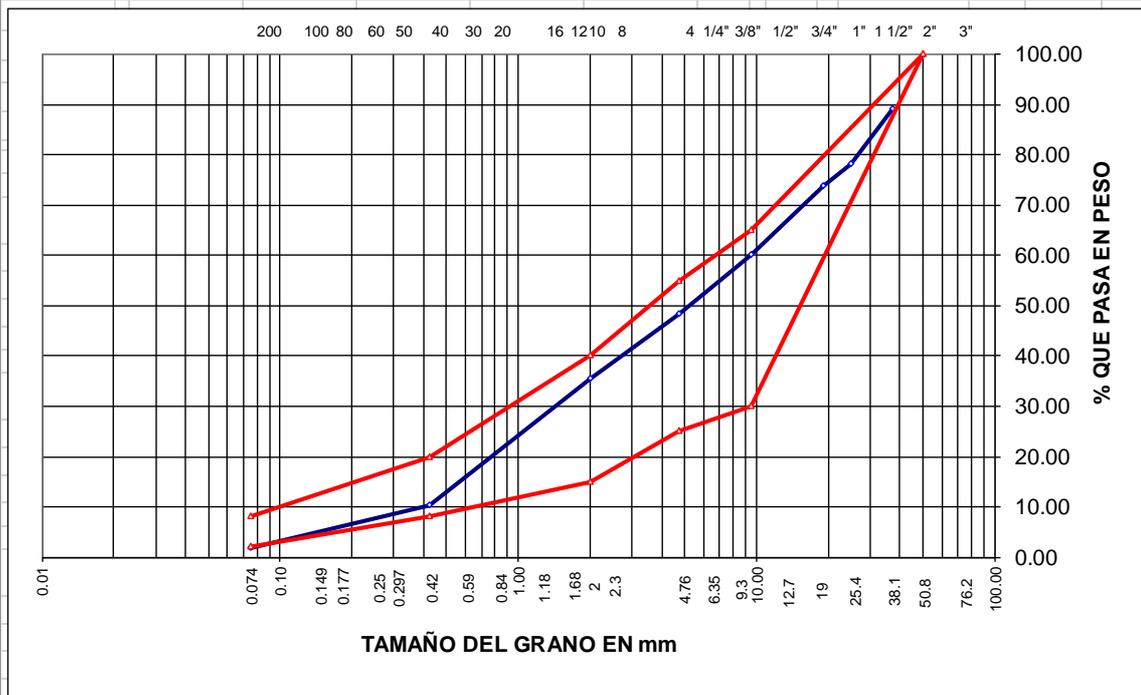


OBRA	:	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"	
CANTERA	:	RIO MACUSANI HORMIGON (km16+00 hasta km26+380)	:
MUESTRA	:	SUB BASE GRANULAR	:
UBICACIÓN	:	MACUSANI	FECHA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					A	Peso inicial : 8615 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 1144 Grs
2"	50.000				100.00	100 - 100	Grava : 51.60 %
1 1/2"	37.500	931.00	10.80	10.80	89.20		Arena : 46.58 %
1"	25.000	946.00	11.00	21.80	78.20		Fino : 1.82 %
3/4"	19.000	367.00	4.30	26.10	73.90		W natural : 8.30 %
1/2"	12.500	778.00	9.00	35.10	64.90		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	417.00	4.80	39.90	60.10	30 - 65	L.L. : 20.47 %
No.04	4.750	1,011.00	11.70	51.60	48.40	25 - 55	L.P. : 0.00 %
No.10	2.000	306.00	12.95	64.55	35.45	15 - 40	I.P. : 3.69 %
No.20	0.840	346.00	14.64	79.19	20.81		Cu :
No.40	0.425	248.00	10.49	89.68	10.32	8.00 - 20	Cc :
No.100	0.150	166.00	7.02	96.70	3.30		CLASIFICACION
No.200	0.075	35.00	1.48	98.18	1.82	2.00 - 8.00	SUCS : GW
<No.200		43.00	1.82	100.0			AASHTO : A-1-a(0)
			0.00				

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)						
OBRA:	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"					
CANtera:	RIO MACUSANI HORMIGON (km 16+00 hasta km26+380)					
MUESTRA:	SUB BASE GRANULAR					
UBICACIÓN:	MACUSANI					
FECHA:						
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL						
RECIPIENTE:			1	2	3	4
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE:			430.00			
SUELO SECO + RECIPIENTE:			421.00			
PESO RECIPIENTE:			0.00			
PESO AGUA:			9.00			
PESO DEL SUELO SECO:			421.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD:			2.10			
		PROMEDIO:	2.10			

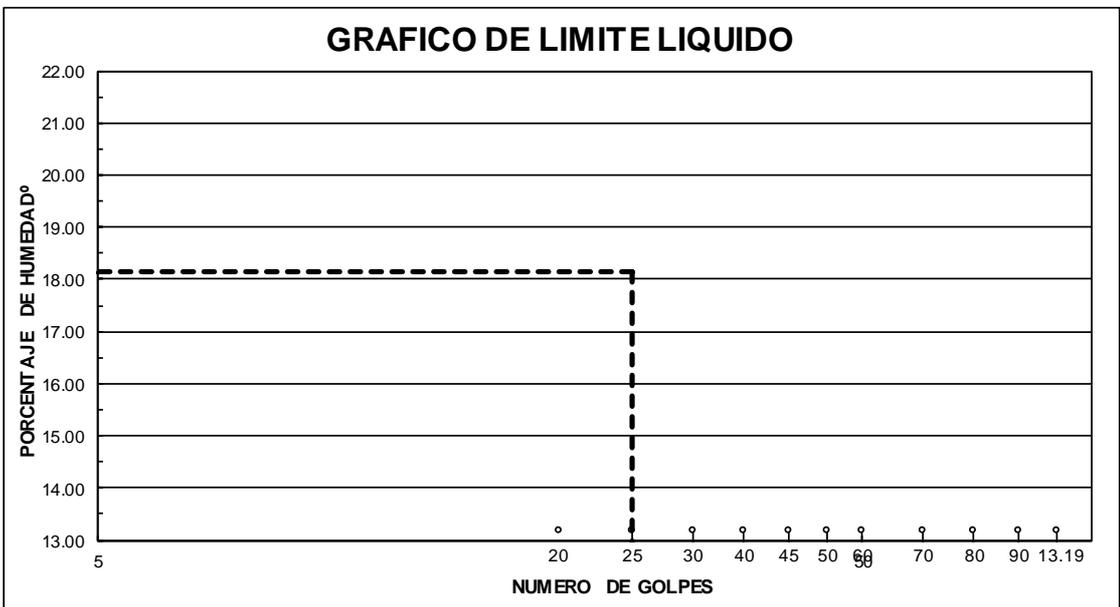


OBRA : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"
CANTERA : RIO MACUSANI HORMIGON (km 16+00 hasta km26+380)
MUESTRA : SUB BASE GRANULAR **ING. RESP.** :
UBICACIÓN : MACUSANI **FECHA** :

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	18	24	34				
01. No.DE GOLPES							
02. TARRO No.							
03. SUELO HUMEDO * TARRO g							
04. SUELO SECO * TARRO g							
05. PESO DEL AGUA g		NP				NP	
06. PESO DEL TARRO g							
07. PESO DEL SUELO SECO g							
08. HUMEDAD %							
L.L.=	NP	%	L.P.=	NP	I.P.=	NP	

Contenido de Humedad C.H. = **2.10 %**
GRADO DE CONSISTENCIA K.w. = **%**





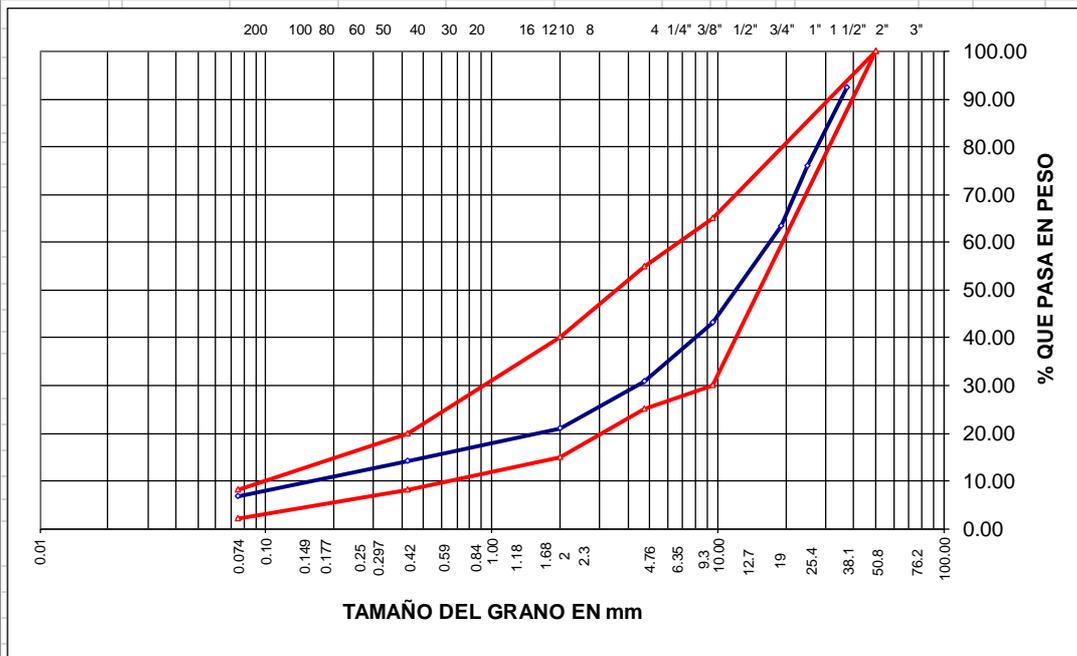
B, DISEÑO DE SUB BASE

OBRA	:	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"					
CANtera	:	KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%					
MUESTRA	:	SUB BASE GRANULAR					
UBICACIÓN	:	MACUSANI			FECHA	:	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

	PESO RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA	% QUE PASA	% QUE PASA	MEZCLA PARA SUB BASE	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	-	KM 23+500		50%	RIO MACUSANI		
3/4"	63.500	-						Peso inicial : Grs
2"	50.800	-	100.00		100.00	100.00	100	Peso fracción : Grs
1 1/2"	38.100	91.20	100.00		89.20	100.00	90.20	Grava : %
1"	25.400	74.50	100.00		78.20	100.00	76.35	Arena : %
3/4"	18.050	60.50	100.00		73.90	100.00	67.20	Fino : %
1/2"	12.700	49.00	100.00		64.90	100.00		W natural : %
3/8"	9.525	40.20	100.00		60.10	100.00	50.15	
1/4"	6.350	-	100.00		100.00	-		LIMITES DE CONSISTENCIA
# 4	4.760	33.50	100.00		48.40	100.00	40.95	L.L. : %
# 6	3.360	-	100.00		100.00	-		L.P. : %
# 8	2.380	-	100.00		100.00	-		I.P. : %
# 10	2.000	24.01	100.00		35.45	100.00	29.73	Cu : %
# 16	1.190	-	100.00		100.00	-		Cc : %
# 20	0.840	16.69	100.00		20.81	100.00	18.75	
# 30	0.590	-	100.00		100.00	-		CLASIFICACION
# 40	0.420	12.30	100.00		10.32	100.00	11.31	SUCS : GW
# 50	0.295	-	100.00		100.00	-		AASHTO : A-1-a(0)
# 80	0.180	-	100.00		100.00	-		
# 100	0.149	8.46	100.00		3.30	100.00	5.88	
# 200	0.074	6.88	100.00		1.85	100.00	4.37	
# 200	0.074	463.00	100.00		100.00			

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



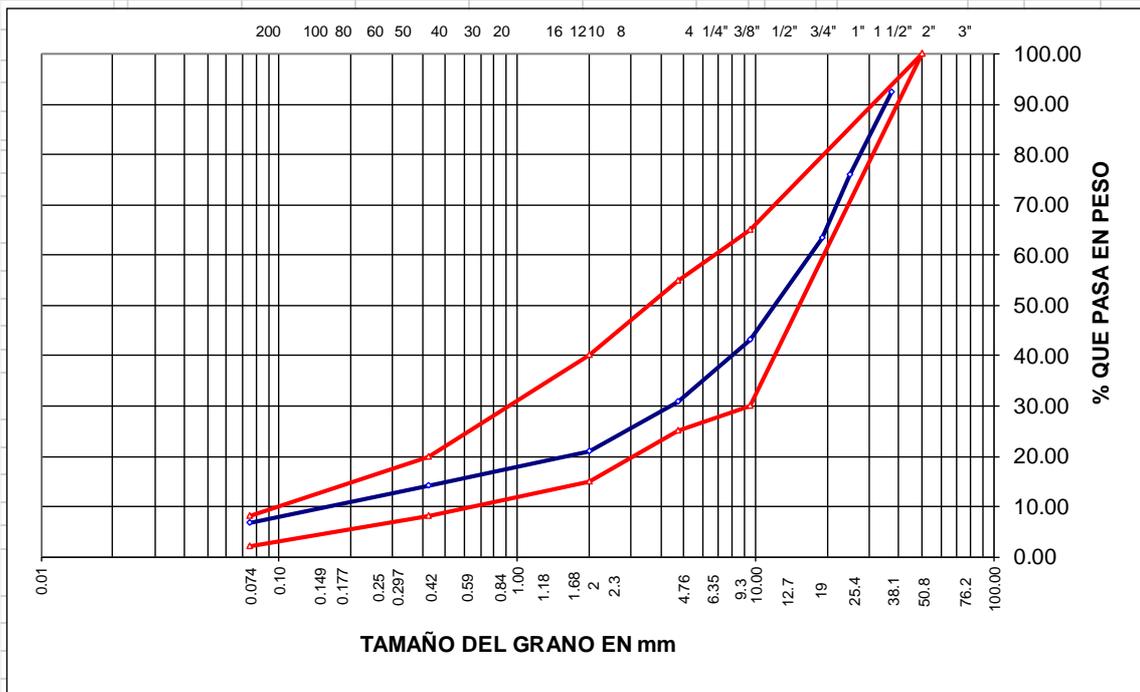


OBRA	:	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"	:	
CANTERA	:	KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%	:	
MUESTRA	:	SUB BASE GRANULAR	:	
UBICACIÓN	:	MACUSANI	FECHA	:

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					A	Peso inicial : 16333 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 1213 Grs
2"	50.000				100.00	100 - 100	Grava : 69.20 %
1 1/2"	37.500	1,245.00	7.60	7.60	92.40		Arena : 24.05 %
1"	25.000	2,688.00	16.50	24.10	75.90		Fino : 6.75 %
3/4"	19.000	2,060.00	12.60	36.70	63.30		W natural : 8.30 %
1/2"	12.500	2,241.00	13.70	50.40	49.60		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	1,048.00	6.40	56.80	43.20	30 - 65	L.L. : %
No.04	4.750	2,019.00	12.40	69.20	30.80	25 - 55	L.P. : %
No.10	2.000	385.00	9.78	78.98	21.02	15 - 40	I.P. : %
No.20	0.840	142.00	3.61	82.59	17.41		Cu : %
No.40	0.425	132.00	3.35	85.94	14.06	8.00 - 20	Cc : %
No.100	0.150	232.00	5.89	91.83	8.17		CLASIFICACION
No.200	0.075	56.00	1.42	93.25	6.75	2.00 - 8.00	SUCS : GW
<No.200		266.00	6.75	100.0			AASHTO : A-1-a(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





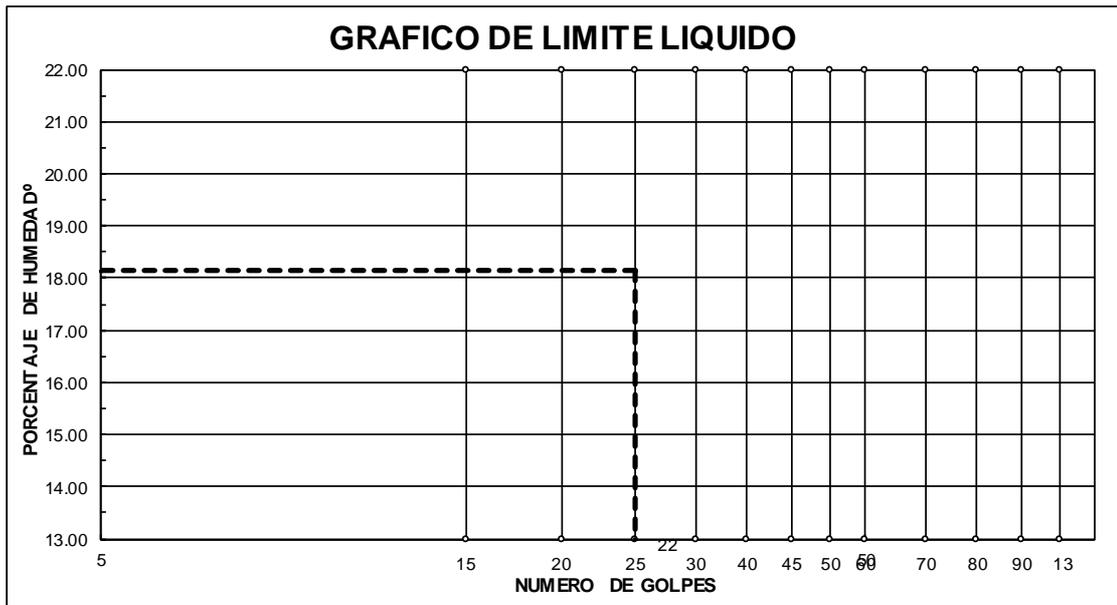
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)							
OBRA:	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera:	KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%						
MUESTRA:	SUB BASE GRANULAR						
UBICACIÓN:	MACUSANI						
FECHA:							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
RECIPIENTE:			1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE:			456.00				
SUELO SECO + RECIPIENTE:			421.00				
PESO RECIPIENTE:			0.00				
PESO AGUA:			35.00				
PESO DEL SUELO SECO:			421.00				
CONTENIDO DE HUMEDAD:			8.30				
		PROMEDIO:	8.30				



LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
01. No.DE GOLPES								
02. TARRO No.								
03. SUELO HUMEDO * TARRO g								
04. SUELO SECO * TARRO g		NP				NP		
05. PESO DEL AGUA g								
06. PESO DEL TARRO g								
07. PESO DEL SUELO SECO g								
08. HUMEDAD %								
L.L.=	NP	%	L.P.=	NP	I.P.=	NP		

Contenido de Humedad C.H. = 8.30 %
GRADO DE CONSISTENCIA K.w. = %



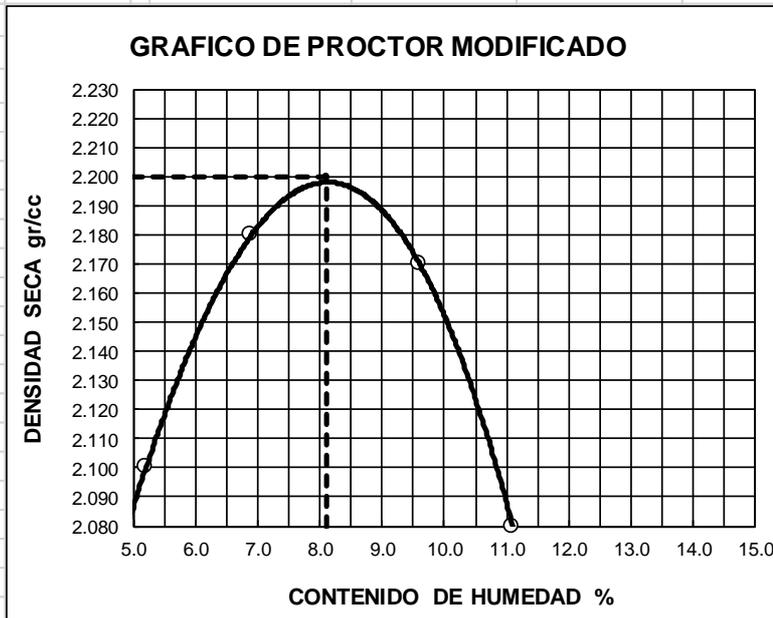


OBRA :	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"			
CANTERA :	KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%			0
MUESTRA :	SUB BASE GRANULAR			0
UBICACIÓN :	MACUSANI	FECHA :		

**PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4
DETERMINACION DE DENSIDAD				
PESO MOLDE+SUELO	11,089	11,354	11,454	11,313
PESO MOLDE	6,420	6,420	6,420	6,420
PESO SUELO COMPACTADO	4,669	4,934	5,034	4,893
VOLUMEN DEL MOLDE	2,114	2,114	2,114	2,114
DENSIDAD HUMEDA	2.21	2.33	2.38	2.31
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	1	2	3	4
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	218.00	245.00	365.00	322.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	211.00	234.00	339.00	296.00
PESO RECIPIENTE	77.00	74.00	67.00	61.00
PESO DE AGUA	7.00	11.00	26.00	26.00
PESO DE SUELO SECO	134.00	160.00	272.00	235.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.20	6.90	9.60	11.10
DENSIDAD SECA	2.10	2.18	2.17	2.08

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca
2.20 gr/cm3

Conten. humedad óptima
8.10 %



VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	7		8		9	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13288		13236		12805
Peso del molde	gr.	8204		8042		7906
Peso del suelo húmedo	gr.	5084		5194		4899
Volúmen del molde	cc.	2134		2281		2195
Densidad Humeda	gr./cc	2.38		2.28		2.23
Humedad	%	8.20		8.10		8.20
Densidad seca	gr./cc	2.20		2.11		2.06
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	434		465		544
Tarro suelo seco	gr.	401		430		503
Agua	gr.	33		35		41
Peso del Tarro	gr.	0		0		0
Peso del suelo seco	gr.	401		430		503
Humedad	%	8.2		8.1		8.2
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
NO REGISTRA EXPANSION											

PENETRACION

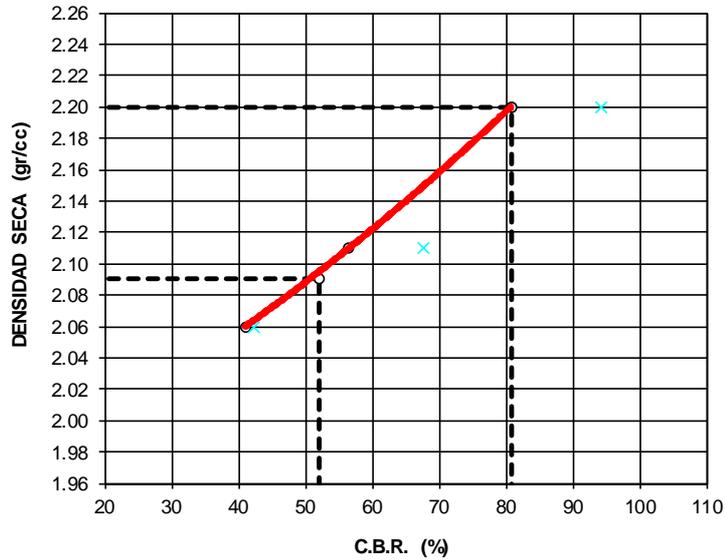
PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	dial	en Lbf	Lbf/plg ²	dial	en Lbf	Lbf/plg ²	dial	en Lbf	Lbf/plg ²
0.30	0.630	0.25	68	717	239	32	369	123	19	243	81
1.00	1.270	0.50	160	1606	535	78	813	271	50	543	181
1.30	1.900	0.075	186	1857	619	156	1567	522	68	717	239
2.00	2.540	0.100	244	2417	806	170	1702	567	122	1238	413
3.00	3.810	0.150	338	3326	1109	210	2089	696	138	1393	464
4.00	5.080	0.200	430	4215	1405	311	3065	1022	190	1896	632
5.00	6.350	0.250	470	4601	1534	422	4137	1379	254	2514	838
6.00	7.620	0.300	516	5046	1682	444	4350	1450	312	3074	1025
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"
PROGRESIVA : KM. 23+500 50%Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%
MUESTRA : SUB BASE GRANULAR
PROFUND. : MACUSANI

FECHA :
: 0
: 0

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = **80.7%**

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **52.0%**

LEYENDA

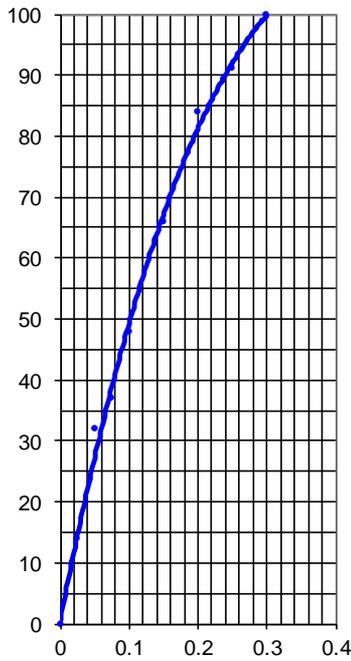
 CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 80.7%

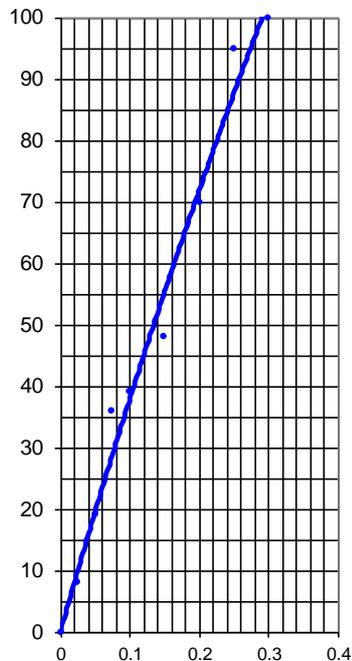
C.B.R 0.1"= 55.0%

C.B.R 0.1"= 41.0%

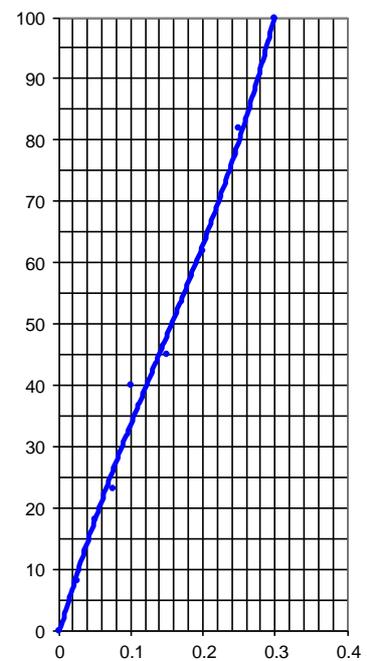
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES





OBRA :	"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"			
CANtera :	KM . 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%			0
MUESTRA :	SUB BASE GRANULAR			0
UBICACIÓN :	MACUSANI	FECHA :		
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)				
Muestra	N°1	N°2	N°3	
Hora de entrada	14:11	14:13	14:15	
Hora de salida	14:21	14:23	14:25	
Hora de entrada	14:23	14:25	14:27	
Hora de salida	14:43	14:45	14:47	
Altura de nivel material fino	7.50	7.60	7.40	
Altura de nivel arena	3.50	3.60	3.40	
Equivalente de Arena	46.70	47.40	45.90	
Equivalente de Arena Promedio:		46.7 %		
OBSERVACION:				



PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANTERA	: KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%						0
MUESTRA	: SUB BASE GRANULAR						0
UBICACIÓN	: MACUSANI			FECHA	:		
DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (MTC E 221, ASTM D 4791)							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		9,282.0	GRAMOS				
TAMAÑO DE MALLAS		PESO	PORCENTAJE	PESO PARA	PESO PART.	% DE PART.	
		RETENIDO	RETENIDO	ENSAYO	CHAT. Y ALARG.	CHAT. Y ALARG.	
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(%)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	
		Pr	Ri	Pi	Pa	Li	Li X Ri
50mm(2")	37,50mm(1 1/2")	1,245.00	13.41	1,245.00	0	0	0
37,50mm(1 1/2")	25mm(1")	2,688.00	28.96	2,688.00	0	0.00	0
25mm(1")	19.0mm(3/4")	2,060.00	22.19	2,060.00	111	5.39	120
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	2,241.00	24.14	2,241.00	88	3.93	95
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	1,048.00	11.29	1,048.00	128	12.21	138
TOTAL		9,282.0	100.00				352
% DE PARTICULAS CHATAS Y :				Sumatoria (Li x Ri)			
ALARGADAS PROMEDIO				Sumatoria Ri			
Reemplazando en la formula :				352.29			
				100.00			
% de particulas chatas y							
alargadas promedio				3.52 %			



PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANTERA	: KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%						0
MUESTRA	: SUB BASE GRANULAR						0
UBICACIÓN	: MACUSANI						FECHA :
DETERMINACION DE PARTICULAS FRACTURADAS							
01 CARA FRACTURADA							
(ASTM D 5821)							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		9,282.0	GRAMOS				
TAMAÑO DE MALLAS		PESO	PORCENTAJE	PESO PARA	PESO PART.	% DE PART.	
		RETENIDO	RETENIDO	ENSAYO	01 CAR. FR.	01 CAR. FR.	
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(%)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	
		Pr	Ri	Pi	Pa	Li	Li X Ri
50mm(2")	37,50mm(1 1/2")	1,245.00	13.41	1,245.00	1,744	140.08	1,879
37,50mm(1 1/2")	25mm(1")	2,688.00	28.96	2,688.00	1,955	72.73	2,106
25mm(1")	19.0mm(3/4")	2,060.00	22.19	2,060.00	1,744	84.66	1,879
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	2,241.00	24.14	2,241.00	1,482	66.13	1,597
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	1,048.00	11.29	1,048.00	987	94.18	1,063
	TOTAL	9,282.0	100.00				8,524
% DE PARTICULAS FRACTURADAS :				Sumatoria (Li x Ri)			
DE 01 CARA				Sumatoria Ri			
Reemplazando en la formula :				8,524.02			
				100.00			
% de particulas fracturadas							
de 01 cara				85.24 %			



PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANTERA	: KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%						0
MUESTRA	: SUB BASE GRANULAR						0
UBICACIÓN	: MACUSANI			FECHA	:		
DETERMINACION DE PARTICULAS FRACTURADAS							
02 CARAS FRACTURADAS							
(ASTM D 5821)							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		9,282.0	GRAMOS				
TAMAÑO DE MALLAS		PESO	PORCENTAJE	PESO PARA	PESO PART.	% DE PART.	
		RETENIDO	RETENIDO	ENSAYO	02 CAR. FR.	02 CAR. FR.	
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(%)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	
		Pr	Ri	Pi	Pa	Li	Li X Ri
50mm(2")	37,50mm(11/2")	1,245.00	13.41	1,245.00	845	67.87	910
37,50mm(11/2")	25mm(1")	2,688.00	28.96	2,688.00	1,288	47.92	1,388
25mm(1")	19.0mm(3/4")	2,060.00	22.19	2,060.00	1,166	56.60	1,256
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	2,241.00	24.14	2,241.00	968	43.20	1,043
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	1,048.00	11.29	1,048.00	558	53.24	601
	TOTAL	9,282.0	100.00				5,198
% DE PARTICULAS FRACTURADAS :				Sumatoria (Li x Ri)			
DE 02 CARA				Sumatoria Ri			
Reemplazando en la formula :				5,198.23			
				100.00			
% de particulas fracturadas							
de 02 cara				51.98 %			



PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"					
CANTERA	: KM. 23+500 50% Y RIO MACUSANI (HORMIGON) 50%					0
MUESTRA	: SUB BASE GRANULAR					0
UBICACIÓN	: MACUSANI			FECHA	:	
DESGASTE DE ABRASION						
ASTM C131 (Gradación "A")						
TAMAÑO DE MALLAS		MASA ORIGINAL	MASA FINAL	MASA PERDIDA DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	% DE DESGASTE POR ABRASION	
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(GRAMOS)			
38.1mm(1 1/2")	25.4mm(1")	1,256.0	.....	.....	.....
25.4mm(1")	19.0mm(3/4")	1,254.0	.....	.....	.....
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	1,250.0	.....	.....	.....
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	1,235.0	.....	.....	.....
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		4,995.0	3,751.00	1,244.00	24.90%	
OBSERVACIONES:						



c. CONTROL DE CALIDAD

OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANTERA	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+000 al KM. 16+100						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha		13/07/2018	13/07/2018	13/07/2018			
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6812	6784	6722	6812	8428	6784
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	3890	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4357	4454	4377	4357	4538	4454
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3206	3303	3226	3206	2830	3303
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2357.4	2428.7	2372.1	2357.4	2080.9	2428.7
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	4020	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	4020	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	85	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	2.1	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	33.6	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3935	4074
16	Volumen del suelo cc	1722.4	1756.3	1720.0	1722.4	2047.3	1756.3
17	Densidad húmeda gr/cc	2.30	2.32	2.29	2.30	1.92	2.32
18	Contenido de humedad %	6.1	6.2	6.1	6.1	6.0	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Óptimo Contenido de humedad %	6.7	6.7	6.7	6.7	8.0	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.17	2.18	2.16	2.17	1.81	2.18
22	% COMPACTACION	98.60	99.30	98.24	98.60	99.0	99.30



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+100 al KM. 16+200						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6812	6784	6722	6812	8428	6784
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	3890	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4357	4454	4377	4357	4538	4454
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3206	3303	3226	3206	2830	3303
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2357.4	2428.7	2372.1	2357.4	2080.9	2428.7
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	4020	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	4020	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	85	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	2.1	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	33.6	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3935	4074
16	Volumen del suelo cc	1722.4	1756.3	1720.0	1722.4	2047.3	1756.3
17	Densidad húmeda gr/cc	2.30	2.32	2.29	2.30	1.92	2.32
18	Contenido de humedad %	6.1	6.2	6.1	6.1	6.0	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.7	6.7	6.7	6.7	8.0	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.17	2.18	2.16	2.17	1.81	2.18
22	% COMPACTACION	98.50	99.30	98.30	98.60	98.9	99.50



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+200 al KM. 16+300						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6816	6780	6722	6812	8429	6789
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	3890	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4361	4450	4377	4357	4539	4459
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3210	3299	3226	3206	2831	3308
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2360.3	2425.7	2372.1	2357.4	2081.6	2432.4
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	4020	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	4020	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	85	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	2.1	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	33.6	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3935	4074
16	Volumen del suelo cc	1725.3	1753.4	1720.0	1722.4	2048.0	1760.0
17	Densidad húmeda gr/cc	2.30	2.32	2.29	2.30	1.92	2.31
18	Contenido de humedad %	6.1	6.2	6.1	6.1	6.0	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.7	6.7	6.7	6.7	8.0	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.16	2.19	2.16	2.17	1.81	2.18
22	% COMPACTACION	98.90	99.00	98.00	98.60	98.9	98.80



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+300 al KM. 16+400						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6769	6798	6722	6812	8770	6790
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4314	4468	4377	4357	6403	4460
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3163	3317	3226	3206	4695	3309
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2325.7	2439.0	2372.1	2357.4	3452.2	2433.1
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1690.8	1766.6	1720.0	1722.4	2792.1	1760.7
17	Densidad húmeda gr/cc	2.34	2.31	2.29	2.30	1.39	2.31
18	Contenido de humedad %	6.0	6.2	6.1	6.1	6.0	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.6	6.6	6.6	6.7	8.1	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.21	2.17	2.16	2.17	1.31	2.18
22	% COMPACTACION	100.51	98.70	98.23	98.57	99.09	99.03



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+400 al KM. 16+500						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6769	6798	6722	6812	8770	6790
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4314	4468	4377	4357	6403	4460
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3163	3317	3226	3206	4695	3309
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2325.7	2439.0	2372.1	2357.4	3452.2	2433.1
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1690.8	1766.6	1720.0	1722.4	2792.1	1760.7
17	Densidad húmeda gr/cc	2.34	2.31	2.29	2.30	1.39	2.31
18	Contenido de humedad %	6.1	6.0	6.1	6.1	6.2	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.6	6.6	6.6	6.7	8.1	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.21	2.18	2.16	2.17	1.31	2.18
22	% COMPACTACION	100.42	98.89	98.23	98.57	99.09	99.03



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+500 al KM. 16+600						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6832	6798	6722	6818	8765	6790
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4377	4468	4377	4363	6398	4460
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3226	3317	3226	3212	4690	3309
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2372.1	2439.0	2372.1	2361.8	3448.5	2433.1
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1737.1	1766.6	1720.0	1726.8	2788.5	1760.7
17	Densidad húmeda gr/cc	2.28	2.31	2.29	2.29	1.40	2.31
18	Contenido de humedad %	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.6	6.6	6.6	6.7	8.1	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.15	2.17	2.16	2.16	1.31	2.18
22	% COMPACTACION	97.55	98.61	98.05	98.14	99.09	99.03



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+600 al KM. 16+700						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6788	6788	6799	6818	8765	6812
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4333	4458	4454	4363	6398	4482
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3182	3307	3303	3212	4690	3331
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2339.7	2431.6	2428.7	2361.8	3448.5	2449.3
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1704.7	1759.3	1776.6	1726.8	2788.5	1776.9
17	Densidad húmeda gr/cc	2.32	2.32	2.22	2.29	1.40	2.29
18	Contenido de humedad %	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.6	6.6	6.6	6.7	8.1	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.19	2.18	2.09	2.16	1.31	2.16
22	% COMPACTACION	99.41	99.02	94.92	98.14	99.09	98.13



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+600 al KM. 16+700						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6832	6798	6722	6818	8765	6790
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4377	4468	4377	4363	6398	4460
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3226	3317	3226	3212	4690	3309
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2372.1	2439.0	2372.1	2361.8	3448.5	2433.1
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1737.1	1766.6	1720.0	1726.8	2788.5	1760.7
17	Densidad húmeda gr/cc	2.28	2.31	2.29	2.29	1.40	2.31
18	Contenido de humedad %	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.6	6.6	6.6	6.7	8.1	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.15	2.17	2.16	2.16	1.31	2.18
22	% COMPACTACION	97.55	98.61	98.05	98.14	99.09	99.03



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+700 al KM. 16+800						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6837	6799	6722	6819	8765	6793
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4382	4469	4377	4364	6398	4463
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3231	3318	3226	3213	4690	3312
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2375.7	2439.7	2372.1	2362.5	3448.5	2435.3
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1740.8	1767.3	1720.0	1727.5	2788.5	1762.9
17	Densidad húmeda gr/cc	2.28	2.31	2.29	2.29	1.40	2.31
18	Contenido de humedad %	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.6	6.6	6.6	6.7	8.1	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.14	2.17	2.16	2.16	1.31	2.18
22	% COMPACTACION	97.35	98.57	98.05	98.09	99.09	98.91



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+800 al KM. 16+900						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6837	6799	6722	6819	8765	6793
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4382	4469	4377	4364	6398	4463
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3231	3318	3226	3213	4690	3312
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2375.7	2439.7	2372.1	2362.5	3448.5	2435.3
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1740.8	1767.3	1720.0	1727.5	2788.5	1762.9
17	Densidad húmeda gr/cc	2.28	2.31	2.29	2.29	1.40	2.31
18	Contenido de humedad %	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	6.6	6.6	6.6	6.7	8.1	6.7
21	Densidad seca gr/cc	2.14	2.17	2.16	2.16	1.31	2.18
22	% COMPACTACION	97.44	98.66	98.14	98.19	99.09	98.91



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 16+900 al KM. 17+000						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6837	6799	6722	6819	8765	6793
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4382	4469	4377	4364	6398	4463
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3231	3318	3226	3213	4690	3312
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2375.7	2439.7	2372.1	2362.5	3448.5	2435.3
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1740.8	1767.3	1720.0	1727.5	2788.5	1762.9
17	Densidad húmeda gr/cc	2.28	2.31	2.29	2.29	1.40	2.31
18	Contenido de humedad %	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
21	Densidad seca gr/cc	2.14	2.17	2.16	2.16	1.31	2.18
22	% COMPACTACION	97.44	98.66	98.14	98.19	99.09	98.91



OBRA	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MACUSANI ABRA SUSUYA"						
CANtera	: HORMIGON 50% Y LIGA 50%						
MUESTRA	: SUBBASE			ING. REP.			
UBICACIÓN	: KM 17+000 al KM. 17+100						
CONTROL DE COMPACTACION							
Fecha							
Nivel		SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE	SUBBASE
Progresiva							
Lado		IZQ	EJE	DER	IZQ	IZQ	EJE
Ubicación							
DENSIDAD DE CAMPO							
ASTM D-1556							
1	Peso del Frasco + Arena gr	6839	6788	6722	6819	8765	6799
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2455	2330	2345	2455	2367	2330
3	Peso de la Arena empleada gr	4384	4458	4377	4364	6398	4469
4	Peso de la Arena del cono gr	1151	1151	1151	1151	1708	1151
5	Peso de la Arena del hueco gr	3233	3307	3226	3213	4690	3318
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	Volumen del hueco cc	2377.2	2431.6	2372.1	2362.5	3448.5	2439.7
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	5525	5728	5548	5525	5560	5728
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	1562	1654	1604	1562	1670	1654
12	% Grava 3/4" gr	28.3	28.9	28.9	28.3	30.0	28.9
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.46	2.46	2.46	2.46	2.53	2.46
14	Volumen de la grava cc	635.0	672.4	652.0	635.0	660.1	672.4
15	Peso del suelo gr	3963	4074	3944	3963	3890	4074
16	Volumen del suelo cc	1742.2	1759.3	1720.0	1727.5	2788.5	1767.3
17	Densidad húmeda gr/cc	2.27	2.32	2.29	2.29	1.40	2.31
18	Contenido de humedad %	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.2	2.20
20	Optimo Contenido de humedad %	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
21	Densidad seca gr/cc	2.14	2.18	2.16	2.16	1.31	2.17
22	% COMPACTACION	97.36	99.12	98.14	98.19	99.09	98.66